МИТИО КАКУ

От автора бестселлера The New York Times «Физика невозможного»

БУДУЩЕЕ РАЗУМА

АНФ

Annotation

Прямое мысленное общение с компьютером, телекинез, имплантация новых навыков непосредственно в мозг, видеозапись образов, воспоминаний и снов, телепатия, аватары и суррогаты как помощники человечества, экзоскелеты, управляемые мыслью, и искусственный интеллект. Это все наше недалекое будущее. В ближайшие десятилетия мы научимся форсировать свой интеллект при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Наука в этом направлении развивается стремительно. Изменится характер работы и общения в социальных сетях, процесс обучения и в целом человеческое развитие. Будут побеждены многие неизлечимые болезни, мы станем другими. Готов ли наш разум к будущему? Что там его ждет? На эти вопросы, опираясь на последние исследования в области нейробиологии и физики, отвечает Митио Каку, футуролог, популяризатор науки и автор научно-популярных бестселлеров.

- Митио Каку
  -
  -
  - Введение
    -
    - Революции-близнецы
    - Повышая возможности разума
    - Затронутые душевной болезнью
    - В чем движущая сила этой революции?
  - Книга I
    - 1. Раскрытие разума
      -
      - Мозг Брока
      - Карта мозга
      - Эволюционирующий мозг
      - МРТ: окно в мозг
      - Электроэнцефалограмма
      - Позитронно-эмиссионная томография
      - Магнетизм в мозгу
      - Стимуляция глубинных структур мозга (нейростимуляция)

        - Оптогенетика — включаем мозг
        - Прозрачный мозг
        - Четыре фундаментальные силы
        - Новые модели мозга
        - Реальна ли в действительности «реальность»?
        - Парадокс разделенного разума
        - Кто главный?
    - 2. Сознание с точки зрения физика
        -
        - Как физики понимают Вселенную
        - Определение сознания
        - Сознание уровня III: моделирование будущего
        - Что такое юмор? Зачем нам эмоции?
        - Почему мы сплетничаем и балуемся?
        - Уровень I: поток сознания
        - Уровень II: определяем свое место в обществе
        - Уровень III: моделируя будущее
        - Загадка самосознания
        - Где искать «Я»?
- Книга II
    - 3. Телепатия. Скажи мне, что ты думаешь
        -
        - Видеозаписи разума
        - Чтение мыслей
        - Печатать силой мысли
        - Телепатическая диктовка и сочинение музыки
        - Телепатические шлемы
        - МРТ в сотовом телефоне
        - DARPA и человеческий фактор
        - Вопросы частной жизни
        - Телепатия при помощи нанозондов
        - Вопросы законности
    - 4. Телекинез. Сознание управляет материей
        -
        - Лечение травм спинного мозга
        - Революция в протезировании
        - Телекинез в вашей жизни
        - Ловкость рук и слияние разумов
        - Игры с полным погружением

    - Создаем брейн-нет
    - Брейн-нет и цивилизация
    - «Мы станем частью их операционной системы»
    - Экзоскелеты
    - Аватары и суррогаты
    - Будущее
    - Могущество бога
    - Легенда о морали
    - Изменить себя: воспоминания и интеллект
- 5. Воспоминания и мысли на заказ
    -
    - Как мы помним
    - Записываем воспоминание
    - Искусственный гиппокамп
    - Перспективные направления
    - Зрение и память
    - Вспоминая будущее
    - Искусственная кора мозга
    - Искусственный мозжечок
    - Болезнь Альцгеймера — разрушитель памяти
    - «Умная мышь»
    - Умные мухи и глупые мыши
    - «Умная таблетка»
    - Можно ли стирать воспоминания?
    - «Забывчивое» лекарство
    - Что может пойти не так?
    - Социальные и юридические вопросы
    - Библиотека душ
    - Темная сторона технологии
- 6. Мозг Эйнштейна и повышение интеллекта
    -
    - Можно ли научиться быть гением?
    - Как измерить интеллект?
    - IQ-тесты и доктор Терман
    - Жизненный успех и отложенное удовольствие
    - Новые меры интеллекта
    - Подстегнуть интеллект
    - Саванты: сверхгении?
    - Синдром Аспергера и Кремниевая долина

        - Сканирование мозга савантов
        - Можно ли стать савантом?
        - Фотографическая память, или когда мозг забывает забывать
        - Стволовые клетки для мозга
        - Генетика интеллекта
        - Приматы, гены и гении
        - Истоки разума
        - Будущее эволюции
        - Физика мозга
        - Заключительные мысли
    - Книга III
        - 7. В ваших сновидениях
            -
            - Природа сновидений
            - Снимки сновидений
            - Как мы видим сны?
            - Как сфотографировать сновидение
            - Осознанные сновидения
            - Как попасть в сновидение
        - 8. Можно ли контролировать сознание?
            -
            - Управление сознанием и холодная война
            - Эксперименты ЦРУ по управлению сознанием
            - Вы засыпаете…
            - Препараты, изменяющие сознание, и «сыворотки правды»
            - Как наркотики изменяют сознание
            - Зондирование мозга при помощи оптогенетики
            - Управление сознанием и будущее
        - 9. Измененные состояния сознания
            -
            - Душевные болезни
            - Галлюцинации
            - Одержимость
            - Биполярное аффективное расстройство
            - Теория сознания и расстройства психики
            - Глубокая стимуляция мозга
            - Проснуться после комы

    - Генетика болезней психики
    - Перспективы развития
- 10. Искусственный разум и кремниевое сознание
    -
    - Любимая страшилка СМИ — роботы идут
    - Взлеты и падения искусственного интеллекта
    - Распознавание образов и здравый смысл
    - Является ли мозг компьютером?
    - Есть ли у роботов сознание?
    - Помехи в пути
    - «Зловещая долина»
    - Кремниевое сознание
    - Эмоциональные роботы
    - Эмоции: выделить важное
    - Набор эмоций
    - Программируя эмоции
    - Будут ли роботы лгать?
    - Чувствуют ли роботы боль?
    - Этичные роботы
    - Понимание или чувство?
    - Самосознание роботов
    - Захватят ли роботы власть?
    - Дружественный искусственный интеллект
    - «Я — машина»
    - Слиться с ними?
- 11. Обратная разработка мозга
    -
    - Строительство мозга
    - Три подхода к мозгу
    - Как построить мозг
    - Это правда мозг?
    - Анализ вдоль и поперек
    - Human Connectome Project
    - Allen Brain Atlas
    - Возражения против обратной разработки
    - Будущее
- 12. Будущее. Сознание помимо материи
    -
    - Внетелесные переживания

        - Околосмертные переживания
        - Может ли сознание выйти из тела?
        - Бессмертие
        - Психическое расстройство и бессмертие
        - Принцип пещерного человека
        - Пещерный человек и нейробиология
        - Постепенный перенос
        - Что такое старение?
        - Наноботы — реальность или фантастика?
    - 13. Разум как чистая энергия
        -
        - Свободно плавающие энергетические существа
        - Быстрее света?
    - 14. Инопланетный разум
        -
        - Первый контакт еще в этом столетии
        - Проект SETI и инопланетные цивилизации
        - Охотники на инопланетян
        - Уравнение Дрейка
        - Почему они нас не навещают?
        - Первый контакт
        - Сознание животных
        - Разумны ли пчелы?
        - Как они выглядят?
        - Постбиологическая эра
        - Что им нужно?
        - Встреча с инопланетным астронавтом
    - 15. Последние замечания
        -
        - Ответ Биллу Джою
        - Как это повлияет на будущее сознания
        - Мудрость и демократические дебаты
        - Философские вопросы
        - Философия и нейробиология
        - Чудо сознания
- Приложение
    - Квантовое сознание?
    - Космическое сознание и множественность вселенных
    - Множественность вселенных

        - Взгляд в зеркало
        - Свобода воли
        - Квантовый мозг
    - Библиография
    - Об авторе
    - Благодарности
- notes
    - 1
    - 2
    - 3
    - 4
    - 5
    - 6
    - 7
    - 8
    - 9
    - 10
    - 11
    - 12
    - 13
    - 14
    - 15
    - 16
    - 17
    - 18
    - 19
    - 20
    - 21
    - 22
    - 23

Митио Каку
Будущее разума

Переводчик *Наталья Лисова*
Научный редактор *Константин Томс*
Руководитель проекта *И. Серёгина*
Корректоры *М. Миловидова*, *М. Савина*
Компьютерная верстка *А. Фоминов*
Дизайн обложки *Ю. Буга*
Иллюстрации *Jeffrey L. Ward*

© Michio Kaku, 2014
© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2015

*** * ***

Книга посвящается моей любящей жене Сицзуэ и моим дочерям Мишель и Элисон

Введение

Две величайшие загадки природы — разум и Вселенная. С помощью современной техники мы можем фотографировать галактики, находящиеся за миллиарды световых лет от Солнечной системы, манипулировать генами, которые полностью определяют жизнь, и зондировать глубины атома, но разум и Вселенная по-прежнему не даются, ускользают и дразнят нас. Это самые загадочные и захватывающие из всех известных науке рубежей.

Чтобы оценить и почувствовать величие Вселенной, просто выйдите ночью на улицу и обратите взор к небесам, сияющим мириадами звезд. С того мгновения, когда кто-то из наших предков обратил внимание на великолепие звездного неба, мы не устаем искать ответы на вечные вопросы: откуда это все взялось? Что это все значит?

Чтобы обратиться к загадке разума, человеку достаточно посмотреть в зеркало и спросить себя: что там, в моей голове? Дальше возникают новые вопросы: есть ли у людей душа? Что происходит с нами после смерти? Вообще, что такое это «Я», откуда оно берется? А это приводит нас к самому главному, самому важному вопросу: какое место человек занимает в великом космическом порядке вещей? Как сказал однажды знаменитый биолог Викторианской эпохи Томас Гексли: «Вопрос вопросов для человечества, загадка, лежащая в основе всех остальных и более интересная, чем любая другая, — это вопрос определения места человека в Природе и его отношения к Космосу».

В нашей Галактике 100 млрд звезд, и примерно столько же нейронов в головном мозге человека. Чтобы отыскать объект настолько же сложный[1], как тот, что находится у нас на плечах, придется преодолеть 40 трлн км до ближайшей звезды за пределами Солнечной системы. Разум и Вселенная представляют собой величайший научный вызов, но этого мало: их связывают странные отношения. Можно сказать, что эти понятия строго противоположны. Вселенная соотносится с бесконечностью внешнего пространства, где есть черные дыры, взрывающиеся звезды и сталкивающиеся галактики. А разум — с внутренним пространством души, где таятся наши надежды и сокровенные желания. Он находится от нас на расстоянии наших мыслей, но мы часто теряемся и не в состоянии описать и объяснить его.

Но, несмотря на такую противоположность, у них много общего. В

том числе и то, что с незапамятных времен с ними связаны различные суеверия. Астрологи и френологи[2] утверждают, что видят смысл в каждом зодиакальном созвездии и в каждой шишке на черепе человека. Телепатов и провидцев то превозносят до небес, то очерняют и втаптывают в грязь.

Вселенная и разум постоянно пересекаются, не в последнюю очередь благодаря шокирующей информации, которую преподносит нам научная фантастика. Ребенком я нередко представлял себя слэном — членом расы телепатов, созданной воображением Альфреда Ван Вогта. Меня поражало, как мутант по имени Мул при помощи мощного внушения чуть не захватил власть в Галактической империи из трилогии Айзека Азимова «Основание». А в фильме «Запретная планета» цивилизация, по развитию на миллионы лет обогнавшая нашу, сумела направить громадные силы телекинеза и телепатии на преобразование внешнего мира в соответствии с своими желаниями и прихотями.

Когда мне было лет десять, на телеэкранах появился «Удивительный Дуннингер», завораживавший аудиторию магическими трюками. Его девизом было: «Тем, кто верит, объяснения не нужны; тем, кто не верит, объяснять бесполезно». Однажды он заявил, что передаст свою мысль миллионам людей по всей стране. Он закрыл глаза и сконцентрировался, пояснив предварительно, что назовет одного из президентов США. А затем попросил зрителей записать имя, пришедшее им в голову, на открытке и прислать ему. На следующей неделе он торжественно объявил о получении тысяч открыток со словом «Рузвельт» — тем самым, которое он «транслировал» в эфир.

На меня это не произвело впечатления. В те годы имя Рузвельта было популярно у жителей США, переживших Великую депрессию и Вторую мировую войну, о нем вспоминали почти по любому поводу, так что ничего удивительного в полученном результате не было. (Я тогда еще подумал, что подобный опыт был бы по-настоящему интересен, если бы он задумал имя Милларда Филлмора[3]).

Тем не менее выступления Дуннингера распалили мое воображение, и я начал экспериментировать. Я пытался читать чужие мысли; закрыв глаза и сосредоточившись изо всех сил, «вслушивался» в мысли людей или пытался силой мысли двигать предметы по комнате.

У меня ничего не получилось.

Я решил, что если где-то на земле и существуют телепаты, то я к ним определенно не принадлежу. Кроме того, я начал понимать, что чудеса, демонстрируемые телепатами, скорее всего, не могут быть реализованы, по

крайней мере без посторонней помощи. Мало того. В последовавшие за этим годы я постепенно усвоил еще один урок: чтобы проникать в величайшие тайны Вселенной, не обязательно обладать телепатическими или сверхъестественными способностями. Нужно всего лишь иметь открытый, упорный и любознательный ум. В частности, чтобы разобраться, можно ли воплотить в реальности замечательные устройства, описанные в фантастических романах, нужно глубоко изучать физику. Чтобы уяснить, в какой момент возможное становится невозможным, нужно уважать и понимать законы природы.

Именно эти две страсти подхлестывали всю жизнь мое воображение: мне хотелось понять фундаментальные законы природы и представить, как изменится в будущем жизнь людей под влиянием науки. Чтобы проиллюстрировать то и другое и поделиться радостью познания, я написал книги «Гиперпространство», «После Эйнштейна» и «Параллельные миры». А мой горячий интерес к будущему выразился в книгах «Прогнозы», «Физика невозможного» и «Физика будущего». В ходе работы над ними я постоянно сталкивался с тем фактом, что разум человека по-прежнему является одной из величайших загадок нашего мира.

В самом деле, на протяжении большей части истории мира люди были не в состоянии понять, что такое мозг и как он устроен. Так, древние египтяне, при всем великолепии их достижений в искусствах и науках, считали мозг бесполезным органом и попросту выбрасывали его при бальзамировании умерших. Аристотель был убежден, что душа обитает в сердце, а не в мозгу, и единственная функция мозга — обеспечивать охлаждение сердечно-сосудистой системы. Другие, в том числе и Декарт, считали, что душа проникает в тело через крохотную шишковидную железу в мозгу (эпифиз). Однако при отсутствии каких бы то ни было достоверных данных доказать ни одну из этих теорий было невозможно.

Невежество в этой области сохранялось не одну тысячу лет, и не без причины. Человеческий мозг весит около полутора килограммов, и тем не менее это самый сложный объект в Солнечной системе. Составляя около 2 % веса тела, мозг обладает невероятным аппетитом и потребляет не менее 20 % нашей энергии (у новорожденных этот показатель достигает 65 %); при этом не менее 80 % наших генов содержат информацию о мозге и для мозга. Согласно оценкам, наш мозг содержит 100 млрд нейронов и соответствующее количество нервных связей и проводящих путей.

В 1977 г. астроном Карл Саган написал книгу «Драконы Эдема», удостоенную Пулитцеровской премии, в которую было включено все, что на тот момент было известно о мозге. Книга отражала современное

состояние нейробиологии — науки, которая в то время опиралась, по существу, на три основных источника. Первым источником было сравнение человеческого мозга с мозгом животных — трудоемкая и утомительная работа, предусматривавшая препарирование мозга тысяч различных тел. Вторым источником был косвенный метод: анализ последствий травм и болезней, в результате которых люди часто демонстрируют необычное поведение. При этом только в ходе вскрытия после смерти можно было выявить, какая именно часть мозга была повреждена. И наконец, третий источник — зондирование мозга при помощи электродов, позволявшее ученым потихоньку (очень медленно и болезненно) разбираться, какая часть мозга за что отвечает.

Ни один из инструментов нейробиологии не позволял исследовать мозг систематически. Невозможно было заказать жертву несчастного случая с повреждениями в конкретной области мозга, которую вам хотелось исследовать. Мозг — живая динамичная система, и посмертное вскрытие часто не позволяет узнать самое интересное — как различные области мозга взаимодействуют между собой, не говоря уж о том, как в них рождаются мысли и такие чувства, как любовь, ненависть, ревность и любопытство.

Революции-близнецы

Четыреста лет назад был изобретен телескоп, и буквально на следующий день этот новый чудесный инструмент позволил ученым заглянуть в сердце небесных тел. Его можно назвать одним из наиболее революционных инструментов всех времен. С его помощью люди на деле убедились в ошибочности мифов и догм прошлого — они улетучились, как утренний туман. Луна, вместо того чтобы служить совершенным образцом божественной мудрости, явила изрезанную кратерами поверхность; Юпитер оказался обладателем собственных лун; у Венеры обнаружились фазы, а у Сатурна — кольца. За 15 лет после изобретения телескопа человек узнал о Вселенной больше, чем за всю предыдущую историю человечества.

Подобно изобретению телескопа, появление в середине 1990–2000-х гг. аппаратов МРТ и еще нескольких методов сканирования мозга полностью преобразило нейробиологию. За те же 15 лет мы и о мозге узнали больше, чем за все наше существование, и разум, прежде считавшийся непознаваемым, наконец выходит на авансцену.

Нобелевский лауреат Эрик Кандел из Института Макса Планка в Тюбингене (Германия) пишет: «Самые ценные озарения, связанные с проникновением в человеческое сознание, в этот период времени исходят отнюдь не из тех дисциплин, которые традиционно занимались сознанием, — философии, психологии или психоанализа. Нет, они исходят из соединения этих дисциплин с биологией мозга…»

Решающую роль в этих достижениях сыграли физики; именно они обеспечили ученых целым набором новых инструментов, получивших названия МРТ (магнитно-резонансная томография), ЭЭГ (электроэнцефалография), ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография), КТ (компьютерная томография), ГСМ (глубокая стимуляция мозга), ТЭС (транскраниальное электромагнитное сканирование), нейростимуляция и др., которые кардинально изменили процесс исследования мозга. Внезапно мы получили возможность видеть при помощи этих аппаратов движение мыслей в живом работающем мозге. Как заметил нейробиолог Вилейанур Рамачандран из Калифорнийского университета в Сан-Диего, «все то, чем философы занимались на протяжении тысячелетий, мы, ученые, можем теперь исследовать напрямую, сканируя мозг, изучая пациентов и задавая нужные вопросы».

Оглядываясь назад, могу сказать, что уже первые робкие мои путешествия в мир физики пересекались с теми технологиями, которые сегодня позволяют исследовать разум. В старших классах школы, к примеру, я познакомился с новой для себя формой вещества, известной как антивещество, и решил провести небольшой эксперимент. Поскольку речь шла об одном из самых экзотических элементов на земле, то за получением крохотного количества натрия-22 — вещества, испускающего положительно заряженные электроны (позитроны), мне пришлось обратиться в Комиссию по атомной энергии. Получив на руки небольшой образец, я смог построить камеру Вильсона и поместить ее в мощное магнитное поле, что позволило мне сфотографировать следы конденсированного пара, оставленные частицами антивещества. Тогда я этого не знал, но прошло немного времени, и натрий-22 нашел применение в новой технологии, получившей название ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография) и позволившей ученым узнать поразительные вещи о процессе мышления.

Еще одной технологией, с которой я экспериментировал в школьные годы, был магнитный резонанс. Я присутствовал на лекции Феликса Блоха из Стэнфордского университета, получившего в 1952 г. вместе с Эдвардом Пёрселлом Нобелевскую премию по физике за открытие ядерного магнитного резонанса. Доктор Блох объяснил нам, школьникам, что в мощном магнитном поле атомы выстраиваются по силовым линиям, как стрелки компаса. Направив на них радиоимпульс определенной (резонансной) частоты, можно заставить их повернуться в конкретном направлении; а потом, разворачиваясь обратно, они выдадут импульс, напоминающий эхо, что позволит исследователям идентифицировать эти атомы. (Позже я использовал принцип магнитного резонанса при сооружении в мамином гараже ускорителя частиц на 2,3 МэВ.)

Года два спустя на младших курсах Гарвардского университета я имел честь изучать электродинамику под руководством доктора Пёрселла. Примерно в тот же период мне повезло устроиться на лето в лабораторию к доктору Ричарду Эрнсту, который пытался обобщить работы Блоха и Пёрселла по магнитному резонансу. Результаты оказались весьма впечатляющими, и много позже, в 1991 г., Эрнст получил Нобелевскую премию по физике за то, что заложил основы МРТ (магнитно-резонансной томографии). Этот метод позволил сделать фотографии живого мозга, еще более детальные, чем ПЭТ-сканирование.

Повышая возможности разума

Время шло, я стал профессором теоретической физики, но не утратил горячего интереса к разуму и сознанию. Удивительно наблюдать, как всего за одно десятилетие открытия в физике сделали реальностью некоторые ментальные достижения, так завораживавшие меня в детстве. Сегодня ученые при помощи МРТ-сканера могут отслеживать возникновение мысли в мозгу. Кроме того, они могут вживить в мозг полностью парализованного человека чип и подсоединить его к компьютеру, в результате пациент силой мысли сможет путешествовать по Интернету, читать и писать электронные сообщения, играть в видеоигры, управлять креслом, бытовыми приборами и механическими руками. В принципе, этот пациент может делать все то, что делает обычный человек, но при помощи компьютера.

Ученые идут дальше, подсоединяя мозг к экзоскелету, который такие пациенты могли бы надевать на свои парализованные конечности. Не исключено, что придет время, когда полностью парализованный человек сможет вести почти нормальную жизнь. Кроме того, экзоскелеты, возможно, обеспечат нам сверхспособности, позволяющие выжить в смертельно опасных ситуациях. Может быть, когда-нибудь наши астронавты будут исследовать далекие планеты, мысленно управляя механическими суррогатами и находясь при этом в комфортных земных условиях, чуть ли не у себя дома.

Не исключено, что когда-нибудь мы научимся, как в фильме «Матрица», записывать в мозг воспоминания, осваивая таким образом новые навыки. В экспериментах на животных ученым уже удалось кое-что сделать. Возможно, это лишь вопрос времени, и мы сможем записывать в мозг знания, изучая таким образом науку, знакомясь с новыми местами и осваивая новые увлечения. А если мы научимся записывать в мозг рабочих и ученых технические навыки, это, возможно, скажется и на мировой экономике. Не исключено, что мы сможем даже делиться воспоминаниями друг с другом. Может быть, когда-нибудь ученые создадут «Интернет разума», или мозговую сеть, с помощью которой мысли и эмоции будут рассылаться по всему миру. Даже сны можно будет записывать и затем отсылать «мозгопочтой» по сети.

Не исключено, что техника позволит расширить наши интеллектуальные возможности. Достигнут немалый успех в исследовании

мышления гениев, чьи ментальные, артистические и математические способности поистине поразительны. Мало того, ведется секвенирование генов, отличающих нас от человекообразных обезьян; результат даст нам возможность заглянуть в историю эволюции мозга. У животных уже выделены гены, способные улучшить память и повысить интеллектуальные возможности.

Интерес к открытиям и перспективы нейробиологии на-столько громадны, что привлекают уже внимание политиков. Более того, наука о мозге неожиданно стала источником трансатлантического соревнования величайших экономических гигантов планеты. В январе 2013 г. президент США Обама и Европейский союз объявили о старте двух независимых проектов инженерного реконструирования мозга, которые со временем могут получить многомиллиардное финансирование. Расшифровка сложнейшей нейронной сети мозга, совершенно недоступная, как когда-то считалось, на современном уровне науки, стала целью двух глобальных проектов, сравнимых с проектом расшифровки генома человека и способных, подобно ему, кардинально изменить науку и медицину. В случае успеха эти работы не только дадут нам возможность заглянуть в глубины мозга, но и послужат толчком для создания новых отраслей промышленности, подхлестнут экономическую активность и откроют новые горизонты в нейробиологии.

Мне представляется, что, когда нейронные связи мозга будут наконец расшифрованы, станут понятны истоки психических заболеваний, и, может быть, человечеству удастся найти лекарство от этих древних недугов. Кроме того, такая расшифровка откроет возможности для копирования разума, что, безусловно, поставит перед нами новые философские и этические вопросы. Кто мы, если наше сознание можно загрузить в компьютер? Можно будет также поиграть с концепцией бессмертия. Тело человека со временем стареет и умирает, но не может ли сознание жить вечно?

Кто знает, может быть, в отдаленном будущем разум освободится от телесных оков и научится путешествовать среди звезд, как считают некоторые ученые. Например, через несколько столетий появится возможность скопировать нейронный образ человека и отправить его по лазерному лучу в дальний космос; не исключено, что это окажется наиболее эффективным способом исследования Галактики.

В настоящее время открываются небывалые возможности для научных исследований, способных изменить судьбу человечества. Начинается золотой век нейробиологии.

Делая подобные предсказания, я заручился бесценной помощью ученых, которые любезно согласились беседовать со мной, разрешили брать у них интервью, рассказывать об их идеях по радио и даже приводить съемочную группу прямо в лаборатории. Именно эти ученые закладывают сегодня фундамент будущего развития разума. Для включения их идей в книгу у меня было всего два условия: (1) их предсказания не должны противоречить законам природы и (2) для всех идей должны существовать прототипы, доказывающие принципиальную возможность их реализации.

Затронутые душевной болезнью

Я когда-то написал биографию Альберта Эйнштейна, назвав ее «Космос Эйнштейна». В ходе работы над книгой мне, естественно, пришлось познакомиться с подробностями его личной жизни. Я и ранее знал, что младший сын Эйнштейна страдал шизофренией, но не понимал, какую огромную эмоциональную нагрузку это накладывало на великого ученого. Самого Эйнштейна проблемы с психикой тоже коснулась, но иначе. Жизнь одного из ближайших коллег Эйнштейна — физика Пауля Эренфеста, помогавшего ему в работе над общей теорией относительности, — закончилась трагически: после нескольких приступов депрессии Эренфест убил собственного сына (мальчик страдал синдромом Дауна) и покончил с собой. С годами я обнаружил, что многие из моих коллег и друзей тоже вынуждены были как-то справляться с психическими расстройствами в своих семьях.

Психическое заболевание глубоко повлияло и на мою жизнь. Несколько лет назад после долгой и безуспешной борьбы с болезнью Альцгеймера умерла моя мама. Видеть, как постепенно уходят из ее памяти воспоминания о близких, смотреть в родные глаза и понимать, что она не осознает, кто перед ней, было невероятно тяжело. На протяжении нескольких лет я наблюдал, как постепенно гаснет огонек разума в маминых глазах. Всю жизнь она тяжко трудилась, поднимая детей, а в конце, вместо того чтобы наслаждаться заслуженным отдыхом, была, по существу, ограблена и лишена всех дорогих воспоминаний.

Дети беби-бума стареют, и грустные переживания, выпавшие на долю многих, повторяются и будут повторяться. Мне бы очень хотелось, чтобы стремительное развитие нейробиологии когда-нибудь облегчило страдания всех, кого так или иначе коснулись болезни психики и слабоумие.

В чем движущая сила этой революции?

Сегодня данные, собранные в ходе исследования мозга, потихоньку расшифровываются и систематизируются, и достижения поразительны. Несколько раз в год газетные заголовки разносят по миру весть об очередном революционном открытии. От изобретения телескопа до начала космической эры прошло 350 лет, а вот от появления МРТ и других технологий сканирования мозга до непосредственного активного соединения мозга с внешним миром — всего пятнадцать. Почему так быстро и что будет дальше?

Отчасти этот стремительный прогресс объясняется тем, что физики сегодня неплохо понимают электромагнетизм, который управляет передающимися по нейронам электрическими сигналами. Краеугольным камнем МРТ-технологий являются математические уравнения Максвелла, используемые для физических расчетов антенн, радаров и радиоприемников. Потребовались столетия, чтобы окончательно разрешить все вопросы электромагнетизма, но сегодня нейробиология может в полной мере пользоваться плодами этого великого достижения. В книге I я расскажу об истории мозга и объясню, как плеяда новых инструментов вышла из физических лабораторий и подарила нам цветные картинки, отражающие работу мысли. Поскольку сознание играет в любом обсуждении разума центральную роль, я приведу также точку зрения физика и предложу определение сознания, относящееся, в частности, и к другим представителям животного мира. По сути, я проведу классификацию и покажу, как можно численно охарактеризовать различные типы сознания.

Но если мы хотим получить полный ответ на вопрос о том, как будет дальше развиваться эта технология, нам придется привлечь еще и закон Мура, который утверждает, что мощность компьютеров удваивается каждые два года. Я часто удивляю собеседников одним простым фактом: сегодня средний сотовый телефон располагает бóльшими компьютерными возможностями, чем всё NASA в 1969 г., когда американские астронавты высадились на Луну. В настоящее время компьютеры обладают достаточной мощностью, чтобы записать испускаемые мозгом электрические сигналы и частично расшифровать их, переведя на привычный цифровой язык. Таким образом, мозг получает возможность напрямую взаимодействовать с компьютерами и контролировать любые

объекты. Эта быстро растущая область исследований получила название нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ), и ключевым элементом в ней является компьютер. В книге II я расскажу об этой новой технологии, которая делает возможными запись воспоминаний, чтение мыслей, видеозапись снов и телекинез.

В книге III я исследую альтернативные формы сознания — от снов, наркотиков и психических расстройств до роботов и космических пришельцев. Речь пойдет и о потенциальных возможностях управления мозгом в борьбе с такими заболеваниями, как депрессия, болезнь Паркинсона, синдром Альцгеймера и др. Я расскажу подробнее о проекте BRAIN (Brain Research through Advancing Innovating Neurotechnologies), объявленном президентом Обамой, и о проекте Human Brain Project Европейского союза, в ходе которых, вероятно, миллиарды долларов будут потрачены на изучение того, как работает мозг на самых разных уровнях вплоть до нейронного. Эти две программы, несомненно, представят нам совершенно новые области исследования, раскроют глубочайшие тайны сознания и обеспечат нас новыми способами лечения психических заболеваний.

После того как мы дадим определение сознания, мы сможем использовать его при рассмотрении различных типов нечеловеческого разума (к примеру, роботов). Насколько продвинутыми могут стать роботы? Могут ли у них появиться эмоции? Будут ли они представлять опасность? Можно будет поговорить и о сознании инопланетных пришельцев, цели которых, вполне вероятно, в корне отличны от наших.

В приложении я предлагаю обсудить самую странную, может быть, из научных идей: концепцию, которая берет начало в квантовой физике и согласно которой сознание, возможно, представляет собой основу реальности.

Предположений в этой области высказано вполне достаточно. Только время покажет, какие из них можно считать наркотическим бредом, порожденным перегретым воображением писателей-фантастов, а какие показывают реальные направления будущих научных исследований. Прогресс в нейробиологии движется семимильными шагами, а ключевым фактором здесь выступает современная физика — именно она позволяет в полную силу использовать электромагнитные и ядерные силы для исследования великих тайн, скрытых до поры в нашем мозгу.

Мне хотелось бы лишний раз напомнить читателям, что я не нейробиолог. Я — физик-теоретик, давно интересующийся вопросами сознания. Мне кажется, позиция физика дает дополнительные

преимущества, помогает обогатить наши знания и представить свежий взгляд на самый известный и в то же время самый загадочный объект во Вселенной: наш разум.

Однако, учитывая головокружительные темпы появления и развития радикально новых концепций, очень важно иметь твердое представление о том, как устроен мозг.

Поэтому давайте для начала поговорим об истоках современной нейробиологии, которая, по мнению некоторых историков, возникла в тот момент, когда железный штырь насквозь пронзил мозг некоего Финеаса Гейджа. Это судьбоносное событие запустило настоящую цепную реакцию и помогло открыть мозг для серьезных научных исследований. Для самого мистера Гейджа это событие было, конечно, весьма прискорбным, но современная наука однозначно выиграла.

Книга I
Разум и сознание

Мой фундаментальный посыл в отношении мозга состоит в том, что его работа — все то, что мы иногда называем разумом — обусловлена его анатомией и физиологией и ничем иным.

Карл Саган

1. Раскрытие разума

В 1848 г. Финеас Гейдж работал бригадиром на железнодорожной станции в штате Вермонт, когда с ним произошел несчастный случай. При случайном взрыве динамита железный штырь длиной более метра полетел ему прямо в лицо, пронзил голову, вышел через макушку и приземлился в 25 м позади. Товарищи Гейджа, потрясенные случившимся (и видом его мозгов), сразу же послали за врачом. К их изумлению (и к не меньшему изумлению врача), Гейдж не умер на месте.

Несколько недель он пребывал в помутненном сознании, но со временем выздоровел, казалось, полностью. (В 2009 г. в СМИ появилась редкая фотография Гейджа, на которой симпатичный, уверенный в себе мужчина с травмой головы и левого глаза стоит, держа в руке железный стержень.) Однако после несчастного случая товарищи по работе заметили, что его характер и поведение резко изменились. Гейдж, ранее жизнерадостный и доброжелательный человек, стал раздражительным, грубым и эгоистичным. Женщинам лучше было держаться от него подальше. Доктор Джон Харлоу — тот самый врач, которого пригласили к Гейджу сразу после несчастного случая — отмечал, что Гейдж был «капризным и нерешительным, постоянно строил планы и, не успев начать, тут же бросал их ради других проектов. Он был ребенком в своих интеллектуальных возможностях и проявлениях, но обладал животными страстями сильного мужчины». Доктор Харлоу отметил, что Гейдж «радикально изменился» и что товарищи по работе даже говорили, что «это уже не Гейдж». После смерти Гейджа в 1860 г. доктор Харлоу сохранил и его череп, и пронзивший его штырь. Подробное рентгеновское исследование черепа позже показало, что железный стержень действительно вызвал массивное разрушение части мозга, известной теперь как лобная доля, и в правом, и в левом полушариях.

Этому невероятному случаю суждено было изменить не только жизнь Финеаса Гейджа; ему суждено было изменить ход науки. Прежде в научном сообществе преобладало мнение, что мозг и душа — две независимых сущности, как считалось в дуалистической философии. Но, когда стало ясно, что повреждение фронтальной доли мозга резко изменило личность Гейджа, это, в свою очередь, вызвало сдвиг научной парадигмы. Возможно, решили ученые, конкретные области мозга можно связать с определенными типами поведения.

Мозг Брока

В 1861 г., всего через год после смерти Гейджа, эта точка зрения нашла новое подтверждение в работе парижского врача Пьера Поля Брока. Он описал пациента, который выглядел нормальным во всех отношениях, кроме одного: у него было серьезное нарушение речи. Этот пациент прекрасно понимал и воспринимал речь, но сам мог произнести всего один звук, напоминающий треньканье струны. После смерти пациента доктор провел вскрытие и убедился в том, что у него была поражена левая височная доля мозга — область возле левого уха. Позже доктору Брока удалось наблюдать еще 12 случаев повреждения данной области мозга. Сегодня про пациентов с травмой височной доли мозга, обычно в левом полушарии, говорят, что они страдают от афазии Брока. (Как правило, пациенты с таким расстройством понимают речь, но сами ничего сказать не могут или как минимум теряют при речи слова.)

Вскоре после этого, в 1874 г., немецкий врач Карл Вернике описал пациентов, страдавших противоположным недугом. Они могли внятно говорить, но не понимали ни письменную, ни устную речь. Часто речь таких пациентов была достаточно беглой, с соблюдением правил грамматики и синтаксиса, но произносили они бессмысленные несуществующие слова. Печально, что они, как правило, даже не понимали, что изрекают абсолютную чушь. После нескольких вскрытий Вернике подтвердил, что у этих пациентов была повреждена немного другая часть левой височной доли мозга.

Работы Брока и Вернике стали этапными в нейробиологии и установили четкую связь между поведенческими проблемами, такими как нарушение речи или языковых способностей, и повреждением конкретных областей мозга.

Еще один прорыв произошел в годы войны. На протяжении истории человечества религия неоднократно накладывала вето на анатомирование человеческих тел; понятно, что это сильно тормозило развитие медицины. Однако в военное время, когда на поле боя умирают десятки тысяч истекающих кровью солдат, врачи чувствуют себя обязанными разрабатывать — и как можно быстрее — действенные методы лечения. В 1864 г., во время прусско-датской войны, немецкому врачу Густаву Фричу пришлось лечить множество солдат с открытыми ранениями мозга, и он заметил, что при прикосновении к одному из полушарий мозга часто дергается противоположная сторона тела. Позже Фрич доказал, что при

электрической стимуляции мозга правое полушарие управляет левой стороной тела, и наоборот. Это поразительное открытие наглядно продемонстрировало, с одной стороны, что работа мозга имеет электрическую природу, а с другой — что конкретные участки мозга управляют противоположной стороной тела. (Забавно, но первыми воздействовать на мозг электричеством попробовали римляне около 2000 лет назад. Хроники свидетельствуют, что в 43 г. н. э. придворный медик императора Клавдия прикладывал к голове пациента, страдавшего сильными головными болями, электрического ската.)

Представление о том, что мозг с телом соединяют электрические пути, систематически не исследовалось вплоть до 1930-х гг., когда доктор Уайлдер Пенфилд начал работать с двумя больными эпилепсией, часто страдавшими от изнурительных судорог и приступов, любой из которых мог их погубить. Последним шансом для таких пациентов была операция на головном мозге, при которой удалялись части черепа, а мозг обнажался. (Поскольку мозг лишен болевых рецепторов, человек все это время мог быть в сознании, и доктор Пенфилд использовал во время операции лишь местное обезболивание.)

Доктор Пенфилд обратил внимание, что на стимуляцию определенных частей коры мозга при помощи электрода реагируют различные части тела. И внезапно понял, что может нарисовать приблизительный план соответствия участков коры мозга телу человека (рис. 1). Рисунки у него получились настолько точными, что их до сих пор используют почти в неизменном виде. И на ученое сообщество, и на публику они произвели очень сильное впечатление. На одной из схем можно видеть, какая приблизительно область мозга отвечает за какую функцию и насколько важна для организма эта функция. К примеру, кисти рук и рот для человека жизненно важны, на их управление отводится значительная доля мозга, тогда как нервные рецепторы спины на схеме почти незаметны.

Далее Пенфилд обнаружил, что при стимулировании электричеством височной доли его пациенты неожиданно вспоминают с кристальной ясностью и заново переживают давно забытые эпизоды. Он испытал настоящий шок, когда в ходе операции на мозге пациент вдруг воскликнул: «Я будто… стоял в дверях школы… я слышал, как мама говорит по телефону с тетей и приглашает ее зайти к нам вечером». Пенфилд понял, что прикасается к воспоминаниям, погребенным глубоко внутри мозга. В 1951 г., когда он опубликовал свои результаты, представления о мозге кардинально изменились.

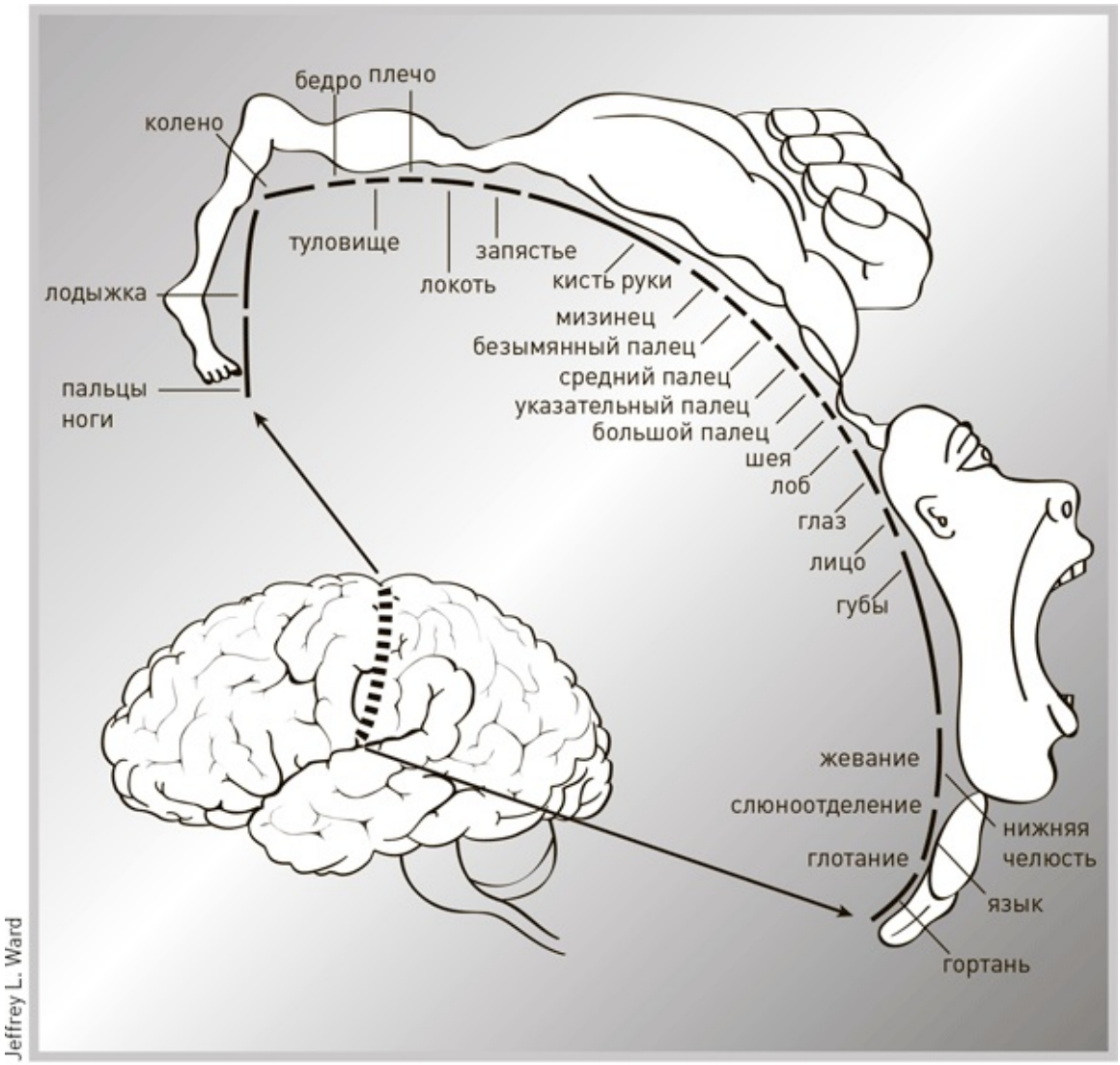

Рис. 1. Схема двигательной зоны коры головного мозга, составленная доктором Уайлдером Пенфилдом. На схеме видно, какой участок мозга управляет какой частью тела

Карта мозга

К 1950–1960-м гг. появилась возможность составить приблизительную карту мозга, разграничив его области и даже определив функции некоторых из них.

На рис. 2 представлен неокортекс, или новая кора, — внешний слой головного мозга, разделенный на четыре доли. Вообще, неокортекс у человека очень развит. Задача всех долей мозга, кроме одной, — принимать и обрабатывать сигналы от органов чувств; исключение составляет лобная

доля, расположенная за лобной костью. Префронтальная кора — самая передняя часть лобной доли — является тем местом, где возникают рациональные мысли. Информация, которую вы в настоящий момент получаете из книги, обрабатывается в префронтальной коре. Повреждение этой области может отрицательно повлиять на вашу способность к планированию и обдумыванию будущего, как это произошло с Финеасом Гейджем. Именно в этой области мозга оценивается получаемая информация и планируются действия.

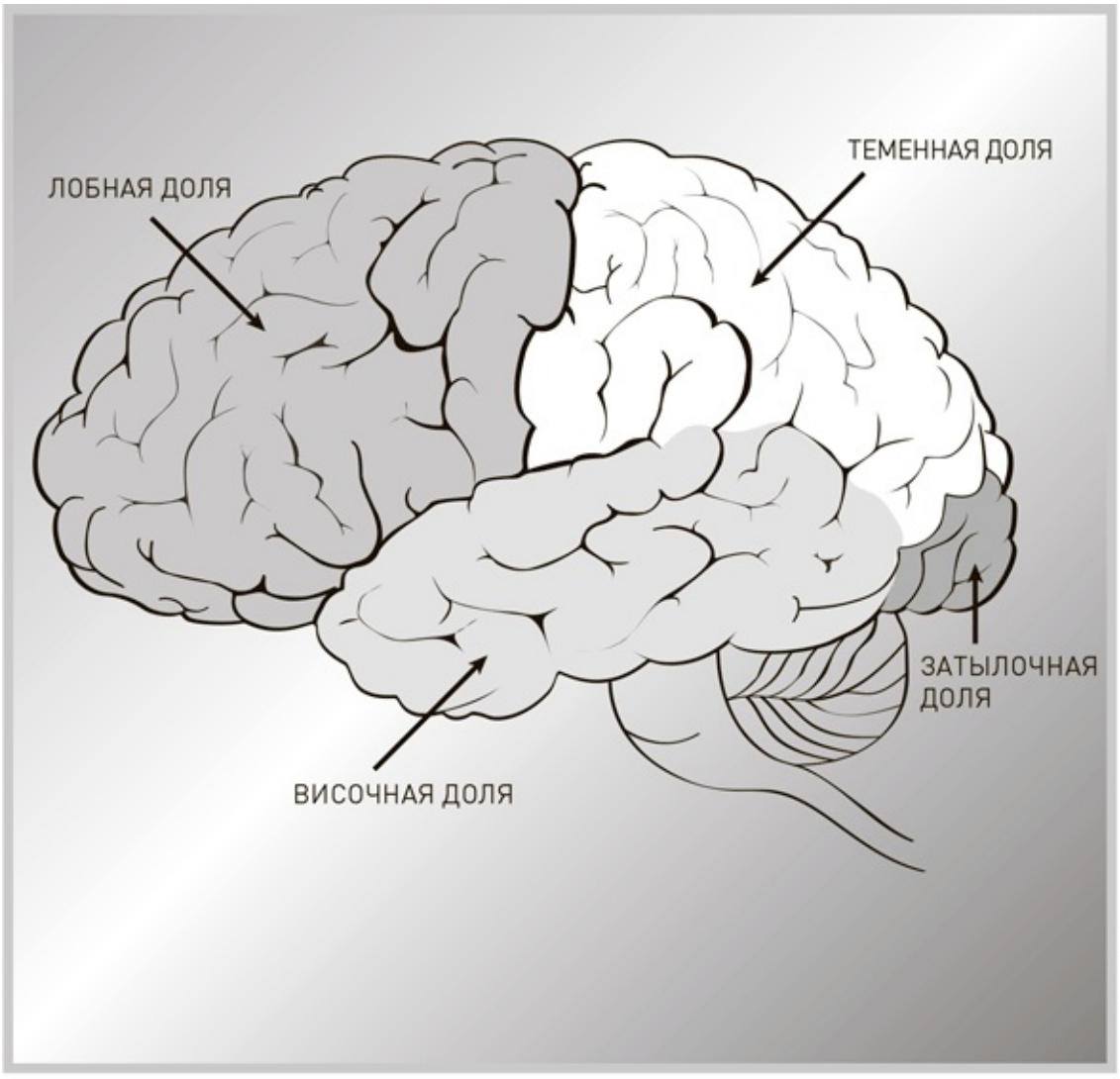

Рис. 2. Четыре доли неокортекса отвечают за различные, хотя и связанные между собой функции

Теменная доля располагается в верхней части мозга. Правое

полушарие контролирует чувственное внимание и образ тела; левая — тонкие движения и некоторые аспекты речи. Повреждение этой области может вызвать множество проблем, в том числе и трудности с распознаванием некоторых частей собственного тела. Затылочная доля располагается в самой задней части мозга и обрабатывает полученную от глаз визуальную информацию. Повреждение этой области может вызвать слепоту и зрительные нарушения.

Височная доля отвечает за речь (только слева), а также за визуальное распознавание лиц и некоторые эмоции. Повреждение этой области может лишить человека речи или способности узнавать знакомые лица.

Эволюционирующий мозг

Если взглянуть на другие органы, такие как мышцы, кости и легкие, то можно заметить в их устройстве очевидный порядок. Но структура мозга может показаться наблюдателю совершенно хаотичной; мозг как бы собран из отдельных независимых частей. Мало того, попытки построить схему мозга иногда называют «картографией для тупых».

Чтобы разобраться в структуре мозга, которая кажется случайной, в 1967 г. доктор Пол Маклин из Национального института психического здоровья попытался рассмотреть эволюцию мозга с позиции теории Чарльза Дарвина. Он разделил мозг на три части. (Дальнейшие исследования показали, что эта модель нуждается в уточнении, но мы используем ее как грубый набросок для приблизительного объяснения общей структуры мозга.) Во-первых, он заметил, что задняя и центральная часть человеческого мозга, включая мозговой ствол, мозжечок и подкорковые узлы, почти идентична по строению мозгу рептилий. Эти структуры, известные как «рептильный мозг», — самые древние структуры мозга, — управляют фундаментальными функциями организма, такими как равновесие, дыхание, пищеварение, сердцебиение и поддержание кровяного давления. Кроме того, они контролируют такие поведенческие схемы, как драка, охота, спаривание и территориальность, необходимые для выживания и воспроизведения себе подобных. Рептильный мозг существует примерно 500 млн лет (рис. 3).

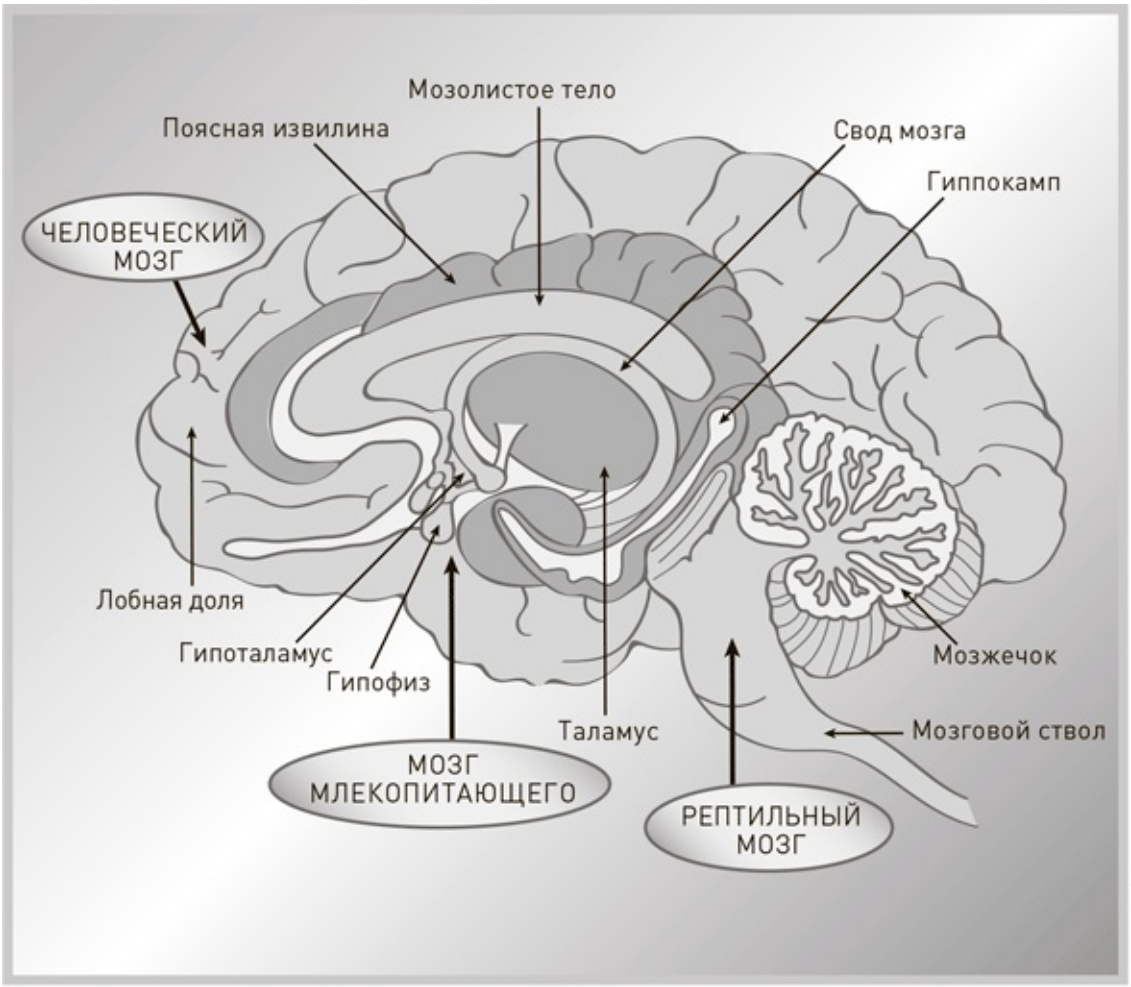

Рис. 3. Эволюционная история мозга: рептильный мозг, лимбическая система (мозг млекопитающего) и неокортекс (человеческий мозг). Очень приблизительно можно сказать, что эволюция шла от мозга рептилий к мозгу млекопитающих и далее к человеческому мозгу

Но по мере того как наши предки эволюционировали от рептилий к млекопитающим, мозг усложнялся, развиваясь и формируя совершенно новые структуры. Так возник мозг млекопитающего, или лимбическая система, которая расположена возле центральной части мозга и окружает структуры рептильного мозга. Лимбическая система развита у животных, живущих социальными группами, в частности у человекообразных обезьян. Кроме того, она содержит структуры, определяющие эмоции. Динамика социальных групп может быть достаточно сложной, и лимбическая система необходима, чтобы различать потенциальных врагов, союзников и соперников.

Среди частей лимбической системы, управляющих жизненно важными

для социальных животных поведенческими схемами, можно назвать:

• гиппокамп — это ворота памяти, где кратковременные воспоминания преобразуются в долговременные. Название этой области переводится как «морской конек», что объясняется ее странной формой. Повреждение гиппокампа лишает человека способности сохранять воспоминания. Он навсегда остается пленником настоящего времени;

• мозжечковая миндалина — место, где эмоции, в первую очередь страх, регистрируются и формируются. Название тоже дано по форме;

• таламус — это что-то вроде релейной станции, которая собирает сенсорную информацию от мозгового ствола и направляет ее в разные участки коры. Название означает «внутренняя полость»;

• гипоталамус — этот орган регулирует температуру тела, суточный ритм, голод, жажду и некоторые аспекты размножения и наслаждения. Располагается он под таламусом — отсюда и название.

Наконец, у нас имеется третья, самая молодая область мозга млекопитающих — кора, внешний слой мозга. Самая поздняя в эволюционном отношении структура коры головного мозга — неокортекс (новая кора), который управляет когнитивным поведением. Лучше всего эта структура развита у человека: она составляет 80 % массы мозга, но при этом представляет собой лист толщиной с салфетку. У крыс неокортекс гладкий, а у людей он сильно извит; благодаря этой извитости в черепе человека умещается лист большой площади.

Мозг человека в определенном смысле напоминает музей, в котором хранятся остатки всех стадий эволюции человека на протяжении миллионов лет, когда мозг резко увеличивался по размеру и расширял свою функциональность. (Примерно такой же путь проходит младенец после рождения. Его мозг растет, возможно, имитируя этапы эволюции человека.)

Неокортекс выглядит скромно и не слишком внушительно, но внешность обманчива. Вы можете полюбоваться изысканной архитектурой мозга под микроскопом. Серое вещество состоит из миллиардов крохотных клеток, называемых нейронами. Они, как абоненты гигантской телефонной сети, получают сообщения от других нейронов по дендритам — отросткам, выходящим из одного конца нейрона. Из другого конца нейрона выходит длинное волокно, называемое аксоном. Аксон может через дендриты соединиться примерно с 10 000 нейронов. В точке соединения аксона с дендритом имеется крохотный промежуток — так называемый синапс. Синапсы работают как клапаны, регулируя поток информации в мозгу. Особые химические вещества, так называемые нейромедиаторы, могут проникать в синапс и влиять на ток сигналов. Такие нейромедиаторы, как

дофамин, серотонин и норадреналин, помогают управлять потоками информации, движущимися по мириадам нервных путей, и оказывают мощное влияние на настроение, эмоции, мысли и сознание человека (рис. 4).

Это описание мозга примерно отражает состояние науки в 1980-е гг. Однако в 1990-е гг., когда развитие физики привело к появлению новых технологий, механизмы мышления стали изучаться в мельчайших подробностях, а нейробиологию ожидал бум научных открытий. Одной из рабочих лошадок, обеспечивших успех этой революции, стал аппарат МРТ.

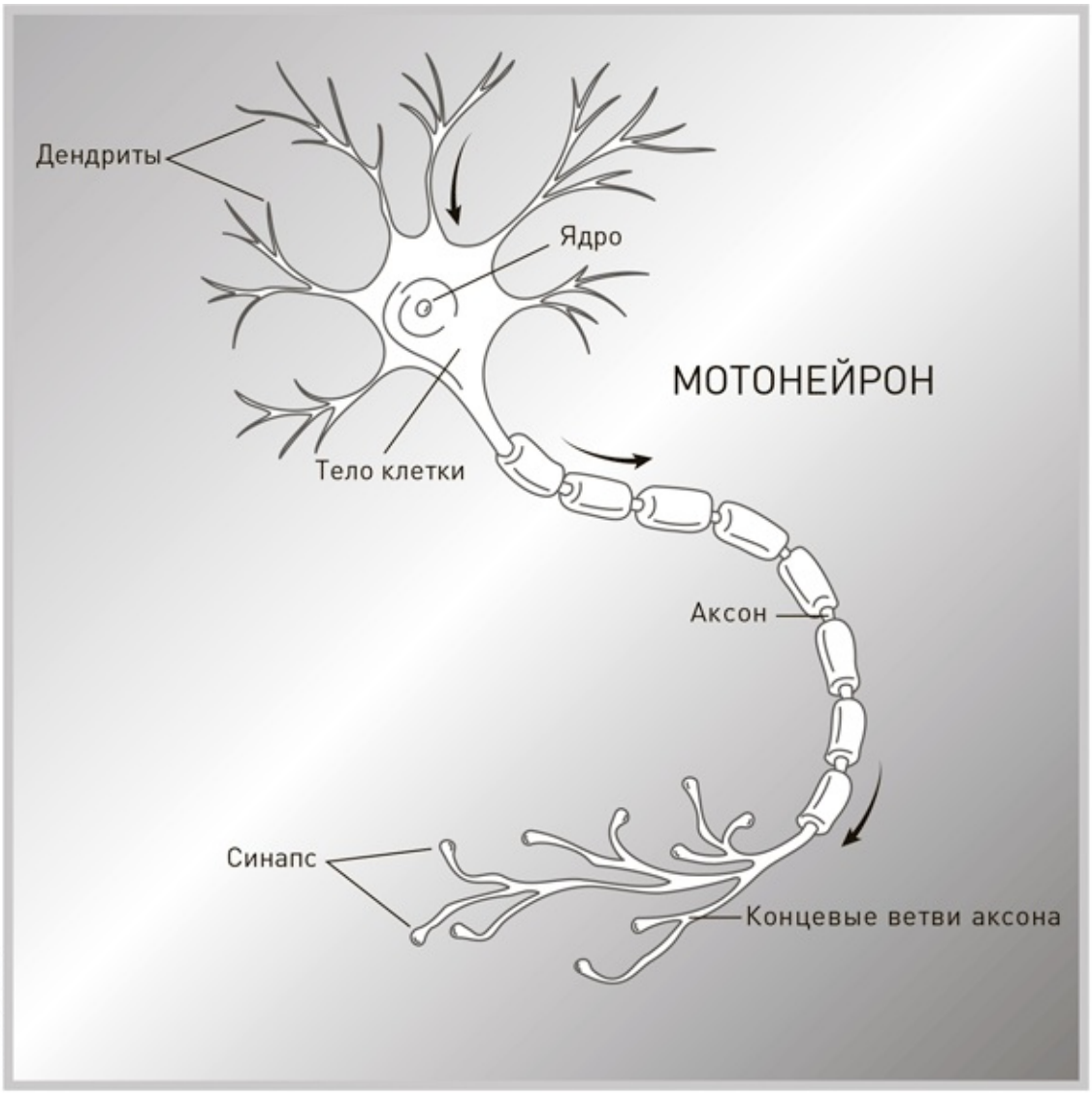

Рис. 4. Схема нейрона. Электрические сигналы движутся вдоль нейронного аксона, пока не доберутся до синапса. Нейромедиаторы регулируют прохождение электрических сигналов через синапсы

МРТ: окно в мозг

Чтобы понять, почему принципиально новая техника помогла расшифровать процессы, происходящие в действующем мозге, нам придется вспомнить некоторые фундаментальные принципы физики.

Радиоволны — один из видов электромагнитного излучения — способны проходить сквозь живую ткань, не причиняя ей вреда. Аппараты МРТ, используя это свойство радиоволн, исследуют нашу черепную коробку. Технология магнитно-резонансного сканирования позволяет получить великолепные фотографии того, что прежде никто не рассчитывал когда-либо увидеть и запечатлеть: внутреннее устройство мозга и его деятельность в процессе работы, при различных эмоциях и при получении информации от органов чувств. Наблюдая танец крохотных огоньков в аппарате МРТ, можно проследить за движением мысли внутри мозга. Мозг при этом напоминает часы с открытым механизмом, где видно, как все устроено, и можно наблюдать за ритмичным движением крохотных рычажков и шестеренок.

Первое, что бросается в глаза при взгляде на аппарат МРТ, — это громадная цилиндрическая магнитная катушка, способная создать магнитное поле, в 20 000–60 000 раз превосходящее по мощности магнитное поле Земли. Именно из-за этого гигантского магнита аппарат МРТ может весить, к примеру, тонну, занимать целую комнату и стоить несколько миллионов долларов. (Аппараты МРТ безопаснее рентгеновских, поскольку не порождают вредных ионов. При компьютерной томографии, которая тоже способна давать трехмерные изображения, организм получает во много раз более серьезную дозу облучения, чем при обычном рентгеновском исследовании, поэтому проведение КТ-исследований нужно тщательно регулировать. Напротив, аппараты МРТ при надлежащей эксплуатации безопасны, проблемы могут возникнуть лишь из-за небрежности работников. В этих аппаратах создается настолько мощное магнитное поле, что при несвоевременном включении оставленные без присмотра металлические инструменты летят с огромной скоростью. Бывало, что люди при этом получали травмы и даже погибали.)

Аппарат МРТ работает следующим образом: пациент ложится на спину, и его на каталке задвигают внутрь цилиндра, в котором располагается две большие катушки, создающие магнитное поле. При включении магнитного поля ядра атомов в теле человека ведут себя примерно как стрелка компаса и выстраиваются вдоль силовых линий поля.

Затем подается короткий радиоимпульс, заставляющий некоторые ядра развернуться. Позже, при возвращении в нормальное положение, эти ядра порождают вторичный импульс излучения, который принимается и анализируется аппаратом. Анализ этого слабого «эха» позволяет определить положение и природу излучающих атомов. Если летучая мышь умеет при помощи эха определять положение объектов на своем пути, то аппарат МРТ позволяет улавливать излучение мозга, после чего компьютеры реконструируют положение атомов и строят красивые трехмерные графические изображения.

Вначале, когда аппараты МРТ только появились, они могли показывать структуру мозга лишь в статике и на различных его участках. Однако в середине 1990-х гг. был изобретен новый вид МРТ, получивший название функциональной магниторезонансной томографии, или фМРТ; и теперь аппараты уже различали присутствие кислорода в крови в сосудах мозга. (Иногда ученые обозначают маленькой буквой перед аббревиатурой МРТ тип аппарата, но мы будем использовать аббревиатуру МРТ во всех случаях.) На полученных при помощи МРТ изображениях не виден непосредственно ток электричества в нейронах, но поскольку без кислорода нейроны не получат энергии, насыщенная кислородом кровь косвенно указывает на поток электрической энергии в нейронах и наглядно показывает, как различные области мозга взаимодействуют между собой.

МРТ-изображения опровергли представление о том, что мышление сосредоточено в едином центре. Напротив, можно видеть, что в процессе мышления электрическая энергия циркулирует по различным частям мозга. Отслеживая путь, который проходят мысли в голове человека, МРТ-аппараты помогли пролить свет на природу болезней Альцгеймера и Паркинсона, шизофрении и других психических заболеваний.

Серьезным преимуществом МРТ-аппаратов является то, что они могут с высокой точностью выделять крохотные, вплоть до десятых долей миллиметра, участки мозга и рассматривать их отдельно. МРТ-изображение — не просто точки на двумерном экране (пикселы), а точки в трехмерном пространстве (вокселы): в результате исследования мы получаем яркое трехмерное изображение мозга, сложенное из десятков тысяч цветных точек.

Различные химические элементы реагируют на разные частоты радиоволн по-разному, поэтому мы можем, изменяя частоту волны, определять, где какие элементы находятся. Как уже отмечалось, при фМРТ в основном отслеживаются атомы кислорода в крови и измеряют кровоток, но вообще-то аппарат МРТ можно настроить на любое вещество. В

последнее десятилетие появилась новая разновидность МРТ — диффузионно-тензорная; она отслеживает движение воды в объеме мозга. Вода в мозге следует по нейронным путям, поэтому диффузионно-тензорная томография позволяет получить красивые картинки, напоминающие переплетение растущих в саду лиан. Теперь ученые могут мгновенно определить, как части мозга связаны между собой.

Однако у технологии МРТ есть и недостатки. Пространственное разрешение аппаратов МРТ не имеет себе равных и позволяет довести параметры воксела до размера булавочной головки во всех трех измерениях, а вот временно́е разрешение их подкачало. Чтобы сделать снимок кровотока мозга, требуется почти секунда; может быть, это немного, но если вспомнить, что электрические сигналы проходят сквозь мозг почти мгновенно, то получается, что МРТ может зарегистрировать не все детали мыслительного процесса.

Еще один недостаток — цена, составляющая миллионы долларов; врачам нередко приходится коллективно пользоваться одним аппаратом. Но, как часто бывает, развитие технологии со временем приведет к снижению стоимости аппаратуры.

А пока бешеные цены не остановили активного поиска коммерческих приложений этой технологии. В частности, есть идея использовать аппарат МРТ в качестве детектора лжи; по результатам некоторых исследований с его помощью можно выявить ложь в 95 % случаев. Вообще-то точность пока под вопросом, но основная идея заключается в том, что, когда человек лжет, он одновременно должен знать правду, состряпать ложь и быстро проанализировать, насколько эта ложь согласуется с уже известными фактами. Сегодня некоторые компании утверждают, что, когда человек лжет, на МРТ-изображениях префронтальная кора и теменная доля буквально вспыхивают. Точнее, активизируется орбитофронтальная кора (которая, помимо прочего, может служить «контролером» и предупреждать мозг, если что-то не так). Располагается эта область мозга непосредственно за глазницами, отсюда и название. Согласно теории, орбитофронтальная кора отличает правду от лжи и в результате перевозбуждается. (Когда человек говорит неправду, возбуждаются и другие области мозга, такие как верхнемедиальная и нижнебоковая части префронтальной коры, задействованные в когнитивных процессах.)

На данный момент существует несколько коммерческих фирм, предлагающих детекторы лжи на основе МРТ, и первые результаты их применения уже использовались в качестве доказательств в ходе судебных заседаний. Но важно отметить, что такие МРТ-изображения указывают на

повышение активности мозга лишь в некоторых областях. Если результаты расшифровки ДНК иногда достигают точности один к миллиарду или даже выше, то МРТ-изображения не могут быть настолько точными, поскольку в придумывании лжи задействованы многие области мозга, которые отвечают за обработку и совершенно иных мыслей.

Электроэнцефалограмма

Еще один полезный инструмент проникновения в мозг — электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Эта методика появилась в 1924 г., но лишь с использованием компьютеров стало возможным разобраться в данных, получаемых с каждого электрода.

При электроэнцефалографическом исследовании пациенту на голову обычно надевают шлем футуристического вида с десятками электродов на внутренней поверхности. (В более продвинутых аппаратах на голову поверх волос надевают сеточку с закрепленными на ней крохотными электродами.) Электроды регистрируют циркулирующие внутри мозга крохотные электрические сигналы.

AP Photo / David Duprey

Tom Barrick, Chris Clark / Science Source

Рис. 5. Наверху изображение, снятое аппаратом функциональной МРТ и показывающее области высокой ментальной активности. На нижнем изображении показана структура, напоминающую цветок; ее создает аппарат диффузионной МРТ, способный отслеживать нейронные пути и соединения мозга

Электроэнцефалограмма в некоторых вопросах принципиально отличается от МРТ-изображения. МРТ-аппарат, как мы говорили, «выстреливает» в мозг радиоимпульсами, а затем анализирует полученное «эхо». Таким образом, можно, меняя частоту импульсов, выбирать для исследования разные атомы, что делает методику универсальной и гибкой.

ЭЭГ-аппарат совершенно пассивен, т. е. он исследует слабые электромагнитные сигналы, которые излучает сам мозг. ЭЭГ прекрасно регистрирует электромагнитные сигналы, заполняющие мозг; это позволяет ученым измерять общую активность мозга во время сна, в состоянии сосредоточенности или расслабленности, при обдумывании каких-то идей и т. д. Различные состояния сознания излучают на разных частотах. К примеру, глубокий сон соответствует дельта-ритму — колебаниям с частотой 1–4 Гц. Состояние активной мыслительной деятельности, скажем при решении задач, соответствует бета-ритму — колебаниям с частотой 12–30 Гц. Эти колебания позволяют разным областям мозга, даже расположенным на противоположных его концах, делиться информацией и «общаться» друг с другом. И если аппарат МРТ, измеряющий кровоток, может проводить сканирование лишь несколько раз в секунду, то ЭЭГ регистрирует электрическую активность мгновенно.

Но самым серьезным преимуществом процедуры ЭЭГ является ее простота и дешевизна. Даже школьники дома могут экспериментировать с шапочками ЭЭГ.

Главный же недостаток ЭЭГ, многие годы сдерживавший развитие метода, — его низкое пространственное разрешение. Датчики ЭЭГ улавливают электрические сигналы после их рассеяния при прохождении сквозь череп, поэтому зарегистрировать необычную активность, если ее источник располагается глубоко в мозгу, чрезвычайно трудно. Глядя на размытое ЭЭГ-изображение, почти невозможно сказать наверняка, в какой области мозга находится источник того или иного сигнала. Более того, любые движения испытуемого (если он, например, шевельнет пальцем) могут исказить сигнал, а иногда и сделать его совершенно бесполезным.

Позитронно-эмиссионная томография

Еще один полезный инструмент из мира физики — позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), при которой по присутствию глюкозы (молекулы сахара, играющей роль топлива и источника энергии для клеток) рассчитывается ток энергии в мозгу. Подобно камере Вильсона, которую я строил в школьные годы, аппарат ПЭТ регистрирует элементарные частицы, излучаемые атомами натрия-22 в молекулах глюкозы. Чтобы провести ПЭТ-исследование, пациенту вводят особый раствор, содержащий слаборадиоактивный сахар, в котором атомы обычного натрия заменены на атомы радиоактивного натрия-22. Распадаясь, каждый атом

натрия испускает позитрон, который легко регистрируется датчиками. Отследив путь радиоактивных атомов натрия в сахаре, можно определить и ток энергии внутри мозга.

ПЭТ-исследование обладает большинством преимуществ, характерных для МРТ, но не дает столь же высокого пространственного разрешения. Зато и измеряется здесь не ток крови, который может служить лишь косвенным показателем потребления энергии в организме, а непосредственно потребление энергии, поэтому ПЭТ-исследование точнее отражает нервную деятельность.

Однако у метода ПЭТ тоже есть недостаток. В отличие от МРТ и ЭЭГ, при ПЭТ-исследовании используются радиоактивные вещества, поэтому его нельзя проводить много раз подряд. В среднем человеку разрешается делать ПЭТ-исследования не чаще одного раза в год из-за риска облучения.

Магнетизм в мозгу

В последнее десятилетие в арсенале нейробиологов появилось немало высокотехнологичных методов, в том числе метод транскраниального электромагнитного сканирования (ТЭС), магнитоэнцефалография (МЭГ), спектрография в ближней инфракрасной области спектра и оптогенетика.

В частности, электромагнитное излучение использовалось для систематического отключения отдельных частей мозга без вскрытия. В физическом смысле эти инструменты основаны на том факте, что быстро меняющееся электрическое поле может порождать магнитное поле, и наоборот. МЭГ пассивно измеряет магнитное поле, порождаемое переменным электрическим полем мозга. Это чрезвычайно слабое магнитное поле составляет всего лишь одну миллиардную магнитного поля Земли. Подобно ЭЭГ, МЭГ дает прекрасное временно́е разрешение, вплоть до тысячных долей секунды; однако пространственное разрешение у этого метода низкое — около кубического сантиметра.

В отличие от пассивных измерений МЭГ, ТЭС генерирует мощный электрический импульс, который, в свою очередь, порождает импульс магнитный. Аппарат ТЭС располагается рядом с мозгом, так что магнитный импульс проникает внутрь черепа и порождает в мозгу еще один электрический импульс. Этого вторичного импульса достаточно, чтобы вообще отключить или сильно ослабить активность выбранных областей мозга.

Прежде ученым приходилось полагаться на случай, отключая

некоторые части мозга, а, следовательно, прояснить, за что именно эти части отвечают, могли только удар или опухоль. Но теперь с помощью ТЭС можно без труда и вреда для здоровья пациента отключить или приглушить активность любой области мозга по желанию. Направив магнитный импульс в конкретную область мозга, можно определить ее функцию, просто наблюдая за тем, как изменилось поведение пациента. (К примеру, если подействовать на левую височную долю мозга, можно убедиться, что это отрицательно повлияет на речь человека.)

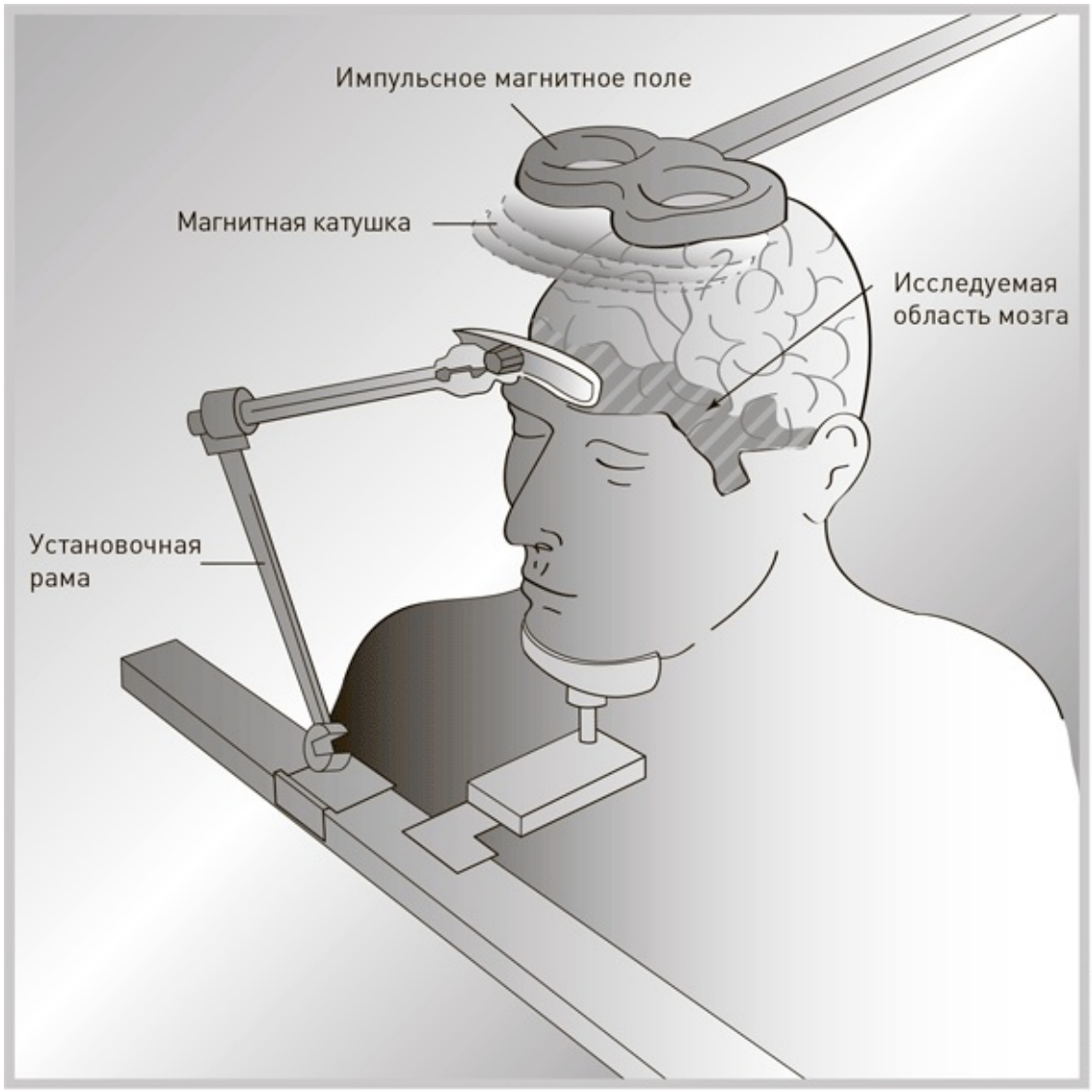

Рис. 6. Транскраниальный электромагнитный сканер и магнитоэнцефалограф вместо радиоволн для проникновения в череп и определения характера деятельности мозга используют магнитное поле. Импульс способен на время отключать части мозга, позволяя ученым без опасности для здоровья пациента определить, насколько хорошо работают эти области (теперь не нужно ждать травмы, которая поможет выявить болезнь)

Единственный потенциальный недостаток ТЭС — то, что магнитное поле не проникает глубоко внутрь мозга (поскольку магнитное поле ослабевает с расстоянием намного быстрее, чем электричество, для которого характерна обратно-квадратичная зависимость). При помощи ТЭС можно легко отключать области мозга вблизи стенок черепа, но магнитное поле не в состоянии добраться до важных нервных центров,

расположенных в глубине мозга, таких как лимбическая система. Не исключено, впрочем, что следующим поколениям аппаратов ТЭС удастся преодолеть эту техническую проблему; возможно, для этого придется увеличить интенсивность импульса и точность приложения магнитного поля.

Стимуляция глубинных структур мозга (нейростимуляция)

Еще один инструмент, доказавший необходимость в нейробиологии, — стимуляция глубинных структур мозга. Начиналось все у доктора Пенфилда с довольно грубого зондирования. Сегодня используют электроды не тоньше волоса, да и вводить их в заданную область в глубине мозга научились очень точно. Этот метод не только позволил ученым определить функцию различных участков мозга, но и оказался полезен в лечении психических расстройств, к примеру, болезни Паркинсона, при которой определенные области мозга перевозбуждаются и вызывают неуправляемое дрожание рук.

Не так давно мишенью для электродов стала новая область мозга (известная как поле 25 по Бродману), которая у пациентов в депрессии, не реагирующих на психотерапию и лекарства, часто находится в перевозбужденном состоянии. Нейростимуляция приносит таким пациентам, страдавшим годами, почти волшебное облегчение.

Каждый год для нейростимуляции находят новые сферы применения. Практически все серьезные расстройства мозга сегодня исследуются заново с помощью этой и других технологий сканирования мозга. В результате возникла интереснейшая область исследований по диагностике и даже лечению самых разных заболеваний.

Оптогенетика — включаем мозг

Но самым новым и интересным, может быть, инструментом в арсенале нейробиолога является оптогенетика, когда-то считавшаяся научной фантастикой. Она, как волшебная палочка, позволяет активировать отдельные нервные пути, контролирующие поведение, при помощи направленного на мозг светового луча.

Невероятно, но светочувствительный ген, вызывающий срабатывание клетки, можно вставить с хирургической точностью прямо в нейрон. После операции такой нейрон можно активировать в любой момент, просто

осветив его лучом света. Но что еще важнее, эта операция позволяет ученым возбуждать подготовленные таким образом нервные пути в любой момент, т. е. по желанию включать и выключать определенные схемы поведения.

Этой технологии всего десять лет, но оптогенетики уже добились успеха в управлении некоторыми типами поведения у животных. Так, повернув выключатель, можно заставить плодовых мушек дружно взлететь, дождевых червей — прекратить извиваться, а мышей — бегать кругами. Уже начаты исследования на обезьянах и обсуждаются эксперименты на людях. Ученые всерьез надеются, что эта технология найдет непосредственное применение в лечении таких расстройств, как болезнь Паркинсона и депрессия.

Прозрачный мозг

Помимо оптогенетики есть еще один метод исследований, позволяющий сделать мозг полностью прозрачным и открыть все его нервные пути даже невооруженному взгляду. В 2013 г. ученые из Стэнфордского университета объявили, что им удалось сделать прозрачным мозг мыши, а также отдельные части человеческого мозга. Известие было настолько поразительным, что попало на первую страницу *New York Times* с заголовком «Мозг стал прозрачным, как желе, чтобы ученым было удобнее».

Если перейти на клеточный уровень, то окажется, что каждая клетка сама по себе прозрачна и все ее микроскопические компоненты прекрасно видны. Однако миллиарды клеток, собранные вместе и образующие какой-нибудь орган, например тот же мозг, выглядят иначе. К клеткам добавляются липиды (жиры, масла, парафины и другие химические вещества, не растворимые в воде), что, собственно, и делает орган непрозрачным. Ключевой момент новой технологии исследований — удаление липидов при сохранении нейронов. Исследователи из Стэнфордского университета погрузили мозг в гидрогель (гелеподобную субстанцию, состоящую преимущественно из воды), способный связываться с любыми молекулами мозга, за исключением липидов. Затем мозг положили в мыльный раствор и поместили в электрическое поле; раствор вымыл из мозга липиды, оставив его прозрачным. Немного краски — и нервные пути становятся видимыми. Можно зафиксировать их и составить карту.

В принципе, получение прозрачных тканей не ново, но создать в точности нужные условия для того, чтобы прозрачным стал весь мозг, очень непросто; процесс потребовал изобретательности. «Я сжег или расплавил больше сотни органов», — признается доктор Кванхунь Чун, один из ведущих исследователей. Новую методику, получившую название CLARITY, можно применять и к другим органам (и даже к органам, много лет хранившимся в формалине или других консервирующих веществах). Доктору Чуну уже удалось получить образцы прозрачной печени, легкого и сердца. Эта методика найдет множество применений во всех областях медицины. Достаточно сказать, что с ее помощью можно будет намного быстрее локализовать и нанести на карту нервные пути мозга, на исследование которых в настоящее время направлены огромные научные и материальные ресурсы.

Четыре фундаментальные силы

Успех, достигнутый первым поколением аппаратов сканирования мозга, нельзя не назвать поразительным. Если до появления подобных аппаратов в строении мозга выделялось около 30 областей, то сегодня только аппарат МРТ способен определить в мозгу две-три сотни областей, что открывает для исследователей мозга новые горизонты. Но возникает вопрос. Если физика всего за 15 лет смогла предложить нейробиологии так много новых технологий сканирования, то, может быть, будут и еще? На этот вопрос следует ответить положительно, но стоит иметь в виду, что эти технологии будут не принципиально новыми изобретениями, а вариантами и улучшениями уже существующих. Дело в том, что есть лишь четыре силы — гравитационная, электромагнитная, слабая и сильная ядерные, — которые управляют Вселенной.

Источником практически всех новых технологий сканирования (за исключением технологии ПЭТ, основанной на слабом ядерном взаимодействии) является электромагнитная сила — результат взаимодействия электрической энергии и магнитного поля, — с помощью которой, в частности, освещаются и наши города. Физики работают с электромагнитной силой уже больше полутора веков и хорошо научились создавать всевозможные электрические и магнитные поля, поэтому любые технологии сканирования мозга вряд ли окажутся чем-то принципиально новым; скорее всего, это будут новые модификации уже существующих методов. Как обычно и бывает, размеры и стоимость этих устройств со

временем сильно уменьшатся, что позволит намного шире использовать эти сложные инструменты. Физики уже прикидывают, нельзя ли встроить аппарат МРТ в сотовый телефон. Но все же главная проблема всех аппаратов сканирования мозга — разрешение, как пространственное, так и временно́е. Пространственное разрешение МРТ повысится, если магнитное поле станет более однородным, а электроника — более чувствительной. В настоящее время аппараты МРТ различают вокселы размером до доли миллиметра. Но каждый такой воксел может содержать сотни тысяч нейронов. Новые технологии сканирования, вероятно, увеличат разрешающую способность приборов. Священным Граалем такого подхода могло бы стать создание МРТ-сканера, способного различать отдельные нейроны и связи между ними.

Временно́е разрешение аппаратов МРТ также ограничено, поскольку они анализируют движение насыщенной кислородом крови в мозгу. Сам аппарат имеет очень хорошее временно́е разрешение, но отслеживание тока крови замедляет работу. В будущем аппараты МРТ научатся отслеживать и другие вещества, непосредственно связанные со срабатыванием нейронов; появится возможность анализировать ментальные процессы в реальном времени. Какими бы впечатляющими ни были успехи нейробиологии за последние 15 лет, это лишь начало. Главное — впереди.

Новые модели мозга

Исторически с каждым новым научным открытием на свет появлялась новая модель мозга. Одной из первых таких моделей было представление о гомункулусе — человечке, который жил в мозгу и принимал все решения. Пользы от такой картинки было немного, поскольку она никак не объясняла, что происходит в мозгу гомункулуса. Может быть, в нем прятался следующий гомункулус.

С появлением простых механических устройств была предложена другая модель мозга: машина, похожая на часы, с механическими колесиками и шестеренками. Этой аналогией пользовались ученые и изобретатели, такие как Леонардо да Винчи (он даже сконструировал механического человека).

В конце XIX в., когда сила пара создавала мировые империи, родилась новая аналогия — паровая машина, в которой потоки энергии конкурируют друг с другом. Такая гидравлическая модель, считают историки, оказала влияние на картину мозга по Зигмунду Фрейду, где шла бесконечная борьба

трех начал: эго (представляющее личность и рациональное мышление), ид (представляющее подавленные желания) и супер-эго (представляющее сознание). В этой модели, если из-за конфликта между этими тремя началами накапливается слишком большое давление, может произойти регрессия эго или общий сбой системы. Модель, конечно, остроумная, но даже сам Фрейд признавал, что для ее окончательной проработки нужны детальные исследования мозга на уровне нейронов, на что уйдет еще лет сто.

С развитием телефонии в начале XX в. появилась другая аналогия — гигантского коммутатора. Мозг был представлен в виде путаницы телефонных проводов, связанных в обширную сеть. Роль сознания играл длинный ряд телефонных барышень перед большой коммутаторной панелью, занятых непрерывным подключением и отключением проводов. К несчастью, эта модель ничего не говорила о том, как все эти сообщения вместе образовывали мозг.

С развитием техники модной стала следующая модель — компьютер. Старомодный коммутатор сменили микросхемы с сотнями миллионов транзисторов. Может быть, разум — это всего лишь программа, работающая на человеческом мозге, как на компьютерном «железе». Эта модель в какой-то мере работает до сих пор, но у нее есть ограничения. Она не в состоянии объяснить, каким образом мозг проводит расчеты, для которых потребовался бы компьютер размером с хороший мегаполис. Плюс в мозгу нет программ, нет операционной системы Windows и процессора Pentium. (Хотя ПК на Pentium работает быстро, у него есть свой недостаток: все расчеты должны проходить через процессор. В мозгу же все наоборот. Каждый нейрон срабатывает относительно медленно, но это с лихвой компенсируется тем фактом, что данные одновременно могут обрабатывать 100 млрд нейронов. Так что медленный параллельный процессор вполне способен превзойти очень быстрый единый процессор.)

Последняя по времени появления аналогия — Интернет, объединяющий миллиарды компьютеров. Сознание в этой модели — системный эффект, возникающий чудесным образом из коллективных действий миллиардов нейронов. (К сожалению, модель абсолютно ничего не говорит о том, как происходит такое чудо. Всю сложность мозга она проводит по ведомству теории хаоса, и дело с концом.)

Несомненно, в каждой из перечисленных аналогий есть зерно истины, но ни одна из них не в состоянии по-настоящему отразить сложность мозга. Однако мне кажется полезной (хотя и несовершенной) еще одна аналогия: мозг как крупная корпорация. В этой аналогии есть гигантская бюрократия

и строгая иерархия, а также потоки информации между различными офисами. Но вся важная информация в конце концов оказывается в центре управления — у генерального директора. Именно там принимаются окончательные решения.

Если сравнение мозга с крупной корпорацией имеет право на существование, оно должно объяснять некоторые интересные свойства мозга:

• **Большая часть информации находится в «подсознании»,** т. е. генеральный директор, на свое счастье, понятия не имеет о полноводных потоках информации, непрерывно циркулирующих по бюрократическим каналам. Более того, лишь крохотная часть информации в конце концов попадает на стол высшего руководителя, которого можно сравнить с префронтальной корой. Генеральный директор знакомится только с теми данными, которые достаточно важны, чтобы заслужить его внимание; в противном случае его деятельность была бы парализована лавиной лишних сведений.

• Вероятно, такая организация работы мозга — побочный результат эволюции, поскольку наши предки в критических условиях не могли позволить себе перегружать мозг поверхностной подсознательной информацией. Мы, к счастью, попросту не замечаем всех тех триллионов операций, которые постоянно проделывает наш мозг. Встретив в лесу тигра, не обязательно думать о том, в каком состоянии в данный момент находится твой желудок, пальцы на ногах, волосы и т. п. Нужно только вспомнить, как бежать побыстрее.

• **«Эмоции» — это быстрые решения, рождающиеся самостоятельно на низком уровне.** Поскольку на рациональные мысли уходит много времени, а в критической ситуации нет времени на обдумывание, низкоуровневые области мозга должны быстро оценить ситуацию и принять решение (породить эмоцию) без разрешения сверху.

Таким образом, эмоции (страх, гнев, ужас и т. п.) — это мгновенно появляющиеся тревожные флажки, команда на которые отдается на низком уровне и назначение которых — предупредить управляющий центр о потенциально опасной или сложной ситуации. Сознание практически не контролирует эмоции. К примеру, как бы мы ни готовились к публичному выступлению, нервное напряжение никуда не денется.

Рита Картер, автор книги «Как работает мозг» (Mapping the Mind), пишет: «Эмоции — это вовсе не чувства, а набор физиологических механизмов выживания, появившихся в результате эволюции. Их задача — направить нас прочь от опасности, к тому, что может оказаться полезным».

• **За внимание руководителя идет постоянная борьба.** Но не существует единственного гомункулуса, ЦПУ или процессора Pentium, принимающего решения; вместо этого различные локальные центры в составе руководства постоянно соревнуются друг с другом за внимание директора. Поэтому мысли не идут гладкой непрерывной чередой; всевозможные обратные связи конкурируют между собой, порождая настоящую какофонию. Концепция «Я» как единой цельной сущности, непрерывно принимающей все решения, — лишь иллюзия, порожденная подсознанием.

Сами мы чувствуем, что наше сознание едино, что оно непрерывно и ровно обрабатывает информацию и полностью контролирует все наши решения. Однако сканирование мозга дает совершенно иную, и объективную картину.

Профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Марвин Мински, один из отцов-основателей Лаборатории искусственного интеллекта, рассказал, что человеческий разум больше похож на «общество разумов», состоящее из подмодулей, которые постоянно борются между собой.

Во время беседы с психологом Гарвардского университета Стивеном Пинкером я спросил у него, как из всей этой путаницы возникает сознание. Он сказал, что сознание похоже на шторм, бушующий в голове. Подробнее об этом же он писал, что «интуитивное ощущение того, что существует некое руководящее «Я», которое сидит в центре управления нашего мозга, смотрит на экраны с данными от органов чувств и нажимает на кнопки, передающие команды нашим мышцам, — всего лишь иллюзия. Скорее, сознание представляет собой водоворот событий, распределенных по всему мозгу. Эти события конкурируют за внимание, и, когда одному из них удается перекричать все остальные, мозг задним числом рационально обосновывает результат и фабрикует впечатление о том, что все происходило под контролем единого центра».

• **Окончательные решения принимает генеральный директор в центре управления.** Почти вся бюрократия существует для того, чтобы собирать и систематизировать информацию для генерального директора, который встречается только с руководителями подразделений. Он пытается привести к общему знаменателю всю противоречивую информацию, поступающую в командный центр. Все интриги здесь заканчиваются. Генеральному директору, находящемуся в префронтальной коре, приходится принимать окончательное решение. Если у животных большинство решений принимается инстинктивно, человек принимает

высокоуровневые решения после тщательного разбора и просеивания информации, поступающей от органов чувств.

• **Информационные потоки иерархичны.** Поскольку и наверх, в руководящий офис, и вниз, к исполнителям, должно проходить громадное количество информации, эту информацию необходимо организовывать в сложные системы встроенных сетей со множеством ответвлений. Представьте себе ель, где на верхушке располагается руководящий центр, а ниже — пирамида ветвей, ведущих к множеству менее важных центров.

Существует, разумеется, и разница между бюрократической системой и структурой мышления. Известно, что первое правило всякой бюрократии состоит в том, что «она расширяется и заполняет все выделенное пространство». Но пустые траты энергии — роскошь, которую мозг не может себе позволить. Мозг потребляет всего около 20 Вт мощности (как слабая лампа накаливания), но это, вероятно, максимум того, что он может забрать, не лишая остальное тело функциональности. Если тело будет вырабатывать больше тепла, ткани не выдержат. Поэтому мозг постоянно экономит энергию и пользуется для этого всевозможными уловками. По ходу изложения вы узнаете, какие хитроумные способы изобрела эволюция для упрощения различных действий.

Реальна ли в действительности «реальность»?

Всем знакомо выражение «видеть — значит верить», однако многое из того, что мы видим, на самом деле иллюзия. К примеру, если мы видим перед собой типичный ландшафт, он представляется нам гладкой панорамой, как в кино. На самом же деле в нашем поле зрения есть зияющая дыра, соответствующая месту расположения зрительного нерва на сетчатке. По идее, мы должны видеть это безобразное черное пятно везде, куда бы ни смотрели. Но наш мозг заполняет ее «обоями», усредняя и аппроксимируя окружающее. Иными словами, часть того, что мы видим, на самом деле подделка, состряпанная подсознанием.

Кроме того, по-настоящему четко мы видим только центральную часть поля зрения, приходящуюся на центральную ямку сетчатки (фовеа). Периферические участки видятся немного размыто, так на это уходит меньше энергии. Но центральная ямка на сетчатке очень мала. Поэтому, чтобы получить как можно больше информации, глаз постоянно движется, причем резко и скачками. Такое скачкообразное движение глазных яблок называется саккадой. Все это проделывается подсознательно, на

сознательном же уровне все поле зрения кажется нам четким и резким.

Когда я ребенком впервые увидел изображение электромагнитного спектра в его истинном величии, то был поражен. Я даже представить себе не мог, что очень значительная часть спектра (в частности, инфракрасный и ультрафиолетовый свет, рентгеновские и гамма-лучи) совершенно невидима для человеческого глаза. Именно тогда я начал понимать, что все, что вижу вокруг, — лишь крохотная часть того, что есть на самом деле, грубое приближение реальности. (Есть известное высказывание: «Если бы внешность всегда совпадала с сущностью, наука была бы не нужна».) На сетчатке глаза человека есть сенсоры, способные регистрировать только красный, зеленый и синий цвета. Это означает, что ни один человек никогда не видел желтого, коричневого, оранжевого и многих других цветов. Но такие цвета существуют, и мозг способен их аппроксимировать путем смешения красного, зеленого и синего в разных пропорциях. (Нечто подобное происходит на экране старого цветного телевизора, и это можно увидеть, если всмотреться внимательнее. Вместо картинки вы увидите лишь набор красных, зеленых и синих точек. Цветное телевидение — тоже иллюзия.)

Глаза обманывают нас и с объемом. На самом деле сетчатка глаза двумерна, но, поскольку у нас два глаза и располагаются они в нескольких сантиметрах друг от друга, мозг обрабатывает и совмещает получаемые с них изображения, давая нам ложное ощущение трехмерности. Если говорить о более далеких объектах, то мы можем оценивать расстояние до них по тому, как они смещаются, когда мы двигаем головой. Это явление называется параллакс.

(Именно параллаксом объясняются нередкие жалобы детей на то, что «Луна летит за мной». Поскольку мозгу трудно оценить параллакс такого далекого объекта, как Луна, при движении нам кажется, что светило всегда держится на одном и том же расстоянии «позади», но на самом деле это лишь иллюзия, порожденная тем, что мозг старается упростить себе задачу.)

Парадокс разделенного разума

Один из моментов, по которым картина корпоративной иерархии отличается от реальной структуры мозга, можно проиллюстрировать на примере интересных случаев, связанных с разделением мозга. Надо сказать, что мозг отличается одним достаточно необычным свойством: он

состоит из двух почти идентичных половинок, или полушарий, — правого и левого. Ученых давно интересовал вопрос, для чего мозгу эта ненужная избыточность — ведь он способен работать даже без одного полушария. Ни одна корпоративная машина не может похвастать подобным качеством. Более того, если каждое полушарие обладает своим сознанием, означает ли это, что у каждого из нас в одном черепе имеется два независимых центра сознания?

Доктор Роджер Сперри из Калифорнийского технологического института получил в 1981 г. Нобелевскую премию за демонстрацию того, что полушария мозга не являются точными зеркальными копиями друг друга, а выполняют самостоятельные и различные функции. Этот результат произвел в неврологии настоящий фурор (и породил волну сомнительных книг категории «помоги себе сам», обещающих привнести в вашу жизнь какие-то специфически лево— или правополушарные качества).

Доктор Сперри занимался лечением больных эпилепсией, страдающих судорожными припадками, которые часто вызываются расстройством обратных связей между двумя полусферами. Иногда из-за положительной обратной связи микрофон выходит из-под контроля и начинает дико верещать в уши; точно так же и подобный припадок может выйти из-под контроля и представлять опасность для жизни. Доктор Сперри начал с того, что рассек мозолистое тело, соединяющее полушария мозга; после этого полушария уже не могли общаться между собой и делиться информацией о левой и правой стороне тела. Как правило, обратная связь при этом исчезала, и припадки прекращались.

Поначалу пациенты с разделенным мозгом казались совершенно нормальными. Они были внимательны и могли поддерживать разговор, как если бы ничего не произошло. Но тщательное обследование показало, что кое в чем они серьезно отличались от остальных людей.

В обычных условиях мысли свободно путешествуют из полушария в полушарие, а сами они дополняют друг друга. Левое полушарие склонно к логическому анализу. Именно в нем базируются речевые навыки; правое полушарие склонно к холистике[4] и артистизму. Но, как правило, левое полушарие доминирует и принимает окончательные решения. Команды проходят из левого полушария в правое через мозолистое тело. Но, если эта связь разорвана, правое полушарие освобождается из-под диктата левого. Возможно, правое полушарие может обладать собственной волей, действующей вопреки желаниям доминирующего левого полушария.

Короче говоря, внутри одного черепа могут существовать две отдельные воли, иногда конкурирующие за контроль над телом. Возникает

жутковатая ситуация, когда левая рука (под управлением правого полушария) начинает действовать независимо от желаний владельца, как чужая.

В одном случае, к примеру, мужчина собирался обнять жену, но если одна его рука выполнила этот приказ, то у другой оказались совершенно иные намерения. Она нанесла женщине удар в лицо. Еще одна женщина сообщала, что, когда она хочет взять, например, платье, ее вторая рука тянется к какой-то другой вещи. У одного мужчины даже возникла настоящая фобия: он боялся спать по ночам, опасаясь, что непослушная рука задушит его.

Временами людям с разделенным разумом кажется, что они живут внутри мультика, где по сюжету одна рука старается взять под контроль другую. Врачи иногда называют это явление синдромом доктора Стрэнджлава — из-за сцены в старом кинофильме, где руки устраивают целое сражение между собой.

После тщательного исследования пациентов с разделенным мозгом доктор Сперри пришел к выводу, что, действительно, в одном мозге могут существовать два отдельных разума. Он писал, что каждое полушарие «в самом деле, является самостоятельной системой сознания, способной воспринимать внешние сигналы, думать, вспоминать, рассуждать, хотеть и чувствовать, и все на вполне человеческом уровне, и… оба полушария могут мыслить одновременно, испытывая разные, даже конфликтующие между собой, ментальные переживания, которые развиваются параллельно».

Когда я беседовал с доктором Майклом Газзанигой из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, известнейшим специалистом в области разделенного разума, то задал ему вопрос: как можно проверить эту теорию? Оказалось, что существует несколько способов связываться с каждым полушарием, при которых второе полушарие не получит никакой информации. Можно, к примеру, надеть на испытуемого специальные очки, при помощи которых написанные вопросы можно показывать каждому глазу в отдельности, так что направить вопросы отдельно в каждое полушарие совсем несложно. Гораздо сложнее получить от них независимые ответы. Поскольку правое полушарие не умеет разговаривать (центр речи есть только в левом полушарии), получить ответы от него трудно. Чтобы выяснить, что «думает» правое полушарие, рассказал мне доктор Газзанига, он провел эксперимент, в ходе которого правое (немое) полушарие могло «говорить» при помощи буковок из детской игры.

Для начала он спросил у левого полушария пациента, что тот собирается делать после окончания учебы. Пациент ответил, что хочет стать конструктором. Однако, когда тот же вопрос был задан правому полушарию, все стало намного интереснее. Правое полушарие выложило буковками «автомобильный гонщик». Втайне от доминирующего левого полушария правое вынашивало совершенно другие планы на будущее. Оно в буквальном смысле обладало собственным мнением и сознанием.

Рита Картер пишет: «Возможные последствия этого уму непостижимы. Получается, что каждый из нас, возможно, носит в своем черепе безгласного узника с собственной личностью, амбициями и сознанием, отличными от той сущности, какой мы себя считаем».

Может быть, в известном высказывании о том, что «внутри нас скрывается другая личность, рвущаяся на волю», есть своя правда. Это означало бы, что два полушария могут различаться даже в вопросах веры. Так, невролог Рамачандран описывает одного пациента с разделенным мозгом, который на вопрос о вере отвечал, что он атеист, но правое полушарие заявило, что он верующий. Очевидно, два различных отношения к вере и религии вполне уживаются в пределах одного мозга. Рамачандран продолжает: «Если этот человек умрет, что с ним будет? Неужели одно полушарие попадет в рай, а другое отправится в ад? Я не знаю, как ответить на этот вопрос».

(Исходя из этого, можно предположить, что человек с расщеплением личности может быть одновременно республиканцем и демократом. Если спросить, за кого он будет голосовать, он назовет кандидата от левого полушария, ведь правое не умеет разговаривать. А вот при заполнении бюллетеня результат, вероятно, будет зависеть от того, какой рукой человек будет писать.)

Кто главный?

Доктор Дэвид Иглмен, нейробиолог из Бэйлорского медицинского колледжа, потратил немало времени и сил на исследования проблемы подсознания. Во время интервью я задал ему вопрос: если большая часть наших мыслительных процессов происходит в подсознании, то почему мы пребываем в неведении относительного этого немаловажного факта? Он привел мне в пример юного короля, который наследует трон и считает, что все в королевстве происходит по его воле, но при этом не имеет понятия о тысячах слуг, солдат и крестьян, необходимых для поддержки трона и

обеспечения его устойчивости.

Мы принимаем решения, выбирая политиков, супруга, друзей и будущую профессию, и не замечаем, что в каждом случае выбор обусловлен вещами, которых мы не замечаем на сознательном уровне. (Странно, к примеру, говорит он, что «люди по имени Дэннис или Дениза с непропорционально большой вероятностью становятся дантистами, Лора или Лоренс — юристами[5], Георгий или Георгина — геологами».) Это означает, то, что мы считаем «реальностью», — всего лишь аппроксимация, при помощи которой мозг заполняет пробелы. Каждый из нас видит реальность немного иначе, чем окружающие, чуть-чуть по-своему. К примеру, Иглмен указывает, что «по крайней мере 15 % женщин несут в себе генетическую мутацию, которая дает им дополнительный (четвертый) тип цветовых фоторецепторов, и это позволяет им различать цвета, которые всем остальным, т. е. обладателям всего лишь трех типов рецепторов, кажутся одинаковыми».

Очевидно, чем больше мы узнаем о механике мышления, тем больше возникает вопросов. Что происходит в командном центре сознания при конфликте с мятежным теневым центром? Вообще, что мы подразумеваем под «сознанием», если его можно разделить надвое? И в каких отношениях между собой находятся разум, сознание и «Я»?

Если мы сможем ответить на эти и другие сложные вопросы, то, вполне возможно, это станет началом пути к пониманию нечеловеческого сознания, сознания роботов и гипотетических пришельцев-инопланетян, к примеру, которые могут оказаться совершенно не похожими на наше сознание.

Давайте попробуем предложить ясный ответ на этот обманчиво сложный вопрос: что такое сознание?

2. Сознание с точки зрения физика

Разум человека способен на все… потому что все уже есть в нем: и прошлое, и будущее.

Джозеф Конрад

Сознание может даже самого требовательного мыслителя довести до бессвязной болтовни.

Колин Макгинн

Концепция сознания столетиями занимала философов, но упорно не поддавалась — и до сих пор не поддается, надо сказать — простому определению. Философ Дэвид Чалмерс собрал данные более чем о 20 000 работ, посвященных этой теме; ни в одной другой области усилия столь многих ученых не давали на выходе столь мало общего, т. е. принятых всеми утверждений. Философ Готфрид Лейбниц, живший в XVII в., однажды написал: «Если бы можно было раздуть мозг до размеров мельницы, обойти все внутри и осмотреть, то все равно сознания бы там не обнаружилось».

Некоторые сомневаются, что теория сознания вообще имеет право на жизнь. Они утверждают, что сознание невозможно объяснить, поскольку никакой объект не в состоянии понять самого себя; таким образом, нашего запала не хватает даже на решение одного этого трудного вопроса. Психолог из Гарварда Стивен Пинкер пишет: «Мы не можем видеть ультрафиолетовый свет. Мы не можем мысленно повернуть объект в четвертом измерении. Не исключено, что мы не можем также решать ребусы вроде свободы воли или духовной жизни».

Более того, на протяжении большей части XX в. одной из доминирующих психологических теорий был бихевиоризм, вообще отрицавший значение сознания. Бихевиоризм основан на идее о том, что изучения достойно лишь объективное поведение животных и людей, а не субъективные, внутренние состояния разума.

Некоторые ученые отчаялись дать определение сознания и занимаются тем, что пытаются просто описать его. Психиатр Джулио Тонони сказал: «Каждый знает, что такое сознание: это то, что покидает тебя каждую ночь, когда ты засыпаешь без сновидений, и возвращается утром, когда ты

просыпаешься».

Природа сознания на протяжении веков являлась предметом обсуждений и споров, но выводов сделано на удивление мало. Помня, что именно физики создали большую часть тех устройств, которые позволили ученым добиться взрывного развития науки о мозге, нам, может быть, стоит последовать примеру физиков и в другом: еще раз рассмотреть этот древний вопрос.

Как физики понимают Вселенную

Когда физик пытается в чем-то разобраться, он первым делом собирает данные, а затем предлагает «модель» — упрощенный вариант изучаемого объекта, отражающий его основные черты. В физике модель описывается набором параметров (к примеру, это могут быть температура, энергия, время). Затем физик при помощи этой модели предсказывает (моделирует) будущее развитие объекта. Крупнейшие суперкомпьютеры мира используются именно для моделирования развития систем, которые могут описывать протоны, ядерные взаимодействия, погодные явления, Большой взрыв и поведение черных дыр. После многочисленных расчетов и экспериментов на модели вы создаете новую, лучшую модель с более хитроумными параметрами и вновь запускаете процесс моделирования во времени, уже с использованием этой модели.

К примеру, Исаак Ньютон, пытаясь разобраться с движением Луны, создал простую модель, которой со временем суждено было изменить ход человеческой истории: он представил, что бросает яблоко. Чем быстрее движется яблоко, рассуждал он, тем дальше оно улетит. Более того, если бы можно было бросить яблоко достаточно быстро, оно полностью обогнуло земной шар и даже вернулось в ту же точку. Получается, утверждал Ньютон, что эта модель представляет путь Луны; следовательно, силы, управляющие летящим вокруг Земли яблоком, идентичны силам, управляющим движением Луны.

Но сама по себе эта модель оставалась бесполезной. Ключевой рывок был сделан, когда Ньютон сумел при помощи своей теории смоделировать будущее, т. е. научился рассчитывать положение движущихся объектов. Для решения этой сложной задачи ему пришлось придумать совершенно новую область математики, получившую название интегрального исчисления. При помощи этой математики Ньютон смог предсказать будущую траекторию не только Луны, но и кометы Галлея и других планет. С тех пор ученые

используют законы Ньютона для расчета траекторий самых разных движущихся предметов — от пушечных ядер, автомобилей и ракет до астероидов и метеоров, а также до звезд и галактик.

Степень достоверности модели зависит от того, насколько точно она воспроизводит основные характеристики оригинальной системы. В данном случае основным параметром было положение яблока и Луны в пространстве и времени. Разрешив этому параметру меняться (т. е. запустив поступательное движение времени), Ньютон смог наблюдать движение тел в развитии, что стало одним из наиболее значительных открытий в истории физики.

Любая модель полезна до тех пор, пока ее не сменит новая, еще более точная модель, лучше отражающая параметры системы. Эйнштейн предложил вместо ньютоновой модели сил, действующих на яблоко и Луну, собственную модель, основанную на новом параметре — кривизне пространства-времени. Яблоко в его модели движется не потому, что Земля действует на него силой притяжения, а потому, что Земля растягивает ткань пространства и времени, а яблоко просто движется вдоль поверхности этого искривленного пространства-времени. Исходя из этого, Эйнштейн моделировал будущее Вселенной. Сегодня ученые, имея в своем распоряжении мощные компьютеры, могут просчитывать эту модель далеко в будущее и получать величественные картины столкновения черных дыр.

Попробуем включить эту базовую стратегию в новую теорию сознания.

Определение сознания

Я собрал существующие в области неврологии и биологии описания сознания и попытался сформулировать собственное определение. Получилось вот что:

> **«Сознание есть процесс создания модели мира с использованием множества обратных связей по различным параметрам (к примеру, по температуре, положению в пространстве, времени и отношению к окружающим) с целью достижения определенных целей (к примеру, поиска пары, пищи, убежища)».**

Я называю это «пространственно-временно́й теорией сознания»,

поскольку в данном определении подчеркивается мысль о том, что животные создают модель мира в основном по отношению к пространству и сородичам, тогда как человек идет дальше и разворачивает свою модель мира во времени, причем как вперед, так и назад.

Так, минимальный, самый низкий уровень сознания — уровень 0 — возникает в том случае, когда организм неподвижен или обладает ограниченной подвижностью и создает модель места своего обитания с использованием обратных связей всего по нескольким параметрам (к примеру, по температуре). В качестве примера простейшего уровня сознания можно привести термостат, который автоматически, без посторонней помощи, включает кондиционер или обогреватель, помогающий поддерживать в комнате заданную температуру. Основная его черта — петля обратной связи, которая включает нужный прибор, если в комнате становится слишком жарко или слишком холодно. (Известно, что металлы при нагревании расширяются, так что термостат может что-то включать, если длина некой металлической полоски станет больше определенной величины.)

Каждая петля обратной связи регистрирует «одну единицу сознания». Упомянутый выше термостат имел бы одну единицу сознания нулевого уровня, или уровень 0:1.

Таким способом мы можем описать любое сознание, отталкиваясь от количества и сложности контуров обратной связи, используемых при построении модели мира. В этом случае сознание — уже не туманный набор неопределенных концепций, образующих замкнутый круг, а иерархическая система, которую можно оценить численно. К примеру, у бактерии или цветка намного больше обратных связей, поэтому они обладают более развитым сознанием уровня 0. Так, цветок с десятью обратными связями (реагирующий на температуру, влажность, солнечный свет, тяготение и т. д.) имел бы уровень сознания 0:10.

Подвижные организмы с центральной нервной системой обладают сознанием уровня I. Их сознание включает дополнительный набор параметров, позволяющий отслеживать текущее положение в пространстве. Пример сознания уровня I — пресмыкающиеся. У рептилий так много контуров обратной связи, что для управления им пришлось сформировать центральную нервную систему. Мозг пресмыкающегося содержит ориентировочно сотню или немного больше петель обратной связи (отвечающих за обоняние, равновесие, осязание, слух, зрение, кровяное давление и т. д., причем каждая из них тоже содержит внутренние обратные связи). К примеру, в зрительном восприятии задействовано достаточно

много обратных связей — ведь глаз способен распознавать цвет, движение, форму, интенсивность света и тени. Точно так же и другие чувства рептилии, например слух или вкус, нуждаются в дополнительных обратных связях. В совокупности все эти обратные связи формируют ментальную картину мира и положение в нем самой рептилии, а также других животных (к примеру, добычи). Кстати, и у человека сознание уровня I управляется по большей части рептильным мозгом, расположенным в центральной и задней части головы.

Далее мы имеем сознание уровня II, где организм создает модель своего положения не только в пространстве, но и по отношению к сородичам (речь идет о социальных животных, обладающих эмоциями). Число обратных связей в сознании уровня II увеличивается экспоненциально, так что полезно ввести для этого типа сознания новую количественную (численную) классификацию. Поиск союзников, распознавание врагов, служение альфа-самцу и пр. — все это очень сложные поведенческие схемы, для реализации которых необходим весьма развитый мозг. Появление сознания уровня II совпадает с формированием новых структур мозга в форме лимбической системы. Как уже отмечалось, в лимбическую систему входят гипоталамус (отвечающий за память), мозжечковая миндалина (отвечает за эмоции) и таламус (руководит сенсорной информацией), и везде обрабатываются новые параметры для моделирования отношений с сородичами. Таким образом, число и тип обратных связей изменяются.

Мы определяем развитость сознания уровня II как полное число отдельных обратных связей, необходимых животному для социального взаимодействия с членами своей группы. К несчастью, исследований сознания животных крайне мало, и далеко не все способы социальных коммуникаций в группе известны и учтены. Но для грубой оценки мы можем судить о развитости сознания уровня II, сосчитав число сородичей в группе или племени и добавив к этому полный список способов эмоционального взаимодействия между животными. В этом списке должно присутствовать и распознавание друзей и соперников, и формирование дружеских связей, и оказание взаимных услуг, взаимоподдержка, понимание собственного статуса и социального положения других особей, уважение к статусу особей высокого ранга, демонстрация силы нижестоящим, интриги с целью подняться по социальной лестнице и т. п. (Мы исключаем насекомых из перечня существ с сознанием уровня II, потому что, несмотря на сложную социальную организацию роя или семьи, эмоции у них, насколько мы можем судить, отсутствуют.)

Несмотря на недостаток эмпирических исследований поведения животных, мы можем очень грубо оценить численно сознание уровня II, перечислив эмоции и варианты социального поведения конкретных животных. К примеру, если стая волков состоит из десяти особей и каждый волк взаимодействует с каждым из остальных пятнадцатью различными способами, т. е. с пятнадцатью разными эмоциями и вариантами поведения, то уровень его сознания в первом приближении задается произведением того и другого и равен 150. Иными словами, уровень сознания волка II: 150. Это число учитывает и количество других животных, с которыми волку приходится иметь дело, и количество способов коммуникации, принятых у волков. Итоговое число — всего лишь приближенная оценка полного числа социальных взаимодействий, которые может продемонстрировать данное животное; оно, несомненно, будет меняться по мере того, как мы будем больше узнавать о поведении волков.

(Разумеется, эволюция не бывает четкой, ясной и однозначной, поэтому существуют отклонения, которые нам придется как-то объяснять; к таким загадкам можно отнести, к примеру, уровень сознания у социальных животных, которые охотятся в одиночку[6].)

Сознание уровня III: моделирование будущего

Обозначив таким образом рамки сознания, мы видим, что человечество не уникально. Сознаний множество. Как заметил однажды Чарльз Дарвин, «разница между человеком и высшими животными, хотя и велика, заключается скорее в степени, нежели в характере». Но что отличает человеческое сознание от сознания животных? Человек единственный в царстве животных понимает концепцию «завтра». В отличие от животных, мы постоянно задаемся вопросом «А что, если…?», рассматривая при этом будущее на недели, месяцы и даже годы вперед. Я считаю, что сознание уровня III создает модель своего места в мире, а затем запускает моделирование в будущее, опираясь на более или менее грубые предположения. Коротко об этом можно сказать так:

> **«Человеческое сознание есть специфическая форма сознания, создающая модель мира и затем моделирующая его поведение во времени, оценивая прошлое и моделируя на его базе будущее. Это требует усреднения и оценки множества обратных связей с целью принятия решения и достижения**

цели».

Ко времени, когда мы достигаем сознания уровня III, в мозгу возникает так много обратных связей, что нам уже требуется генеральный директор, который просеивал бы информацию, необходимую для моделирования будущего, и принимал окончательное решение. Соответственно, наш мозг отличается от мозга других животных, особенно в плане сильно увеличенной префронтальной коры, которая позволяет нам «видеть» будущее.

Процитируем гарвардского психолога доктора Дэниела Гилберта: «Величайшее достижение человеческого мозга — его способность воображать объекты и эпизоды, не существующие в реальности, и именно эта способность позволяет ему думать о будущем. Как заметил один философ, человеческий мозг представляет собой «машину предвидения», и «сотворение будущего» — самое важное из того, что он делает».

При помощи методов сканирования мозга мы можем предположить, где именно в мозгу происходит моделирование будущего. Невролог Майкл Газзанига отмечает, что «область 10 (внутренний зернистый слой IV) в боковой части префронтальной коры у человека почти вдвое крупнее, чем у человекообразных обезьян. Область 10 связана с памятью и планированием, когнитивной гибкостью, абстрактным мышлением, активизацией подходящих схем поведения и торможением неподходящих, усвоением правил и выбором нужной информации из всей массы поступающих от органов чувств данных». (В этой книге мы будем называть эту область, где в основном сосредоточено принятие решений, дорсолатеральной, т. е. верхнебоковой, префронтальной корой, хотя на самом деле это понятие частично захватывает и другие области мозга.)

Хотя некоторые животные, судя по всему, хорошо определяют свое положение в пространстве и отчасти осознают себя в отношениях с сородичами, остается неясным, могут ли они планировать будущее и имеют ли какое-то представление о «завтра». Большинство животных — даже социальных животных с хорошо развитой лимбической системой — реагируют на ситуации (к примеру, на присутствие рядом хищников или потенциальных партнеров), полагаясь в основном на инстинкт, вместо того чтобы планировать свое будущее.

Так, млекопитающие не планируют зимнюю спячку и не готовятся к ней осознанно, но, когда температура начинает падать, просто следуют инстинкту. Их спячка регулируется соответствующей петлей обратной связи, а сознание ориентируется в основном на сообщения органов чувств.

Нет никаких свидетельств, что они, готовясь к зиме, систематически перебирают различные схемы и варианты. Хищники, применяющие хитрость и маскировку для охоты, предвидят будущие события, но это планирование ограничивается только инстинктом и временем охоты. Приматы прекрасно интригуют и строят краткосрочные планы (к примеру, по поиску пищи), но нет никаких указаний на то, что они планируют больше чем на несколько часов вперед.

Человек — дело другое. Хотя во многих ситуациях мы полагаемся на инстинкт и эмоции, мы постоянно анализируем и оцениваем информацию, поступающую по множеству петель обратной связи. При этом моделируем будущие события, иногда даже на тысячи лет вперед. Смысл моделирования в том, чтобы оценить варианты и выбрать наилучшее решение для достижения цели. Все это происходит в префронтальной коре головного мозга, которая и позволяет нам моделировать будущее и оценивать свои возможности, чтобы проложить наилучший путь к цели.

Этот навык был выработан в ходе эволюции по нескольким причинам. Во-первых, способность заглянуть в будущее несет с собой громадные эволюционные преимущества, помогает избегать встречи с хищниками, находить пищу и пару. Во-вторых, она позволяет рассмотреть несколько вариантов будущего и выбрать наилучший из них.

В-третьих, число обратных связей с переходом от уровня I к уровням II и III растет экспоненциально (т. е. наблюдается практически взрывной рост), поэтому для оценки всех этих противоречивых конкурирующих посланий нам уже не обойтись без гендиректора. Одного инстинкта для оценки каждой из множества обратных связей недостаточно, нужен единый управляющий центр. Именно он отличает человеческое сознание от сознания животных. При оценке обратных связей мы моделируем их в будущее, изучаем результаты и выбираем лучший. Если бы не единый центр, мы столкнулись бы с сенсорной перегрузкой, а в мозгу воцарился хаос.

Все это можно продемонстрировать при помощи простого эксперимента. Дэвид Иглмен описывает, что произойдет, если взять самца рыбки колюшки и запустить на его территорию самку. Самец не понимает, что происходит: ему хочется и спариться с самкой, и защитить свою территорию. В результате он нападает на самку и одновременно начинает ритуал ухаживания. Самец впадает в неистовство: он пытается разом и поухаживать за самкой, и убить ее.

То же работает и с мышами. Поставим электрод перед кусочком сыра. Если мышь подойдет слишком близко к сыру, ее ударит током. Один контур

обратной связи командует мыши съесть сыр, а другой рекомендует держаться подальше, чтобы избежать удара током. Отрегулировав положение электрода, можно добиться того, чтобы мышь металась из стороны в сторону, разрываясь между двумя противоречивыми командами, поступающими от различных обратных связей. Там, где у человека в мозгу включается гендиректор, способный в каждой ситуации оценить все за и против, мышь, управляемая двумя конфликтующими сигналами, мечется взад-вперед. (Получается как в притче о Буридановом осле, который умер от голода между двумя одинаковыми кормушками.)

Но как именно мозг моделирует будущее? На человеческий мозг постоянно обрушивается лавина сенсорной и эмоциональной информации. Но главное здесь — смоделировать будущее, установив причинно-следственные связи между событиями, т. е., если произойдет A, произойдет и B. А если произойдет B, то могут случиться C и D. Любое решение запускает целую цепочку событий, постепенно выстраивая дерево возможных вариантов будущего со множеством ветвей. Гендиректор в префронтальной коре оценивает результат каждого варианта и выбирает лучший, чтобы принять окончательное решение.

Предположим, вы хотите ограбить банк. Сколько реалистичных вариантов события вы сможете придумать? Для этого придется перебрать всевозможные причинно-следственные цепочки с участием полиции, уличных зевак, систем сигнализации, просчитать отношения с подельниками, дорожные условия, вмешательство прокуратуры и т. п. Чтобы успешно смоделировать ограбление, вам придется оценить, возможно, несколько сотен причинно-следственных связей.

Этот уровень сознания тоже можно оценить численно. Скажем, человеку показывают серию различных ситуаций вроде вышеописанной и просят смоделировать будущее каждой из них. Суммарное число причинно-следственных связей, которые он сумеет установить во всех представленных ситуациях, можно подсчитать и занести в таблицу. (Единственная проблема — то, что для некоторых ситуаций человек может придумать неограниченное число причинно-следственных связей. Чтобы обойти эту сложность, разделим это число на среднее число связей, полученных от большой контрольной группы, и, как при подсчете результатов теста на интеллект, умножим на 100. Таким образом получим, что данный человек обладает сознанием уровня III: 100; это будет означать, что он способен моделировать будущие события в точности как средний представитель человечества.)

Обобщим рассмотренные уровни сознания:

УРОВНИ СОЗНАНИЯ У РАЗНЫХ ВИДОВ

УРОВЕНЬ	ВИД	ПАРАМЕТР	СТРУКТУРА МОЗГА
0	Растения	Температура, освещенность	—
I	Пресмыкающиеся	Пространство	Мозговой ствол
II	Млекопитающие	Социальные отношения	Лимбическая система
III	Люди	Время (особ. будущее)	Префронтальная кора

Пространственно-временная теория сознания. Мы определяем сознание как процесс создания модели мира с использованием множественных обратных связей по различным параметрам (к примеру, по положению в пространстве, времени, отношениям с сородичами) ради достижения цели. Человеческое сознание — особый тип, предусматривающий посредничество между обратными связями при помощи оценки прошлого и моделирования будущего.

(Обратите внимание на то, что перечисленные категории совпадают с примерными этапами эволюции в природе: к примеру, с рептилиями, млекопитающими и людьми. Но есть и серые зоны — животные, обладающие, возможно, отдельными признаками разных уровней сознания; животные, у которых наблюдается некоторое рудиментарное планирование; или даже одноклеточные организмы, способные общаться друг с другом. Эта таблица призвана всего лишь дать более широкую картину того, как организовано сознание в животном мире.)

Что такое юмор? Зачем нам эмоции?

Каждая уважающая себя теория должна быть фальсифицируемой. В случае пространственно-временной теории сознания сложность заключается в том, чтобы объяснить с этой позиции *все* аспекты человеческого сознания. Критик мог бы сказать, что чувство юмора слишком умозрительно и эфемерно и не поддается подобному объяснению. Мы тратим много времени на веселье с друзьями, смеемся над комедиями, и юмор, кажется, не имеет никакого отношения к моделированию будущего. Но подумайте вот о чем. Чаще всего смысл шутки или, к

примеру, анекдота полностью зависит от последней фразы.

Слыша шутку, мы невольно моделируем описанную в ней ситуацию в будущее и мысленно завершаем историю (даже если сами этого не сознаем). Мы достаточно много знаем о физическом и социальном мире, чтобы предсказать концовку, и потому радостно смеемся, когда последняя фраза меняет ситуацию и предлагает совершенно неожиданное завершение. Нам смешно, когда наша модель будущего внезапно рушится и оборачивается чем-то иным. (Это сыграло важную роль в эволюции, поскольку успех отчасти зависит от нашей способности правильно моделировать будущие события. Жизнь в джунглях полна неожиданностей, поэтому всякий, кто может предвидеть нестандартный оборот событий, имеет бóльшие шансы на выживание. Таким образом, развитое чувство юмора может служить еще одним указанием на то, что мы умны и обладаем сознанием уровня III, т. е. способны моделировать будущее.)

Представим, к примеру, ситуацию, когда человек на вопрос «Как жизнь?» отвечает: «Бьет ключом. И все по голове». Смысл шутки заключается в том, что слушатель мысленно моделирует ситуацию, определяемую фразой «бьет ключом» (т. е. представляет радостное оживление), а отвечающий имеет в виду другую ситуацию, где ключ (вполне материальный, видимо) выступает скорее как ударный инструмент. (Конечно, если разложить все «по полочкам», любая шутка потеряет свой шарм, поскольку мы успеем смоделировать не один, а несколько вариантов.)

Этим, кстати, объясняется правило, известное любому юмористу: ключ к юмору — точный расчет времени. Если ударную реплику произнести слишком рано, то мозг не успеет смоделировать будущее и ощущения неожиданности не возникнет. Если произнести ее слишком поздно, то мозг успеет просчитать несколько вариантов и эффект неожиданности снова пропадет.

(Разумеется, у юмора есть и другие функции, такие как чувство единения с сородичами. Мало того, при помощи чувства юмора мы проводим своего рода оценку характера окружающих, что, в свою очередь, важно для определения нашего статуса в обществе. Так что смех, помимо всего, помогает определить положение человека в обществе ему подобных, т. е. здесь действует сознание уровня II.)

Почему мы сплетничаем и балуемся?

С этой позиции необходимо объяснить все, даже такие тривиальные на первый взгляд занятия, как сплетни или валяние дурака с приятелями. (Если бы какой-нибудь марсианин, оказавшись случайно на Земле, взял бы на себя труд познакомиться с громадным разнообразием желтой прессы, он, вероятно, пришел бы к выводу, что основное занятие землян — сплетни. И это наблюдение, кстати говоря, было бы не слишком далеко от истины.)

Сплетни необходимы для выживания, поскольку сложная структура социальных взаимоотношений постоянно меняется и нам приходится следить за событиями, чтобы быть в курсе дел и не оторваться от жизни. Социальный ландшафт слишком изменчив, и работает здесь сознание уровня II. Но стоит услышать какую-нибудь занятную сплетню, как мы начинаем строить модели и пытаемся определить, как данное событие повлияет на наше положение в сообществе, т. е. инициативу перехватывает сознание уровня III. Более того, в древности сплетни и слухи были *единственным* способом получения жизненно важной информации о своем племени. Нередко сама жизнь зависела от того, знает ли человек последние слухи.

Такое поверхностное занятие, как игра, тоже является важной чертой сознания. Если спросить у детей, почему им нравится играть, они, скорее всего, ответят: «Потому что это интересно». Но возникает следующий вопрос: что значит интересно? На самом деле дети, играя, часто пытаются воспроизводить в упрощенной форме человеческие отношения. Человеческое общество чрезвычайно сложно устроено и слишком запутано для формирующегося детского ума, поэтому дети пользуются упрощенными моделями взрослого общества и играют во врачей, в школу, в полицейских и воров. Всякая игра — модель, позволяющая детям экспериментировать с крохотным сегментом взрослого общества и поведения; в игре они учатся моделировать будущее. (Так же и взрослые, садясь играть, к примеру, в покер, создают в мозгу модель распределения карт по игрокам и пытаются продолжить эту модель в будущее, добавляя в нее свои знания о личности человека, в частности о его способности или неумении блефовать. Игра в шахматы или карты, как и другие азартные игры, требует способности моделировать будущее. Животные, живущие почти исключительно в настоящем, играют значительно хуже людей, особенно если в игре требуется какое-либо планирование. Детеныши млекопитающих любят играть, но делают это больше для физического развития или пробы сил; они тренируются перед будущими схватками и заранее выясняют, кому принадлежит первенство, а не моделируют

будущее.)

Моя пространственно-временная теория сознания могла бы пролить свет еще на одну весьма противоречивую тему: тему разума. Говорят, что IQ-тесты позволяют измерить интеллект, но, если разобраться, ни один IQ-тест не говорит о том, что такое интеллект. Циник мог бы сказать (и был бы отчасти прав), что коэффициент интеллекта — это мера того, «насколько хорошо ты справился с IQ-тестом». Возникает замкнутый круг. Кроме того, тесты на интеллект много критиковали за то, что они слишком плотно вписаны в культурный контекст. Однако в нашей новой парадигме интеллект следует определять по сложности и полноте доступного индивиду моделирования будущего. Поэтому опытный преступник, не закончивший школу, может в определенных вещах дать фору полиции. Чтобы перехитрить полицию, ему достаточно в каких-то обстоятельствах уметь точнее моделировать будущее.

Уровень I: поток сознания

Человек — вероятно, единственный из обитателей нашей планеты, кто способен действовать на всех уровнях сознания. Аппараты МРТ помогут разобраться, какие структуры мозга задействованы на каждом уровне.

Для нас поток сознания уровня I представляет собой в основном обмен сигналами между префронтальной корой и таламусом. Прогуливаясь не спеша в парке, мы обращаем внимание на аромат растений, ощущение легкого ветерка на коже, блеск солнца на воде и т. п. Наши органы чувств посылают сигналы в спинной мозг, в мозговой ствол и далее в таламус, который исполняет роль коммутатора и ретранслятора, сортируя раздражители и рассылая их различным отделам коры. Визуальные образы парка, к примеру, направляются в затылочную область коры головного мозга, а тактильные ощущения от ветерка — в теменную долю. После обработки в соответствующих отделах коры сигналы направляются в префронтальную кору, где мы, наконец, осознаем все эти ощущения.

Рисунок 7 иллюстрирует сказанное.

Уровень II: определяем свое место в обществе

Если сознание на уровне I строит модель нашего положения в пространстве на основе физических ощущений, то сознание уровня II создает модель нашего места в обществе.

Представим, что мы направляемся на важную вечеринку, где будут люди, с которым нам необходимо поддерживать хорошие отношения. Пока мы осматриваемся, пытаясь отыскать коллег, между гиппокампом (где обрабатывается память), мозжечковой миндалиной (где обрабатываются эмоции) и префронтальной корой (которая собирает информацию воедино) происходит интенсивный обмен информацией.

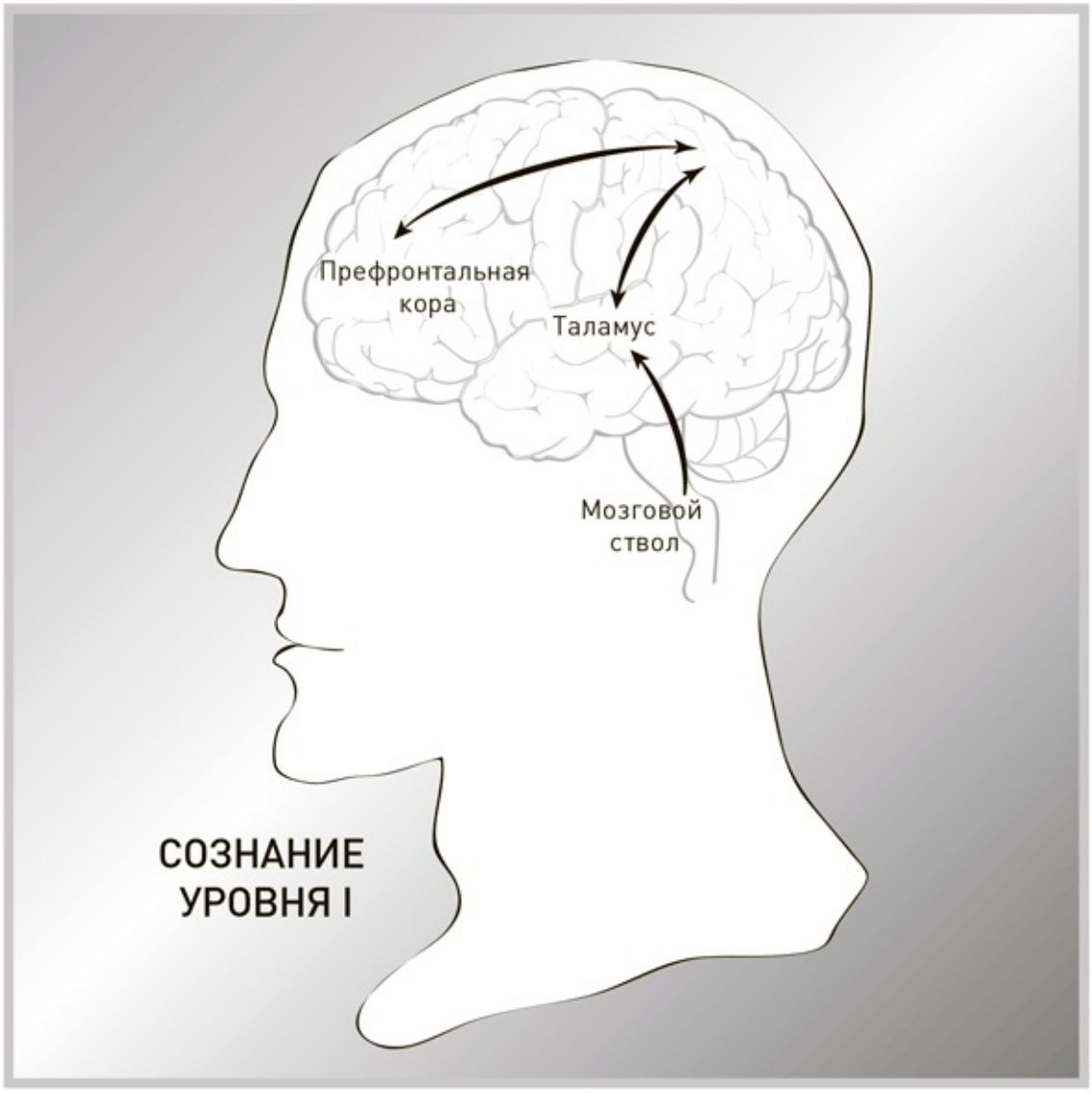

Рис. 7. На уровне I сенсорная информация проходит через мозговой ствол и таламус в разные области коры головного мозга, а оттуда — в префронтальную кору. Таким образом, поток сознания уровня I создается потоком информации из таламуса в префронтальную кору

К каждому зрительному образу мозг автоматически прикрепляет

какую-нибудь эмоцию — радость, страх, гнев или ревность — и обрабатывает эту эмоцию в мозжечковой миндалине.

Если вы увидите в толпе своего врага, от которого ожидаете ножа в спину, то новая эмоция — страх — будет обработана в мозжечковой миндалине, которая пошлет срочное сообщение в префронтальную кору, предупреждая о возможной опасности. Одновременно с этим эндокринной системе будет направлена команда начать подачу в кровь адреналина и других гормонов, повышая таким образом частоту сердечных сокращений и подготавливая вас к возможной реакции типа «дерись или беги».

Рисунок 8 иллюстрирует сказанное.

Но помимо умения узнавать других людей мозг обладает загадочной способностью угадывать, о чем эти люди думают. Эту способность реконструировать мысли сородичей доктор Дэвид Примак из Пенсильванского университета предложил назвать теорией разума[7], хотя правильнее, вероятно, говорить об этом явлении как о понимании чужого сознания. В любом сложном сообществе всякий, кто обладает способностью верно угадывать намерения, мотивы и планы других его членов, имеет громадное преимущество в плане выживания перед теми, кто такой способности не имеет. Понимание чужого сознания позволяет человеку формировать союзы с другими людьми, изолировать врагов и скреплять дружбу, что сильно повышает его возможности и шансы на жизнь и продолжение рода. Некоторые антропологи даже считают, что овладение способностью понимать чужое сознание стало одним из важнейших этапов эволюции мозга.

Но как реализуется понимание чужого сознания? Первое указание на механизм этого явления появилось в 1996 г., когда три доктора — Джакомо Риззолатти, Леонардо Фогасси и Витторио Галлезе — открыли так называемые *зеркальные нейроны*. Эти нейроны срабатывают не только тогда, когда вы выполняете определенное действие, но и когда это же действие выполняет кто-то другой. (Зеркальные нейроны реагируют как на физические действия, так и на эмоции. Они срабатывают, например, если вы испытываете какое-то чувство и считаете, что другой человек тоже испытывает это чувство.)

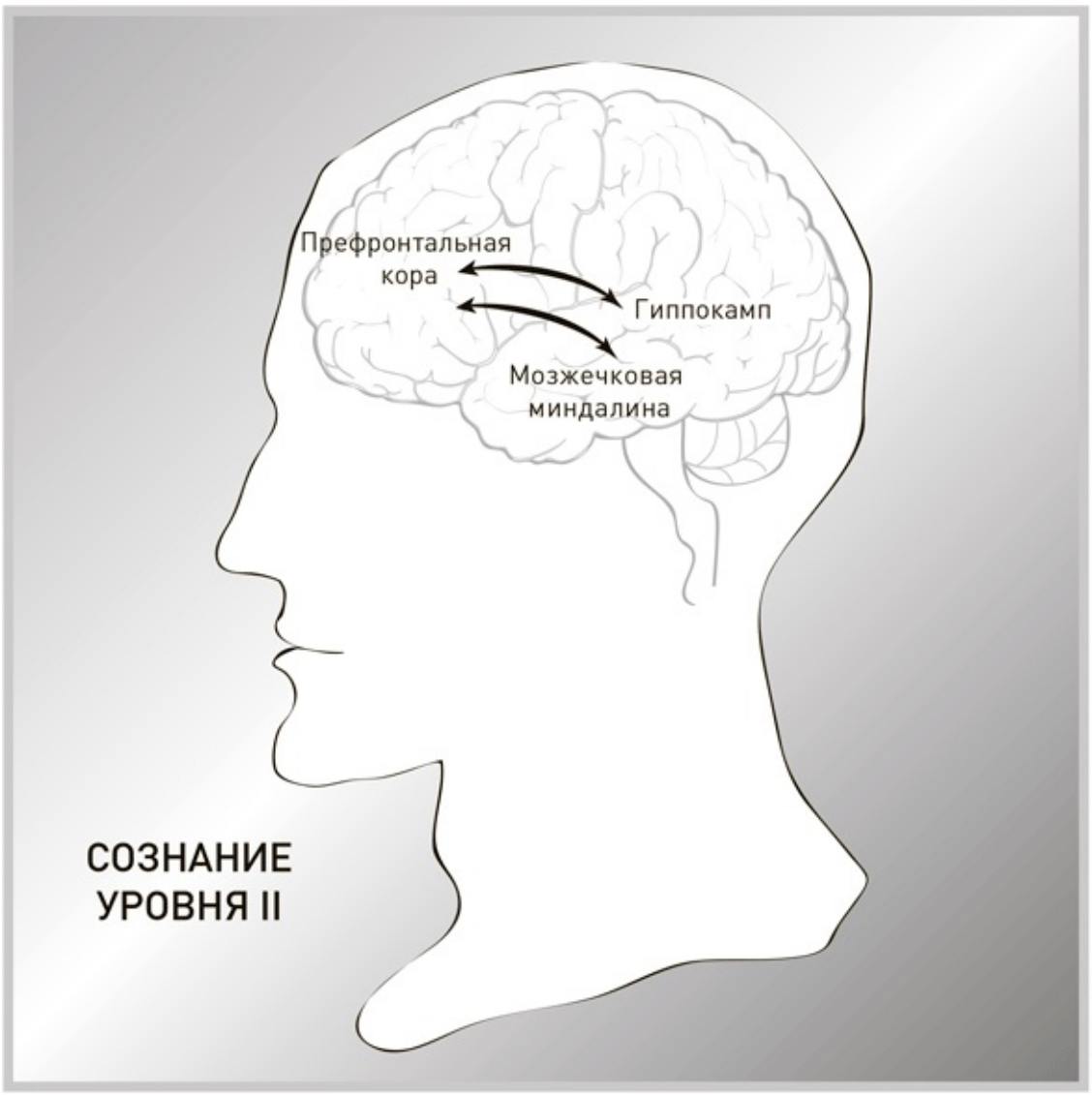

Рис. 8. Эмоции возникают и обрабатываются в лимбической системе. На уровне II нас постоянно бомбардирует сенсорная информация, но эмоции представляют собой мгновенный ответ на чрезвычайные обстоятельства, при которых не требуется разрешение префронтальной коры. Гиппокамп играет также важную роль в обработке воспоминаний. Таким образом, на уровне II в основном задействованы реакции мозжечковой миндалины, гиппокампа и префронтальной коры

Зеркальные нейроны необходимы для мимикрии, а также для эмпатии, поскольку дают возможность не только копировать сложные действия другого человека, но и испытывать эмоции, которые, судя по всему, в данный момент испытывает этот человек. Зеркальные нейроны, вероятно, сыграли принципиально важную роль в эволюции человека, поскольку для

сплочения племени необходимо сотрудничество.

Впервые зеркальные нейроны были обнаружены в премоторной зоне коры головного мозга обезьян. Но с тех пор они найдены и во многих других местах, в частности в префронтальной коре мозга человека. Доктор Рамачандран высказывает уверенность, что без зеркальных нейронов человек не обрел бы самосознания, и делает вывод: «Я предсказываю, что зеркальные нейроны сделают для психологии то же, что ДНК сделала для биологии: обеспечат общие рамки и помогут объяснить самые разные ментальные способности, которые прежде оставались загадкой и не поддавались экспериментальной проверке». (Следует указать, однако, что любые научные результаты следует проверять и перепроверять. Нет сомнений, что некоторые нейроны выполняют зеркальную функцию, без которой невозможны ни эмпатия, ни мимикрия, ни другие подобные явления, но пока не существует единого мнения о том, что представляют собой эти нейроны. К примеру, некоторые критики утверждают, что такое поведение может быть характерно для многих нейронов и что не существует единого класса нейронов, занятых подобными вещами.)

Уровень III: моделируя будущее

Высший уровень сознания, характерный в первую очередь для представителей вида *Homo sapiens*, — это уровень III, на котором мы формируем собственную модель окружающего мира и продолжаем ее в будущее. С этой целью анализируем свои воспоминания и моделируем будущее, сводя множество причинно-следственных связей в одно «причинно-следственное» дерево. Глядя на лица людей на пресловутой вечеринке, мы начинаем задавать себе простые вопросы: как может этот человек помочь мне? Чем могут повредить мне летающие по залу слухи? Не открыл ли кто-нибудь на меня «охоту»?

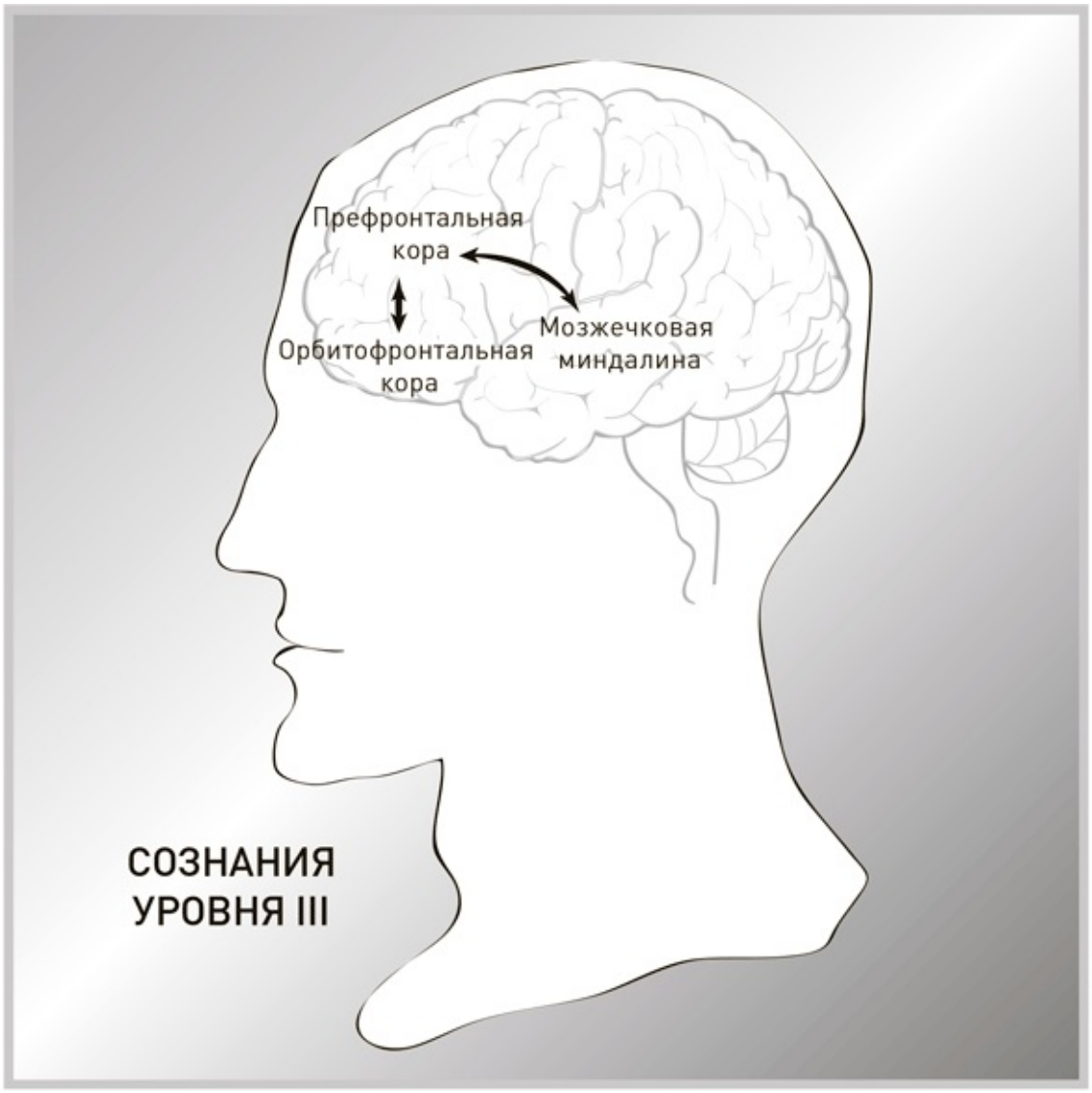

Рис. 9. Моделирование будущего, сердцевина уровня III, регулируется дорсолатеральной префронтальной корой — гендиректором мозга, за внимание которого конкурируют центр удовольствия и орбитофронтальная зона коры (помогающая сдерживать наши порывы). Это приблизительно похоже на то, как Фрейд описывал борьбу между совестью и желаниями. Реально моделирование будущего происходит в тот момент, когда префронтальная кора использует воспоминания, чтобы аппроксимировать будущие события

Представьте, что вы только что потеряли работу и отчаянно ищете новую. В этом случае, пока вы беседуете на вечеринке с гостями, ваш разум лихорадочно моделирует будущее с каждым из них. Подспудно вы рассчитываете: как произвести на этого человека хорошее впечатление?

Какие темы следует затронуть, чтобы проявить себя с лучшей стороны? Может ли он предложить мне работу?

Недавние исследования при помощи аппаратов сканирования мозга отчасти прояснили, как именно мозг моделирует будущее. Моделирование происходит преимущественно в дорсолатеральной зоне префронтальной коры с использованием знания о прошлом. С одной стороны, моделирование будущего может привести к желательным и приятным результатам, и тогда в мозгу возбуждаются центры удовольствия (в прилежащем ядре и гипоталамусе). С другой стороны, результаты могут оказаться небезупречными, и тогда в игру вступает орбитофронтальная зона коры, которая спешит предупредить нас о возможных опасностях. Таким образом, по поводу будущего, которое может принести как успех, так и неудачу, идет борьба между различными частями мозга. Роль посредника между ними берет на себя дорсолатеральная зона префронтальной коры, и там же принимается окончательное решение (рис. 9). (Некоторые неврологи указывают на то, что эта борьба немного напоминает процессы, идущие, по Фрейду, между эго, ид и супер-эго.)

Загадка самосознания

Если пространственно-временная теория сознания верна, то она, помимо прочего, дает нам строгое определение самосознания. Вместо неопределенных отсылок, образующих замкнутый круг, мы можем дать определение, которое будет проверяемым и полезным:

Самосознание — создание модели окружающего мира и моделирование будущего, в котором присутствуете и вы сами.

Из этого следует, что у животных тоже есть некоторое самосознание, поскольку любое животное, чтобы выжить и продолжить род, должно представлять, где находится, но самосознание животных в значительной мере ограничено инстинктом.

Большинство животных, оказавшись перед зеркалом, либо не обращает на него внимания, либо пытается напасть, не понимая, что это всего лишь отражение их самих. (Такое испытание называется «зеркальным тестом» и восходит еще к Дарвину.) Однако такие животные, как слоны, высшие приматы, дельфины-афалины, касатки, и даже обыкновенные сороки способны понять, что изображение в зеркале — это они сами.

Человек по отношению к животным сделал гигантский шаг вперед и непрерывно моделирует в голове будущее, главным действующим лицом в котором является он сам. Мы постоянно представляем себя в различных ситуациях — на свидании, на собеседовании, на другой работе, — ни одна из которых не регулируется инстинктом. Чрезвычайно сложно заставить мозг прекратить моделирование будущего, хотя для этого придумано немало хитрых методов (к примеру, медитация).

Такое «витание в облаках» представляет в основном мысленное проигрывание различных вариантов будущего, которые могут возникнуть при движении к цели. Все мы гордимся тем, что хорошо знаем собственные сильные и слабые стороны, поэтому нам не трудно поместить себя внутрь модели и нажать кнопку «play»; мы, как актеры виртуальной пьесы, раз за разом репетируем различные варианты сценария.

Где искать «Я»?

Существует, вероятно, особая часть мозга, задача которой — объединять сигналы от двух полушарий и формировать единое, цельное ощущение самости. Психолог Тодд Хизертон из Дартмутского колледжа считает, что эта область располагается в префронтальной коре — в средней, или медиальной, ее части. По мнению биолога Карла Циммера, «медиальная префронтальная кора, возможно, играет для самости ту же роль, что гиппокамп для памяти… может быть, именно она непрерывно поддерживает в нас ощущение того, кто мы есть». Иными словами, она может служить ключом к концепции «Я», той центральной зоне мозга, которая сплавляет воедино, объединяет и фабрикует единую историю о том, кто мы такие. (Это не означает, правда, что медиальная префронтальная кора — это пресловутый гомункулус, который сидит в мозгу и всем управляет.)

Если эта теория верна, то получается, что отдыхающий мозг, бесцельно витающий в облаках и размышляющий лениво о наших друзьях и о нас самих, должен быть более активным, чем мозг в нормальном состоянии, даже если остальные сенсорные области мозга спокойны. Надо сказать, что исследования это подтверждают. Доктор Хизертон делает вывод: «Большую часть времени мы витаем в облаках — думаем о том, что с нами произошло, или о других людях. И все это не обходится без саморефлексии».

Пространственно-временная теория утверждает, что сознание

сшивается «на живую нитку» из многих отделов мозга, каждый из которых конкурирует с остальными за создание модели окружающего мира; при этом, однако, мы ощущаем сознание как нечто цельное и непрерывное. Как такое может быть, если каждый из нас чувствует, что его «Я» никогда не прерывается и всегда контролирует ситуацию?

В предыдущей главе мы говорили о трудностях, с которыми сталкивается пациент после расщепления мозга; напомню: иногда ему приходится сражаться с собственной рукой, которая внезапно становится чужой и в буквальном смысле обзаводится собственным разумом. Судя по всему, внутри одного мозга действительно скрывается два центра сознания. Как же из всего этого возникает знакомое каждому из нас чувство единого цельного «Я»?

Я задал такой вопрос человеку, знающему об этом больше других, — доктору Майклу Газзаниге, посвятившему изучению поведения пациентов с расщепленным мозгом не одно десятилетие. Он заметил, что левое полушарие мозга таких пациентов, столкнувшись с тем, что в одном черепе внезапно появляется два независимых центра сознания, начинает просто придумывать непонятным фактам объяснения. Он рассказал, как мозг, заметив очевидный парадокс, начинает фантазировать и выдумывает ответ, который объясняет неудобные факты. Доктор Газзанига считает, что это дает нам ложное чувство единства и цельности. Он называет левое полушарие «интерпретатором», который постоянно что-то придумывает, чтобы замаскировать несообразности и пробелы в нашем сознании.

К примеру, в одном из экспериментов он показал на мгновение слово «красный» одной только левой половине мозга пациента, а слово «банан» — только правой его половине. (Обратите внимание: доминантное левое полушарие ничего не знает о банане.) Затем испытуемого попросили взять ручку левой рукой (которой управляет правая половина мозга) и что-нибудь нарисовать. Естественно, он нарисовал банан. Напомним, что правая половина мозга была в состоянии это сделать, потому что видела слово «банан», но левое полушарие ничего не знало о том, что показали правому.

Затем испытуемого спросили, почему он нарисовал банан. Поскольку речью владеет только левое полушарие, которое ничего не знало о банане, пациенту следовало бы ответить: «Не знаю». Вместо этого он сказал: «Его проще всего нарисовать этой рукой, потому что эта рука легче рисует длинные линии». Доктор Газзанига отметил, что мозг пытался найти какое-то оправдание неудобному и непонятному факту, хотя на самом деле его хозяин понятия не имел, почему правая рука нарисовала банан.

Газзанига делает вывод: «Левое полушарие отвечает за стремление

человека отыскать порядок в хаосе, сложить все факты в связную непротиворечивую историю, а историю вставить в контекст. Похоже, левое полушарие пытается строить гипотезы о структуре мира даже тогда, когда все свидетельствует о том, что никакой структуры у него нет».

Вот откуда берет начало наше чувство единого «Я»! Несмотря на то что сознание представляет собой лоскутное одеяло из конкурирующих между собой и часто противоречивых тенденций, левая половина мозга не обращает внимания на нестыковки и маскирует очевидные прорехи, чтобы обеспечить нам чувство собственного цельного «Я». Иными словами, левое полушарие постоянно выдумывает оправдания, иногда глупые и абсурдные, чтобы разобраться в окружающем мире. Оно постоянно задается вопросом «Почему?» и тут же придумывает ответы, даже если их в принципе не существует.

(Вероятно, существует эволюционная причина, по которой у человека развился мозг из двух полушарий. Опытный гендиректор часто рекомендует своим помощникам принимать разные стороны в споре, чтобы стимулировать вдумчивые и подробные дебаты. Зачастую истина рождается в активном противоборстве неверных идей. Точно так же и две половины мозга дополняют одна другую, предлагая пессимистический/оптимистический или аналитический/холистический взгляд на одни и те же проблемы. Две половины мозга играют в одной команде. В самом деле, нарушение взаимодействия между этими половинами может, как мы увидим, вызывать некоторые формы психических расстройств.)

Теперь, когда у нас есть рабочая теория сознания, пришло время воспользоваться ею и попытаться понять, как будет развиваться в будущем нейробиология. В настоящее время проводится немало масштабных и очень интересных экспериментов, которые вполне могут кардинально изменить научный ландшафт в этой области. Ученые получили возможность зондировать при помощи электромагнитных сил человеческие мысли, посылать телепатические сообщения, телекинетически управлять окружающими объектами, записывать воспоминания и, может быть, даже улучшать умственные способности.

Возможно, самым близким и реальным практическим приложением этой новой технологии станет то, что прежде считалось абсолютно невозможным: телепатия.

Книга II
Сознание превыше материи

Мозг — машина, нравится вам это или нет. Ученые пришли к такому выводу не потому, что все они механистические зануды, а потому, что у них набралось достаточно свидетельств, что любой аспект сознания можно напрямую связать с мозгом.

Стивен Пинкер

3. Телепатия. Скажи мне, что ты думаешь

По мнению некоторых историков, Гарри Гудини был величайшим в истории человечества магом. Его захватывающие дух побеги из запертых и опечатанных комнат, его головоломные трюки заставляли зрителей в изумлении раскрывать рты. Он мог заставить человека исчезнуть, а затем вновь появиться в самом неожиданном месте. А еще он умел читать чужие мысли.

По крайней мере так это выглядело со стороны.

Сам Гудини никогда не забывал объяснить, что все, что он делает, — лишь иллюзия, ловкость рук и серия искусных трюков. Настоящее чтение мыслей, говорил он зрителям, невозможно. Он не терпел мошенничества и считал, что с беспринципными «магами», стремящимися втереться в доверие к богатому покровителю и качать из него деньги, устраивая дешевые фокусы и спиритические сеансы, необходимо бороться. Сам он ездил по стране и разоблачал подобных шарлатанов; он заранее объявил, что может повторить любой их трюк с чтением мыслей. Он даже вошел в комитет, организованный журналом *Scientific American* и обещавший щедрое вознаграждение всякому, кто сможет доказать, что обладает реальной психической силой. (Этот приз так никому и не достался.)

Гудини был уверен, что телепатия невозможна. Но сегодня наука доказывает обратное.

Телепатия в наши дни стала объектом интенсивных исследований университетов всего мира, и ученым уже удалось при помощи новейших датчиков прочесть в мозгу человека отдельные слова, образы и мысли. В будущем это может помочь нам находить общий язык с людьми, которые после инсульта или несчастного случая могут общаться с окружающими только посредством движения глаз. Но это всего лишь начало. Телепатия может кардинально изменить способы общения человека с компьютером и окружающим миром.

В самом деле, в недавнем прогнозе «5 за 5», где традиционно называются пять революционных открытий, ожидаемые в ближайшие пять лет, специалисты IBM заявили, что мы сможем мысленно общаться с компьютерами, и такое общение, возможно, заменит и мышку, и голосовые команды. Это означает, что при помощи силы мысли можно будет звонить по телефону, оплачивать счета, водить машину, назначать встречи, создавать прекрасные симфонии, рисовать картины и т. п. Открываются

поистине безграничные возможности, и все вокруг — от компьютерных гигантов, работников образования, компаний, выпускающих видеоигры, и музыкальных студий до Пентагона — собираются ими воспользоваться.

Истинная телепатия, так часто встречающаяся в научной и ненаучной фантастике, невозможна без внешней помощи. Но мы-то знаем, что работа мозга — это электрические сигналы. Известно, опять же, что движение электрона порождает электромагнитное излучение. То же можно сказать и об электронах, которые колеблются внутри мозга: они тоже излучают. Но эти сигналы слишком слабы, чтобы их могли улавливать другие люди; даже если бы нам это удалось, мы вряд ли смогли бы их понять. Эволюция не дала нам способности разобраться в какофонии случайных радиосигналов, но компьютеры-то на это вполне способны. Ученые уже умеют приблизительно расшифровывать мысли человека при помощи ЭЭГ. Во время эксперимента испытуемый должен был надеть на голову шлем с датчиками и сосредоточиться на определенной картинке — скажем, на изображении автомобиля. Затем электромагнитные сигналы мозга, связанные с различными образами, записывали и подвергали обработке; через некоторое время удалось собрать рудиментарный словарик мыслей, где каждому сигналу ЭЭГ соответствует определенный образ. Теперь, когда кому-нибудь показывают картинку с изображением совершенно другой машины, компьютер способен распознать сигнал ЭЭГ, относящийся к автомобилю.

Преимуществами ЭЭГ являются простота использования и быстрота операции. Достаточно надеть на голову шлем с множеством электродов, и аппарат сможет регистрировать сигналы, которые меняются каждую миллисекунду. Но мы уже видели, что у метода ЭЭГ есть серьезная проблема: электромагнитные волны искажаются при прохождении сквозь череп, поэтому очень трудно точно определить их источник. При помощи этого метода можно понять, думаете ли вы об автомобиле или о здании, но образ автомобиля восстановить невозможно. Но именно в этом помогает работа доктора Джека Галланта.

Видеозаписи разума

Центром значительной части этих исследований является Калифорнийский университет в Беркли, где я много лет назад получил степень доктора в области теоретической физики. Мне повезло побывать в лаборатории доктора Галланта, группа которого добилась, казалось бы,

невозможного: им удалось записать мысли людей на видео. «Это серьезный шаг к полному распознаванию внутренних образов. Мы открываем окно в кинозал нашего рассудка», — говорит Галлант.

Когда я попал в лабораторию, мне сразу же бросилась в глаза команда энтузиастов — аспирантов и молодых ученых. Они не отрывались от компьютерных экранов и внимательно вглядывались в видеоизображения, восстановленные по результатам сканирования чьего-то мозга. Вообще, разговаривая с сотрудниками Галланта, ощущаешь себя свидетелем научной истории.

Галлант объяснил, что сначала испытуемого на каталке медленно ввозят в громадный современный МРТ-аппарат, стоимость которого превышает $3 млн. Затем ему показывают несколько видеоклипов (таких, как трейлеры к фильмам, которые несложно найти на YouTube). Чтобы собрать достаточно данных, испытуемому приходится часами сидеть неподвижно и смотреть эти клипы — довольно непростая задача. Я спросил у одного из исследователей, доктора Синдзи Нисимото, как им удалось найти добровольцев, готовых лежать неподвижно по несколько часов и смотреть видеоклипы. Он сказал, что сами участники группы вызвались быть подопытными свинками в собственных исследованиях.

Пока испытуемый смотрит кино, аппарат МРТ создает трехмерное изображение тока крови у него в мозгу. Оно представляет собой набор из 30 000 точек, или вокселов. Каждый воксел представляет энергию в конкретной точке, а его цвет соответствует интенсивности сигнала и, соответственно, кровотока. Красные точки отражают высокую нервную активность, белые — меньшую. (Окончательное изображение очень похоже на гирлянду из тысяч новогодних огоньков в форме мозга. Очевидно, что во время просмотра видеозаписей большая часть ментальной энергии мозга сосредоточена в зрительной зоне коры, расположенной в задней части мозга.)

МРТ-аппарат Галланта настолько мощный, что способен различать две-три сотни отдельных участков мозга; в среднем на снимках на каждый участок приходится по сто точек. (Одна из целей дальнейшего усовершенствования технологии МРТ состоит в достижении еще более высокого разрешения и увеличении числа точек, приходящихся на каждый участок мозга.)

Поначалу трехмерная коллекция цветных точек выглядит полной бессмыслицей, но несколько лет исследований позволили доктору Галланту и его коллегам разработать математическую формулу, которая ищет связи между определенными характеристиками изображения (линиями,

текстурами, яркостью и т. п.) и вокселами МРТ-изображения. К примеру, если рассматривать границу, разделяющую более светлые и более темные области, то становится ясно, что грань образует определенную закономерность в расположении вокселов. Заставляя каждого испытуемого просматривать последовательно всю огромную коллекцию видеоклипов, исследователи совершенствовали и перестраивали математическую формулу; компьютер сам анализировал, как те или иные изображения превращаются в МРТ-вокселы. Со временем ученые смогли установить непосредственную корреляцию между определенными паттернами МРТ-вокселов и особенностями просматриваемого изображения.

В конце испытуемым показывают еще один видеоклип. Компьютер анализирует вокселы, полученные при его просмотре, и воссоздает в грубом приближении первоначальное изображение. (Компьютер выбирает изображения из сотни видеороликов, наиболее близких к только что просмотренному, а затем смешивает изображения, чтобы получить максимальное сходство.) Таким образом компьютер получает возможность сконструировать нечеткое видео тех визуальных образов, которые проходят чередой перед мысленным взором. Математическая формула доктора Галланта настолько универсальна, что можно взять набор МРТ-вокселов и превратить его в картинку, а можно сделать и наоборот — взять картинку и пересчитать ее в МРТ-вокселы.

У меня была возможность посмотреть видеозапись, созданную группой доктора Галланта, и она произвела на меня очень сильное впечатление. Лица, животные, уличные сценки — словно ролик смотришь сквозь темные очки. Разглядеть подробности на лицах или фасадах зданий невозможно, но характер объекта угадывается легко.

Но эта программа способна расшифровать не только то, что вы реально видите, но и то, что вы зрительно себе представляете. Например, вас попросили представить «Мону Лизу». Из МРТ-сканов мы знаем, что, хотя перед глазами в этот момент нет картины, зрительная кора вашего мозга включается. Пока вы думаете о «Моне Лизе», программа доктора Галланта сканирует ваш мозг и проводит поиск по своей базе данных, пытаясь отыскать наиболее близкое соответствие. В одном из экспериментов, свидетелем которых я был, компьютер в качестве ближайшего соответствия «Моне Лизе» выбрал фотографию актрисы Сальмы Хайек. Разумеется, средний человек легко распознает сотни различных лиц, но сам факт того, что компьютер проанализировал образ в голове человека и выбрал фотографию из миллионов случайных изображений, имеющихся в его распоряжении, впечатляет.

Цель этой работы — создать точный словарь, который позволил бы быстро находить соответствие между объектами окружающего мира и МРТ-паттерном, считанным с человеческого мозга. Очевидно, что установить подробное и точное соответствие чрезвычайно трудно и на эту работу, скорее всего, уйдет не один год. Однако некоторые категории изображений распознаются достаточно легко, для этого достаточно просто провести поиск по готовой базе изображений. К примеру, когда доктор Станислас Деэн из парижского Коллеж де Франс работал с МРТ-сканами теменной доли головного мозга, где происходит распознавание чисел, один из его помощников небрежно заметил, что может определить по виду МРТ-снимка, на какое число смотрит испытуемый. И правда, оказалось, что определенные числа порождают на МРТ-снимках вполне распознаваемые паттерны. Доктор Деэн отмечает: «Если взять 200 вокселов, относящихся к этой области, и посмотреть, какие из них активны, а какие нет, то можно построить самообучающееся устройство, способное читать числа, которые в данный момент удерживаются в памяти».

Остается открытым вопрос о том, когда мы сможем получить качественную видеозапись наших мыслей (и сможем ли вообще). Увы, при визуализации образа часть информации теряется, и исследования мозга это подтверждают. Если сравнить МРТ-снимок мозга, сделанный, когда человек смотрит на цветок, с МРТ-снимком, сделанным, когда он всего лишь думает о цветке, разница будет очевидна: на втором снимке информативных точек будет меньше, чем на первом. Так что эта технология, хотя и улучшится кардинально в ближайшие годы, никогда не достигнет совершенства. (Я когда-то читал рассказ, в котором дух предлагает человеку выполнить три его желания — создать все, что этот человек сможет вообразить. Герой рассказа просит шикарный автомобиль, самолет и миллион долларов. Какое-то время после этого он счастлив. Но стоит ему взглянуть на волшебные вещи поближе, как выясняется, что в машине и в самолете нет двигателей, а изображение на долларовых бумажках нечетко и размыто. Все ненастоящее, ведь наши воспоминания о вещах лишь приблизительно отражают реальность.)

Однако, учитывая скорость, с которой ученые начали расшифровку МРТ-снимков мозга, можно задаться вопросом: а не получим ли мы в самое ближайшее время реальную возможность считывать слова и мысли непосредственно из головы человека?

Чтение мыслей

Надо сказать, что в соседнем с лабораторией Галланта здании другой доктор — Брайан Парсли — с коллегами буквально читает человеческие мысли, по крайней мере в принципе. Одна из его помощниц, доктор Сара Щепански, объяснила мне, каким образом им удается распознать слова в сознании человека.

Исследователи воспользовались технологией электрокортикографии (ЭКоГ), которая позволяет получить на порядок более чистый и сильный сигнал, чем традиционная ЭКГ. ЭКоГ выдает беспрецедентные по точности и разрешению данные, поскольку сигналы считываются непосредственно с поверхности мозга и не проходят сквозь череп. Неприятная особенность этого метода заключается в том, что для его применения необходимо удалить часть черепа и поместить тонкую сетку с 64 электродами в узлах решетки 8×8 мм непосредственно на обнаженный мозг.

К счастью, им удалось получить разрешение на эксперименты с ЭКоГ-сканированием больных эпилепсией, страдавших изнурительными припадками. Сетка помещалась на мозг пациента во время операции на открытом мозге, проводившейся врачами Калифорнийского университета в Сан-Франциско.

Пациент слышит слова, и сигналы из его мозга регистрируются электродами, поступают в прибор и записываются. Со временем формируется словарь, где каждому слову ставится в соответствие сигнал, полученный с электродов. Позже, когда это слово произносится еще раз, на аппарате появляется уже знакомый электрический сигнал. Это означает, что, если человек произнесет слово мысленно, компьютер подхватит характерный сигнал и сможет распознать его.

Такая технология позволяет вести разговор полностью телепатически. Кроме того, не исключено, что полностью парализованные жертвы инсульта смогут «говорить» при помощи синтезатора речи, который будет распознавать электрические паттерны отдельных слов.

Неудивительно, что ММИ (мозго-машинный интерфейс) превратился в одну из самых «горячих» областей исследования, и научные группы по всей Америке объявляют о крупных открытиях. Аналогичные результаты были получены учеными Университета Юты в 2011 г. Они поместили сетку с 16 электродами на участок коры мозга, отвечающий за движение лицевых мышц (он управляет движениями рта, губ, языка и лица), и область Вернике, которая обрабатывает информацию, связанную с речью.

Затем человека просили произнести десять самых обычных слов, таких как «да» и «нет», «горячо» и «холодно», «есть» и «пить», «привет» и «пока», «больше» и «меньше». Записав сигналы, испускаемые мозгом при

произнесении этих слов, ученые составили приблизительный словарь соответствия между произносимыми словами и сигналами мозга. Позже, когда пациент произносил какие-то из этих слов, они могли определить их по записям с точностью от 76 до 90 %. В качестве следующего шага планируется использовать сетку со 121 электродом для лучшего разрешения.

В будущем подобная процедура может оказаться полезной для тех, кто пострадал от инсульта или другого парализующего заболевания, например бокового амиотрофического склероза; такие пациенты смогут научиться говорить при помощи технологии ММИ.

Печатать силой мысли

В клинике Мейо (штат Миннесота) доктор Джерри Ши снабдил больных эпилепсией датчиками ЭКоГ, чтобы они могли научиться печатать силой мысли. Все, что необходимо для работы такого устройства, — это простая калибровка. Сначала пациенту показывают серию букв и просят сосредоточиться мысленно на каждой из них. Пока испытуемый рассматривает очередную букву, компьютер записывает излучаемые мозгом сигналы. Как и в других подобных экспериментах, если удается составить словарь, то после этого испытуемому достаточно просто подумать о букве, чтобы она появилась на экране. Таким образом, человек получает возможность печатать силой мысли.

Руководитель этого проекта доктор Ши утверждает, что точность его аппарата достигает почти 100 %. Он надеется, что в будущем ему удастся создать машину для записи не только слов, но и образов, которые рождаются у пациента в мозгу. Такой аппарат мог бы пригодиться художникам и архитекторам, но, как мы уже говорили, у технологии ЭКоГ есть существенный недостаток: электродам необходимо обеспечить непосредственный контакт с мозгом.

А пока пишущие машинки на основе ЭЭГ — они неинвазивны — потихоньку выходят на рынок. Хотя печатают они не настолько точно, как машинки на основе ЭКоГ, но зато их можно продавать первому встречному и для их использования не нужно вскрывать собственный череп. Австрийская компания Guger Technologies недавно продемонстрировала такую машинку на торговой выставке. По словам представителей компании, научиться пользоваться ею может любой примерно за десять минут; после этого можно печатать со скоростью 30–50 знаков в минуту.

Телепатическая диктовка и сочинение музыки

Следующим шагом могла бы стать передача целых разговоров, что резко ускорило бы развитие телепатических средств связи. Проблема, однако, заключается в том, что для этого потребовалось бы составить точный словарь на несколько тысяч слов и соответствующих им ЭЭГ-, МРТ — или ЭКоГ-сигналов. Но если можно распознать по электрическим сигналам несколько сотен специально отобранных слов, вероятно, можно и быстро передавать слова обычного разговора. Это означает, что человек будет думать целыми предложениями и абзацами, а компьютер будет их распечатывать.

Такая технология могла бы пригодиться журналистам, писателям и поэтам, которым оставалось бы просто думать, а компьютер принимал бы их мысленную диктовку. Кроме того, компьютер мог бы выполнять обязанности ментального секретаря. Вы давали бы такому роботу-секретарю указания по поводу обеда, направления и даты поездки, планов на отпуск, а он сам бы все бронировал и организовывал.

Но записывать таким образом можно не только речь, но и музыку. Музыкантам было бы достаточно просто напеть мысленно несколько мелодий, и компьютер распечатал бы их в нотной записи. Для этого предварительно нужно напеть мысленно серию нот и записать в компьютер соответствующие электрические сигналы. В результате получится словарь, и в следующий раз, когда вы подумаете о какой-то музыкальной ноте, компьютер будет готов записать ее в музыкальной нотации.

В научной фантастике телепаты часто общаются между собой, невзирая на языковые барьеры, поскольку считается, что мысли универсальны. Однако вполне возможно, что это не так. Чувства и эмоции действительно могут быть невербальными и универсальными, так что их, вероятно, можно телепатически посылать кому угодно, а вот рациональные мысли очень тесно связаны с языком. Сложные мысли вряд ли преодолеют языковой барьер. Слова даже телепатически будут передаваться на том же языке, на котором мы говорим.

Телепатические шлемы

В научной фантастике также часто встречаются телепатические шлемы. Надеваешь такой, и — готово! — можешь читать чужие мысли. Армия США, надо сказать, проявляет большой интерес к этой технологии.

В реальном бою, когда вокруг гремят взрывы, а над головой свистят пули, телепатический шлем может оказаться спасением, поскольку в боевых условиях трудно обеспечить передачу команд и сообщений. (Это я могу подтвердить лично. Много лет назад, во время Вьетнамской войны, я нес службу в пехоте в форте Беннинг, недалеко от Атланты (штат Джорджия). Во время стрельб взрывы ручных гранат и автоматные очереди звучали оглушительно; шум был настолько сильным, что расслышать что-нибудь поверх него было попросту невозможно. Три дня после этого у меня звенело в ушах.) С телепатическим шлемом солдат мог бы, несмотря на шум и грохот, мысленно общаться с другими солдатами своего взвода.

Не так давно армия выдала грант $6,3 млн доктору Гервину Шалку из Медицинского колледжа в Олбани (штат Нью-Йорк), но все понимают, что разработка настоящего телепатического шлема — дело не одного года. Пока доктор Шалк экспериментирует с технологией ЭКоГ, которая требует размещения сетки с электродами непосредственно на поверхности мозга. В этом случае компьютер уже способен распознавать гласные и 36 отдельных слов в действующем мозге. В некоторых экспериментах ученому удается достичь почти 100 %-ной точности. Пока, однако, эта технология не годится для армии США, поскольку для ее применения требуется удалить часть черепной коробки в чистых, стерильных условиях операционной. К тому же распознавание гласных и 36 слов — далеко не то же самое, что пересылка срочных сообщений в штаб в пылу сражения. Но эксперименты с ЭКоГ демонстрируют, что мысленное общение на поле боя возможно.

Еще один метод изучает в настоящее время доктор Дэвид Пеппел из Нью-Йоркского университета. Вместо того чтобы вскрывать черепа испытуемых, он использует технологию магнитоэнцефалографии (МЭГ), т. е. создает электрические заряды в мозгу при помощи крохотных импульсов магнитной энергии, а не электродов. Преимуществом этой технологии, помимо неинвазивности, является то, что аппарат МЭГ, в отличие от более медленных аппаратов МРТ, способен точно измерить мгновенные изменения в нейронах. Пеппел в ходе экспериментов сумел записать электрическую активность слухового центра коры в момент, когда человек мысленно произносит определенное слово. Но у его метода тоже есть недостатки: запись такого рода производится при помощи больших, размером с письменный стол, аппаратов для генерации магнитных импульсов.

Очевидно, многим хочется создать прибор для чтения и передачи мыслей, который был бы неинвазивным, портативным и точным. Доктор Пеппел надеется, что его работа с МЭГ-технологией дополнит те

исследования, которые проводятся с использованием ЭЭГ-датчиков. Но появления настоящих телепатических шлемов нам, вероятно, придется ждать еще много лет, потому что аппараты МЭГ и ЭЭГ не отличаются точностью.

МРТ в сотовом телефоне

В настоящее время нас сдерживает также относительная примитивность существующих инструментов. Но со временем будут появляться все более совершенные инструменты, при помощи которых мы сможем зондировать мозг все лучше и лучше. Следующим серьезным прорывом может стать портативный МРТ-аппарат.

Причина, по которой аппарат МРТ в настоящее время обязан быть таким огромным, заключается в том, что для его работы необходимо создать однородное магнитное поле, поскольку чем поле однороднее, тем выше разрешение прибора. Чем больше будет магнит, тем более однородным получится поле и тем точнее будут снимки. Однако физикам известны точные математические характеристики магнитных полей (их установил Джеймс Клерк Максвелл еще в 1860-е гг.). В 1993 г. в Германии доктор Бернхард Блюмих с коллегами сконструировал самый маленький в мире аппарат МРТ, который по размерам был не больше дипломата. Такой аппарат использует слабое и не слишком однородное магнитное поле, но суперкомпьютер вполне способен проанализировать магнитное поле и соответствующим образом скорректировать полученные снимки, так что в результате получается реалистичное трехмерное изображение. А поскольку мощность компьютеров удваивается примерно каждые два года, современные компьютеры уже обладают достаточной вычислительной мощностью, чтобы проанализировать магнитное поле, созданное аппаратом размером с кейс, и компенсировать его искажения.

В 2006 г. доктор Блюмих и его коллеги продемонстрировали возможности своей машины, сделав МРТ-снимки мумии древнего человека Эци, замерзшего во льдах примерно 5300 лет назад, в конце последнего ледникового периода. Поскольку замерз Эци в неловкой позе с разведенными в стороны руками, запихнуть его тело в традиционный аппарат МРТ было довольно проблематично, но портативный аппарат доктора Блюмиха без труда справился с задачей и получил снимки.

Физики считают, что с ростом мощности компьютеров МРТ-аппарат будущего может быть не больше сотового телефона. Данные с такого

устройства можно будет сразу же переправить на суперкомпьютер, который обработает информацию и построит трехмерное изображение. (В этом случае слабость магнитного поля компенсируется увеличением вычислительных мощностей.) Тогда исследования многократно ускорятся. «Возможно, создание прибора, подобного фантастическому трикордеру из фильма «Звездный путь», уже не за горами», — считает доктор Блюмих. (Трикордер — небольшой ручной сканирующий прибор, способный мгновенно диагностировать любую болезнь.) В будущем у вас в домашней аптечке, возможно, будет стоять более мощный компьютер, чем тот, которым на сегодняшний день может похвастаться крупная университетская клиника. И вам не придется ждать от клиники или университета разрешения воспользоваться дорогущим МРТ-устройством; вы сможете сами, не выходя из гостиной, собрать всю необходимую информацию (для этого достаточно будет провести над телом портативной МРТ-машинкой) и отправить ее по электронной почте в лабораторию для анализа.

Это, кстати, может означать, что когда-нибудь появится возможность сделать телепатический шлем на основе МРТ, ведь разрешение при использовании этого метода намного лучше, чем при ЭЭГ-сканировании. Вот что, вероятно, нас ждет в будущем. Внутри шлема будет располагаться электромагнитная катушка для генерации слабого магнитного поля и радиоимпульсов, зондирующих мозг. Во время боя необработанные МРТ-сигналы станут отправляться на карманный компьютер на поясе солдата. После этого информация будет передана по радио на сервер, расположенный далеко от поля сражения. Окончательная обработка данных будет проводиться на суперкомпьютере в далеком городе. После обработки сообщение будет передано по радио обратно к солдатам на поле сражения. Бойцы либо услышат сообщение через наушники, либо получат его через электроды, помещенные на слуховую зону коры мозга.

DARPA и человеческий фактор

Учитывая стоимость исследований, мы имеем право спросить: кто за них платит? Частные компании лишь недавно проявили интерес к этой передовой технологии, но и сейчас многие из них не спешат вкладывать деньги в исследования, которые еще неизвестно когда окупятся, да и окупятся ли. Пока основным спонсором этих исследований является принадлежащее Пентагону Агентство по перспективным оборонным

научно-исследовательским разработкам США (DARPA), инициировавшее в свое время исследования некоторых важнейших технологий XX в.

Агентство DARPA было образовано президентом Дуайтом Эйзенхауэром после того, как русские в 1957 г. запустили первый спутник на орбиту Земли, шокировав тем самым западный мир. Осознав, что Соединенные Штаты могут легко проиграть Советам гонку за новые технологии, Эйзенхауэр основал Агентство, чтобы страна могла и дальше конкурировать с русскими. С годами некоторые проекты, начатые по инициативе Агентства, настолько разрослись, что стали независимыми. Одним из первых отпрысков DARPA стало NASA.

Стратегия Агентства читается как научная фантастика: его *«единственным* ориентиром являются радикальные инновации». Единственный смысл его существования — «ускорение наступления будущего». Ученые DARPA постоянно раздвигают границы физически возможного. Как сказал один из бывших руководителей Агентства Майкл Голдблатт, они стараются не нарушать законов физики, «или по крайней мере не нарушать сознательно. Или по крайней мере не больше одного в каждой программе».

Однако от научной фантастики Агентство отличает впечатляющий список вполне реальных достижений. Одним из самых ранних проектов DARPA 1960-х гг. был ARPANET, представлявший собой военную телекоммуникационную сеть, которая, по мысли разработчиков, должна была обеспечить электронную связь между учеными и чиновниками во время и после третьей мировой войны. В 1989 г. Национальный научный фонд решил, что в свете развала советского блока нет смысла держать эту разработку в секрете. Эту технологию рассекретили; чертежи и коды были опубликованы, и в результате ARPANET стал Интернетом.

Когда ВВС США потребовалось средство управления баллистическими ракетами в космосе, DARPA запустило Project 57 — совершенно секретный проект, целью которого было направить в случае ядерной войны водородные бомбы на защищенные хранилища советских ракет. Позже этот проект лег в основу системы GPS. Сегодня она указывает путь не ядерным ракетам, а заблудившимся автомобилистам.

Агентство DARPA было ключевым действующим лицом в целой серии изобретений, изменивших облик XX и XXI вв., включая сотовые телефоны, очки ночного видения, новейшие средства связи и метеорологические спутники. Мне посчастливилось несколько раз общаться с учеными и администраторами этой организации. Однажды, встретившись с одним из бывших директоров Агентства на приеме, где присутствовало множество

ученых и футуристов, я задал ему давно интересовавший меня вопрос: почему багаж в аэропортах на присутствие взрывчатых веществ до сих пор обнюхивают собаки? Неужели у нас нет достаточно чувствительных датчиков, которые могли бы улавливать в воздухе следы взрывчатых химических веществ? Он ответил, что DARPA активно занималось этим вопросом, но столкнулось с серьезными техническими проблемами. Обонятельные рецепторы собаки, сказал он, развивались в течение миллионов лет и способны почувствовать присутствие в воздухе даже нескольких молекул вещества. Добиться такой же чувствительности от технических устройств, даже самых продвинутых и тонко настроенных, чрезвычайно трудно. Скорее всего, нам и дальше придется полагаться на четвероногих помощников, и в обозримом будущем ситуация не изменится.

В другой раз группа физиков и инженеров DARPA присутствовала на моем семинаре, посвященном будущему техники. После заседания я спросил, что больше всего беспокоит их самих. Единственный повод для тревоги, ответили они, — это имидж их организации в глазах общественности. Большинство никогда не слышали о DARPA, а кое-кто даже связывает Агентство с темными злодейскими кознями правительства — от вранья по поводу НЛО, Зоны 51[8] и Розуэлла[9] до метеорологического оружия и т. п. Они вздыхали и говорили об этом с грустью. Если бы все эти слухи были правдивы, то они, конечно, с удовольствием воспользовались бы инопланетными технологиями. Вот было бы здорово! Вот был бы толчок реальным проектам!

Сегодня DARPA, бюджет которого составляет $3 млрд, нацелилось на создание мозго-машинного интерфейса. Обсуждая области его возможного применения, Майкл Голдблатт предлагает раздвинуть границы воображения. Он говорит: «Представьте, что было бы, если бы солдаты могли связываться друг с другом посредством одной только мысли… Представьте, что опасность биологического нападения сошла бы на нет. И представьте на мгновение мир, в котором учиться не сложнее, чем есть, а замена поврежденных частей тела организована не менее удобно, чем кафе, обслуживающее клиентов прямо в автомобиле. Какими бы невероятными ни казались эти картины и сложными задачи, все это — повседневная работа Отдела оборонной науки [подразделения DARPA]».

Голдблатт считает, что в будущем историки придут к выводу, что в долгосрочной перспективе результаты работы DARPA послужили улучшению природы человека (он говорит о «нашей будущей исторической силе»). И отмечает, что известный армейский лозунг «Будь всем, чем можешь» обретает новый смысл, если применить его к улучшению

природы человека. Возможно, Майкл Голдблатт не случайно с таким жаром продвигает в Агентстве идею улучшения природы человека. Его дочь страдает церебральным параличом и всю жизнь прикована к инвалидному креслу. Болезнь, конечно, очень мешает жить (ведь она ежедневно и ежечасно нуждается в посторонней помощи), но девушка не сдается и преодолевает невзгоды. Она учится в колледже и мечтает основать собственную компанию. Голдблатт не скрывает, что его вдохновляет сила воли дочери. Редактор *Washington Post* Джоэл Гарро заметил: «Он занят тем, что тратит многие миллионы долларов на создание того, что вполне может стать следующим шагом в эволюции человека. И все же он не забывает и о том, что технология, в создании которой он участвует, когда-нибудь, возможно, позволит его дочери не только пойти, но и преодолеть болезнь».

Вопросы частной жизни

Впервые услышав об аппаратах чтения мыслей, люди, как правило, высказывают опасения по поводу сохранения прав человека на частную жизнь. Идея о том, что где-то может быть спрятана машина, без разрешения читающая самые потаенные наши мысли, нервирует любого. Сознание человека, как мы подчеркивали, невозможно без постоянного моделирования будущего. Чтобы это моделирование было точным, нам иногда приходится забредать в своем воображении на территории аморальности или беззакония, но в любом случае — не важно, реализуем мы подобные сценарии в действительности или нет — мы предпочитаем держать эти мысли при себе.

Жизнь ученых была бы намного проще, если бы они умели читать мысли на расстоянии при помощи портативных устройств (а не с помощью неуклюжих шлемов или хирургического вскрытия черепа), но законы физики делают этот процесс чрезвычайно сложным.

Когда я задал доктору Нисимото, сотруднику лаборатории доктора Галланта в Беркли, вопрос о частной жизни, он улыбнулся и ответил, что вне мозга радиосигналы стремительно ослабевают, и уже на расстоянии 2 м от человека они слишком слабы, чтобы в них можно было что-нибудь разобрать. (В школе все изучали законы Ньютона, поэтому, наверное, вы помните, что сила притяжения ослабевает пропорционально квадрату расстояния между объектами, и когда вы удвоите расстояние до звезды, действующая на вас сила ее притяжения ослабнет вчетверо. Но магнитные

поля слабеют гораздо быстрее. Большинство сигналов обратно пропорциональны кубу или четвертой степени расстояния, так что, если увеличить дистанцию вдвое, магнитное поле ослабнет в восемь раз или больше.)

Более того, в эфире всегда присутствуют внешние помехи, которые маскируют и без того слабые сигналы, исходящие от мозга. Это одна из причин, по которым ученые свои эксперименты не могут проводить вне лабораторных стен. Причем даже в этих условиях им удается извлечь из работающего человеческого мозга лишь отдельные буквы, слова или образы. Пока что техника не способна записать всю ту лавину мыслей, что заполняет наш мозг, когда мы рассматриваем одновременно несколько букв, слов, фраз или обрабатываем другую информацию, так что использование этих устройств для чтения мыслей «как в кино» сегодня невозможно и останется таковым еще не один десяток лет.

В обозримом будущем для сканирования мозга по-прежнему будет требоваться непосредственный доступ к человеческому мозгу в лабораторных условиях. Но даже в том маловероятном случае, если кто-то все же отыщет способ читать мысли на расстоянии, вы всегда сможете этому противодействовать. Чтобы скрыть от посторонних самые заветные мысли, можно воспользоваться экраном и блокировать излучение мозга, чтобы оно ни в коем случае не попало не в те руки. Это легко сделать при помощи так называемой клетки Фарадея, которую великий британский физик Майкл Фарадей изобрел в 1836 г., хотя подобный эффект первым наблюдал еще Бенджамин Франклин. Принцип такого экранирования заключается в том, что электричество очень быстро рассеивается вокруг металлической клетки, так что электрическое поле внутри клетки получается равным нулю. Для демонстрации эффекта физики (включая и меня) предлагают войти в металлическую клетку, в которую затем направляют мощные электрические разряды. Человек при этом остается целым и невредимым. Именно поэтому самолеты выдерживают удар молнии, а кабели покрывают металлической оплеткой. Точно так же телепатические сигналы можно экранировать при помощи наложенной на мозг тонкой металлической фольги.

Телепатия при помощи нанозондов

Существует еще один способ частично решить вопрос приватности, а также помещения датчиков ЭКоГ в мозг. В будущем мы, возможно,

научимся реально пользоваться нанотехнологиями, т. е. сможем манипулировать отдельными атомами. Не исключено, что это позволит нам ввести сетку нанозондов в мозг и подключиться таким образом к вашим мыслям. Может быть, такие нанозонды будут строиться из углеродных нанотрубок, которые проводят электричество и при этом тонки настолько, насколько позволяют законы природы. Нанотрубки состоят из отдельных атомов углерода, объединенных в трубку с толщиной стенок в несколько молекул. (В настоящее время такие трубки привлекают очень серьезное внимание ученых. Ожидается, что в ближайшие десятилетия они полностью изменят методики зондирования мозга.)

Нанозонды можно будет точно помещать в области мозга, ответственные за определенную деятельность. Так, для передачи речи и языка их нужно будет поместить в левую височную долю, для обработки визуальных образов — в таламус и зрительный центр коры. Эмоции можно пересылать через нанозонды в мозжечковой миндалине и лимбической системе. Сигналы от нанозондов будут передаваться на небольшой компьютер, который их обработает и перешлет на сервер, а затем отправит в Интернет.

Вопросы приватности будут частично решены, поскольку вы будете полностью контролировать процесс и определять, когда посылать мысли. Радиосигналы может принять любой случайный прохожий с приемником, но посылаемые по проводам электрические сигналы практически недоступны. Кроме того, решится и проблема вскрытия черепа и помещения внутрь него сетки ЭКоГ, поскольку нанозонды можно вводить, используя методы микрохирургии.

Некоторые писатели-фантасты предполагают, что в будущем при рождении ребенка ему будут безболезненно вводить наноэлектроды и телепатия станет образом жизни. К примеру, в сериале «Звездный путь» детям расы боргов при рождении вводят специальные импланты, чтобы они могли телепатически общаться между собой. Эти дети не могут представить мир без телепатии и воспринимают ее как норму.

Понятно, что нанозонды очень малы по размеру, поэтому внешне они будут совершенно незаметны, следовательно, социального остракизма не возникнет. Может быть, обществу и не понравится идея вживлять в мозг электрические проводники, но писатели-фантасты считают, что в конце концов люди привыкнут к этой мысли: ведь нанозонды невероятно удобны и полезны. Привыкли же мы к детям «из пробирки», хотя поначалу экстракорпоральное оплодотворение вызывало много вопросов и протестов.

Вопросы законности

В обозримом будущем встанет вопрос не о том, сможет ли кто-то тайком издалека читать наши мысли при помощи скрытого устройства, а о том, позволим ли мы регистрировать и записывать наши мысли. Что произойдет, если, к примеру, разрешим, а потом кто-то незаконно получит к этим записям доступ? Встает серьезный вопрос об этике — ведь мы не хотим, чтобы наши мысли читали против нашей воли. Доктор Брайан Пасли говорит: «Существуют этические проблемы не с текущими исследованиями, но с их возможным продолжением. Должно соблюдаться равновесие. Если мы каким-то образом научимся мгновенно расшифровывать чьи-то мысли, это может принести громадную пользу тысячам серьезно больных людей, которые сейчас не в состоянии общаться с окружающими. С другой стороны, есть большие опасения, что метод может быть применен к тем людям, которые этого не хотят».

Как только появится техническая возможность читать и записывать мысли человека, возникнет множество этических и юридических вопросов. Так всегда бывает при появлении новых технологий. Из истории ясно, что на разработку законодательства, полностью охватывающего все варианты развития событий, часто уходят годы.

К примеру, законы об авторском праве, возможно, придется переписывать. Что будет, если кто-то прочитает ваши мысли и украдет ваше изобретение? Можно ли будет патентовать мысли? Кому вообще по закону принадлежит идея?

Еще одна проблема возникает, если в дело вмешивается правительство. Джон Перри Барлоу, поэт и автор песен группы Grateful Dead, однажды сказал: «Полагаться на правительство в деле охраны частной жизни — все равно что поручить установку жалюзи на окнах человеку, который больше всего на свете любит в эти окна заглядывать». Получит ли полиция право читать на допросе ваши мысли? Уже сегодня суды рассматривают иски по случаям, когда подозреваемый отказывается предоставить свой биологический материал для анализа ДНК. Получат ли в будущем власти право читать ваши мысли без вашего согласия, и если да, то будут ли подобные доказательства приниматься в суде? Насколько надежными будут такие свидетельства? Не стоит забывать, что детекторы лжи на базе МРТ регистрируют только повышение мозговой активности, и важно отметить, что мысли о преступлении и реальное преступление — далеко не одно и то же. Защитник во время перекрестного допроса сможет

заявить, что эти мысли — лишь случайные фантазии и ничего более.

Еще одна проблемная область связана с правами парализованных. Достаточно ли данных, получаемых при сканировании мозга, для составления завещания или другого юридического документа? Представьте, что полностью парализованный человек обладает тем не менее острым и живым умом и захочет подписать какой-нибудь контракт или самостоятельно управлять собственными деньгами. Законны ли такие документы, если технология, возможно, еще не до конца отработана?

Ни один закон природы не поможет решить подобные этические вопросы. В конце концов, по мере совершенствования технологии, подобные вопросы придется решать в суде.

Одновременно правительствам и корпорациям, возможно, придется изобретать новые способы противодействия ментальному шпионажу. Промышленный шпионаж уже сегодня представляет собой многомиллионную индустрию, а правительства и корпорации сооружают дорогостоящие «безопасные комнаты», которые приходится постоянно проверять на наличие подслушивающих устройств. В будущем (предполагая, что будет создан метод подслушивания мозговых сигналов на расстоянии) безопасные комнаты придется проектировать так, чтобы сигналы мозга оттуда даже случайно не могли просочиться во внешний мир. Эти комнаты придется окружать металлическими стенами, которые будут экранировать их от внешнего мира.

Каждый раз, когда физики начинают работать с новым видом излучения, шпионы пытаются использовать его в собственных целях, и электрическое излучение мозга, вероятно, не станет исключением. В самой знаменитой истории такого рода фигурирует крохотное микроволновое устройство, спрятанное в гербе Соединенных Штатов, который висел в посольстве США в Москве. С 1945 по 1952 г. это устройство передавало Советам секреты американских дипломатов. Даже во время Берлинского кризиса 1948 г. и корейской войны Советы при помощи этого жучка получали доступ к планам США. Может быть, этот жучок и до сего дня продолжал бы выдавать государственные секреты и холодная война, а заодно и мировая история изменили бы курс, если бы он не был случайно обнаружен британским инженером, который услышал секретные переговоры на открытой радиоволне. Разобравшие жучок американские инженеры были поражены: оказалось, что много лет его не могли обнаружить потому, что жучок был пассивным и не требовал никакого источника энергии. (Его практически невозможно было обнаружить, потому что питание он получал извне по микроволновому лучу.) Не

исключено, что будущие шпионские устройства будут перехватывать и мозговое излучение.

Хотя на данный момент эта технология находится в зародышевом состоянии, но телепатия потихоньку входит в нашу жизнь. В будущем, возможно, мы станем взаимодействовать с окружающим миром силой разума. Но ученые не хотят ограничиваться только чтением мыслей, т. е. пассивным процессом. Они хотят играть активную роль — двигать объекты силой мысли. Способность к телекинезу обычно приписывают богам. Только божественной силе дано по желанию формировать реальность. Это высшее выражение мыслей и желаний.

Скоро и мы получим такую возможность.

4. Телекинез. Сознание управляет материей

Будущее по природе своей опасно… Максимальное продвижение цивилизации обеспечивалось процессами, едва не погубившими те общества, в которых происходили.

Альфред Норт Уайтхед

Кэти Хатчинсон живет в плену собственного тела.

Ее парализовало 14 лет назад после инсульта. У нее, как и у тысяч других «плененных» пациентов, потерявших контроль над большей частью мышц и функций собственного тела, не работает ни одна конечность. Большую часть дня Кэти беспомощно лежит, нуждаясь в постоянной посторонней заботе, но разум ее ясен. Она — пленник собственного тела.

Однако в мае 2012 г. ее судьба резко переменилась. Ученые из Университета Брауна поместили на поверхность ее мозга крохотный чип, который они назвали Braingate. Этот чип тонкими проводками соединен с компьютером. Сигналы из мозга Кэти передаются через компьютер механическому манипулятору — роботизированной руке. Сегодня она постепенно учится управлять рукой, заставляя ее силой мысли, к примеру, взять бутылку с питьем и поднести ко рту. Впервые за долгое время женщина получила возможность хоть как-то влиять на окружающий мир.

Будучи парализованной и не имея возможности говорить, она может лишь двигать глазами, выражая свое возбуждение и радость. Специальное устройство отслеживает движения ее глаз и переводит их в письменную речь. Когда Кэти спросили, как она чувствует себя после стольких лет неподвижности и плена в раковине собственного тела, ответ был краток: «Экстаз!» Она с нетерпением ждет дня, когда к ее мозгу подключат и другие конечности. «Я очень хотела бы получить роботизированные ноги», — говорит она. До инсульта женщина любила готовить и с удовольствием ухаживала за садом. «Я знаю, что когда-нибудь снова смогу это делать». Учитывая скорость, с которой развивается киберпротезирование, это может произойти в самом ближайшем будущем.

Профессор Джон Донохью и его коллеги из Университета Брауна и Университета Юты создали крохотный датчик, который может играть роль моста между внешним миром и человеком, который потерял способность

общаться. В беседе со мной профессор Донохью рассказал: «Мы взяли маленький датчик размером 4 мм, приблизительно с таблетку детского аспирина, и имплантировали его в мозг. Благодаря 96 крохотным «волоскам», или электродам, которые улавливают импульсы мозга, он может принимать сигналы о вашем намерении двинуть рукой. Мы выбрали для начала именно руку, потому что для человека это очень важно». Поскольку за десятки лет исследований двигательная кора прекрасно изучена, можно поместить чип непосредственно на нейроны, управляющие нужной конечностью.

Ключевой момент в работе Braingate — перевод нервных сигналов от микросхемы в осмысленные команды, позволяющие передвигать предметы реального мира, начиная с курсора на компьютерном экране. Донохью рассказал, что для этого он просит пациента представить, что курсор движется по экрану определенным образом, к примеру, направо. Достаточно нескольких минут, чтобы записать мозговые сигналы, соответствующие этой задаче. Таким образом компьютер усваивает, что всякий раз, получая от мозга подобный сигнал, он должен сдвинуть курсор вправо.

После этого, стоит человеку подумать о движении курсора вправо, как он действительно начинает двигаться вправо. Возникает таблица соответствия воображаемых пациентом действий и реальных действий компьютера. Как правило, у пациента получается управлять движением курсора практически с первой попытки.

Braingate открывает целый новый мир нейропротезирования, позволяющего парализованному пациенту силой мысли управлять искусственными конечностями. К тому же нейропротезирование позволяет человеку непосредственно общаться с родными и близкими. Первая версия микросхемы, испытанная в 2004 г., предназначалась для общения с ноутбуком. Уже тогда пациенты очень быстро начинали бродить по Интернету, читать и писать электронные письма, управлять своими креслами.

Недавно у космолога Стивена Хокинга появился нейропротез, прикрепляемый к очкам. Подобно любому ЭЭГ-датчику, он может передавать его мысли в компьютер, чтобы ученый мог поддерживать хотя бы какую-то связь с внешним миром. Это достаточно примитивное устройство, но со временем подобные приборы станут намного более чувствительными и совершенными, получат больше каналов.

Все это, рассказал доктор Донохью, может кардинально изменить жизнь таких пациентов: «Польза еще и в том, что этот компьютер можно

подключить к любому устройству — тостеру, кофемашине, кондиционеру, выключателю или пишущей машинке. Сегодня это совсем не сложно и очень недорого. Даже полностью парализованный человек, совершенно не способный двигаться, сможет самостоятельно переключать каналы телевизора, включать свет и делать многое другое; для этого не нужно будет, чтобы пришел кто-то и помог». Когда-нибудь они смогут при помощи компьютера делать все то, что делают нормальные люди.

Лечение травм спинного мозга

В настоящее время к этим исследованиям присоединяются и другие группы ученых. Еще одним прорывом мы обязаны ученым из Северо-Западного университета, сумевшим связать мозг обезьяны с ее рукой напрямую, в обход поврежденного спинного мозга. В 1995 г. произошла грустная история. Актер Кристофер Рив, сыгравший Супермена в одноименном фильме, в результате травмы позвоночника оказался полностью парализованным. Он упал с лошади головой вниз, и его спинной мозг оказался поврежден у самой головы. Если бы он прожил немного дольше, то мог бы увидеть усилия ученых, которые стремятся заменить поврежденный спинной мозг компьютером. Только в США от последствий травм спинного мозга страдают более 200 000 человек. В прежние времена такие люди в большинстве своем, вероятно, умирали вскоре после травмы, но сегодня благодаря успехам травматологии число выживших неуклонно растет. Кроме того, нам не дают покоя образы раненых воинов, пострадавших от мин в Ираке и Афганистане. А если добавить сюда же пациентов, парализованных в результате инсульта или другого заболевания (к примеру, бокового амиотрофического склероза), то число потенциальных пациентов вырастет до двух миллионов.

Ученые из Северо-Западного университета поместили микросхему с сотней электродов непосредственно на поверхность мозга обезьяны. Затем обезьяне показали, что нужно взять мячик, поднять его и опустить в трубу; при этом сигналы ее мозга тщательно записывались, а поскольку каждое действие соответствует срабатыванию конкретных нейронов, ученые смогли постепенно расшифровать эти сигналы.

Когда обезьяна хотела двинуть рукой, компьютер обрабатывал сигналы в соответствии с этим шифром и, вместо того чтобы направлять механическую руку, направлял их непосредственно к нервам настоящей обезьяньей руки. «Мы записываем естественные электрические сигналы

мозга, посылающего приказ руке и кисти двигаться определенным образом, и передаем эти сигналы непосредственно в мышцы», — говорит доктор Ли Миллер.

Методом проб и ошибок обезьяна научилась координировать движения мышц руки. «Это процесс моторного обучения, очень похожий на то, что делает человек, осваивая новый прибор, компьютерную мышь или нестандартную теннисную ракетку», — добавляет доктор Миллер.

(Удивительно, кстати, как много движений сумела освоить обезьяна, учитывая, что чип у нее в мозгу имел всего лишь сто электродов. Доктор Миллер указывает, что в управлении движениями руки задействованы миллионы нейронов. Но если сотни электродов хватает для разумной аппроксимации результата действия миллионов нейронов, то только потому, что микросхема контактирует с выходными нейронами уже после того, как мозг провел сложную обработку и подготовку данных. Сложнейший анализ идет как обычно, поэтому остается за скобками, а задача ста электродов — только передать готовые сигналы мозга руке.)

Это устройство — одно из нескольких разработанных в Северо-Западном университете, их задача — заменить поврежденный участок спинного мозга. Другой нейронный протез позволяет человеку управлять рукой при помощи движений плеча. Поднять плечо означает сжать пальцы, опустить — разжать. Кроме того, пациент получает возможность взять пальцами объект вроде чашки или открыть дверь ключом, зажав его между большим и указательным пальцами протеза.

Доктор Миллер поясняет: «Не исключено, что прямая связь между мозгом и мышцами когда-нибудь поможет пациентам, парализованным в результате спинномозговой травмы, заниматься повседневными делами, и тогда они смогут стать более независимыми».

Революция в протезировании

Значительная доля финансирования всех этих замечательных достижений поступает из программы DARPA под названием «Революция в протезировании» (начиная с 2006 г. на эти цели было выделено $150 млн). Один из тех, кто продвигает этот проект, — полковник армии США Джеффри Линг, невролог, на счету которого несколько боевых командировок в Ирак и Афганистан. Его до глубины души поразили кровопролитие, свидетелем которого он был, и увечья, вызванные взрывами мин. Во время прежних войн солдаты с такими ранениями

большей частью погибали на месте. Но сегодня, когда раненых вывозят вертолетами и существует развитая инфраструктура медицинской помощи, многие из них выживают, но остаются калеками. Более 1300 военнослужащих потеряли конечности в боевых действиях на Ближнем Востоке.

Доктор Линг задался вопросом, может ли наука найти, чем заменить потерянные конечности. Заручившись финансовой поддержкой Пентагона, он попросил своих сотрудников разработать конкретные рекомендации и предложить варианты решений, которые можно реализовать в течение пяти лет. Его вопрос был встречен очень скептически. Линг вспоминает: «Они решили, что мы сошли с ума. Но безумие в том, что подобные вещи происходят».

Безграничный энтузиазм доктора Линга оказался заразительным, и сотрудники его лаборатории получили поистине впечатляющие результаты. К примеру, программа «Революция в протезировании» профинансировала ученых из Лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса, которые создали самую совершенную механическую руку на земле, способную выполнять почти все тонкие движения пальцев, кисти и руки в трех измерениях. По размерам, силе и подвижности эта рука полностью соответствует реальной человеческой руке. Она сделана из стали, но, если покрыть ее пластиком телесного цвета, будет почти неотличима от настоящей.

Эта рука была испытана Йен Шерман, у которой в результате генетического заболевания нарушилась связь между мозгом и телом; ее тело полностью парализовано от шеи вниз. Ученые Питсбургского университета разместили электроды непосредственно на поверхности мозга Йен, а затем подсоединили их к компьютеру, а компьютер — к механической руке. Через пять месяцев после операции женщина появилась на национальном телевидении в передаче «60 минут». На глазах всей страны она активно пользовалась своей новой рукой: махала ей, приветствовала ведущего, пожимала ему руку. Она даже ударила его в шутку кулаком, чтобы показать, как много может механическая рука.

Доктор Линг говорит: «Я мечтаю о том, чтобы мы смогли находить такое решение при лечении любых пациентов — после инсульта, с церебральным параличом, пожилых».

Телекинез в вашей жизни

Мозго-машинный интерфейс интересует не только ученых, но и антрепренеров, которые ждут его с нетерпением. Специалистам шоу-бизнеса хотелось бы включить эти блестящие изобретения в свои бизнес-планы на постоянной основе. ММИ уже проник на молодежный рынок в форме видеоигр и игрушек, в которых можно при помощи ЭЭГ-датчиков управлять различными объектами как в виртуальном мире, так и в реальности. Первую такую игрушку — Mindflex — выпустила в 2009 г. фирма NeuroSky; в ней при помощи ЭЭГ-датчиков нужно было крутить вентилятор и двигать шарик над игровым полем. Чем сильнее вы сконцентрируетесь на задаче (разумеется, надев на голову специальную гарнитуру), тем быстрее будут вращаться лопасти вентилятора и тем выше поднимется легкий шарик.

Активно развиваются также видеоигры с мысленным управлением. В связке с NeuroSky работают 1700 разработчиков программного обеспечения, причем многие из них — над усовершенствованием гарнитуры Mindwave Mobile, обошедшейся в $129 млн. В видеоиграх фирмы используется небольшой портативный ЭЭГ-датчик, который крепится на лоб и позволяет мысленно управлять действиями своего персонажа в виртуальной реальности. Двигая свой аватар по экрану, вы можете стрелять из оружия, убегать от врагов, проходить уровни, набирать очки и т. д., как в обычной видеоигре; единственная разница в том, что все это делается «без рук», одной только силой мысли.

«Рождается целая экосистема новых игроков, NeuroSky сейчас в прекрасном положении и может стать чем-то вроде Intel в этой новой индустрии», — считает Алваро Фернандес из маркетинговой фирмы SharpBrain.

Помимо стрельбы из виртуального оружия шлем ЭЭГ способен определить момент, когда ваше внимание начинает ослабевать. NeuroSky уже получает запросы от компаний, обеспокоенных высоким травматизмом работников, которые теряют концентрацию во время работы с опасными механизмами или засыпают за рулем. Технология, о которой идет речь, может спасти немало жизней, вовремя предупредив рабочего или водителя о том, что его внимание рассеивается. В этом случае ЭЭГ-шлем включит тревожный сигнал. (В Японии такой прибор уже завоевал популярность среди посетителей всевозможных клубов. На голове человека датчик ЭЭГ выглядит как забавные кошачьи ушки; если вы внимательны, уши стоят торчком или резко поднимаются, если вас что-то заинтересовало; когда внимание ослабевает, уши опускаются. Получается, что отдыхающие могут выражать романтический интерес друг к другу при помощи мыслей, и вы

всегда можете понять, насколько сильное впечатление производите.)

Но самые новаторские, возможно, приложения этой технологии исследует доктор Мигель Николелис из Университета Дьюка. Во время интервью он рассказал, что надеется воспроизвести различные устройства, которые до сих пор можно было найти только в научной фантастике.

Ловкость рук и слияние разумов

Доктор Николелис показал, что мозго-машинный интерфейс можно наладить даже между разными материками. Делает он это так: помещает на «бегущую дорожку» обезьяну, на поверхность мозга которой прикреплен специальный чип, подключенный к Интернету. На другой стороне планеты, в Киото (Япония), сигналы мозга обезьяны используются для управления роботом, который умеет ходить. Гуляя по «бегущей дорожке» в Северной Каролине, обезьяна управляет роботом в Японии, и тот ходит, т. е. выполняет те же самые движения. Воспользовавшись датчиками и предложив обезьяне в качестве вознаграждения печенье, доктор Николелис научил ее управлять гуманоидным роботом по имени CB-1 на другом конце света.

Кроме того, он пытается разрешить одну из главных проблем, связанных с мозго-машинным интерфейсом, — отсутствие чувственной информации. Сегодняшние протезы не дают тактильных ощущений и потому всегда ощущаются как нечто постороннее; из-за отсутствия обратной связи можно при рукопожатии ненароком раздавить кому-нибудь пальцы. Взять искусственной рукой яйцо, не раздавив скорлупу, практически невозможно.

Николелис надеется обойти это препятствие при помощи прямого интерфейса «мозг — мозг». Сообщения должны пересылаться от мозга к механической руке, снабженной датчиками, которые, в свою очередь, посылают информацию обратно, прямо в мозг, минуя мозговой ствол. При помощи такого интерфейса можно было создать механизм четкой и прямой обратной связи, эквивалентный тактильным ощущениям.

Доктор Николелис начал с того, что подсоединил двигательную кору макаки-резуса к механической руке. Эта рука снабжена датчиками, которые посылают сигналы обратно в мозг через электроды, подсоединенные к соматосенсорной коре (именно в ней регистрируются тактильные ощущения). После каждой успешной попытки обезьяны получали награду; чтобы научиться пользоваться этой аппаратурой, им требовалось от

четырех до девяти попыток.

Чтобы добиться обратной связи, доктору Николелису пришлось изобрести новый код, который представлял разные в тактильном отношении поверхности (шершавые или гладкие). «Через месяц практики, — сказал он мне, — эта часть мозга осваивает новый код и начинает ассоциировать искусственный код, созданный нами, с различными текстурами. Так что это первая демонстрация того, что мы в состоянии создать сенсорный канал», который будет симулировать тактильные ощущения.

Я заметил, что эта идея очень похожа на голодек из «Звездного пути», при помощи которого вы можете бродить по виртуальному миру и испытывать при этом все ощущения, как если бы этот мир был реален: наткнувшись на виртуальный предмет, вы испытаете боль, как от реального удара. В этой так называемой «гаптической технологии» для имитации тактильных ощущений используются цифровые методы. Николелис ответил: «Да, мне кажется, это первая демонстрация того, что нечто подобное голодеку станет реальностью в ближайшем будущем».

Возможно, голодек будущего станет сочетанием двух технологий. Во-первых, люди в голодеке должны будут носить контактные интернет-линзы, благодаря чему они будут видеть новый виртуальный мир всюду, куда ни посмотрят. Вид в линзах будет меняться в мгновение ока одним нажатием кнопки. А если вы дотронетесь до чего-нибудь в том мире, то сигналы, отправленные в мозг, будут имитировать тактильные ощущения при помощи интерфейса «мозг — машина — мозг». Таким образом, объекты виртуального мира, которые вы увидите в контактных линзах, на ощупь станут достоверно материальными.

Благодаря такому интерфейсу можно реализовать не только гаптическую технологию, но и создать интернет-разум или брейн-нет (мозговую сеть) с прямым контактом мозг — мозг. В 2013 г. доктор Николелис сумел получить еще один эффект, показанный в «Звездном пути», — слияние двух разумов. Для начала он стал работать с двумя группами крыс, одна из которых находилась в Университете Дьюка, а другая — в Натале (Бразилия). Крысы первой группы научились нажимать на рычаг при виде красной лампочки. Крысы второй группы делали то же самое в ответ на сигнал, получаемый мозгом напрямую через имплант. Вознаграждением служил глоток воды. Затем доктор Николелис при помощи тонких проволочек подключил мозг крыс к Интернету и соединил двигательные отделы коры крыс первой и второй групп.

Когда крысы первой группы увидели красный свет, сигнал от их мозга

был передан по Интернету в Бразилию крысам второй группы, которые в результате нажали на рычаг. Семь раз из десяти вторая группа крыс правильно отзывалась на сигналы, посланные крысами первой группы. Так впервые ученым удалось продемонстрировать, что сигналы могут быть переданы от мозга к мозгу и, кроме того, правильно поняты. Конечно, еще очень далеко до подлинного слияния разумов, описанного в фантастике, где два разума буквально сливаются в один, — решение еще очень примитивно, а размеры образцов малы. Тем не менее принципиальную возможность существования брейн-нета можно считать доказанной.

В 2013 г. был сделан следующий важный шаг: вместо исследований на животных была продемонстрирована первая прямая связь «мозг — мозг» между людьми, когда один человеческий мозг переслал по Интернету сообщение другому человеческому мозгу.

Это знаковое событие произошло в Университете Вашингтона, где один ученый послал мозговой сигнал (пошевелить правой рукой) по Интернету другому ученому. Первый из них был в ЭЭГ-шлеме и играл в видеоигру, где для выстрела из пушки требовалось мысленно двигать правой рукой; при этом он тщательно следил, чтобы на деле его рука была неподвижна.

Сигнал от ЭЭГ-шлема пересылался по Интернету другому ученому, сидевшему в это время в транскраниальном магнитном шлеме, размещенном точно над той частью мозга, которая управляет движением правой руки. При получении сигнала шлем посылал в мозг магнитный импульс, вызывавший непроизвольное движение правой руки. Рука двигалась сама по себе, без команды владельца. Таким образом, один человеческий мозг дистанционно подавал команды другому и контролировал движение тела.

Это достижение открывает перед нами широкие возможности: к примеру, таким образом можно обмениваться через Интернет невербальными сообщениями. Не исключено, что когда-нибудь вы сможете разослать свои ощущения, полученные на танцевальном вечере, во время прыжка с парашютом или пребывания на яхте в штормящем море всем приятелям, электронные адреса которых можно найти в вашей записной книжке. По связи «мозг — мозг» можно будет передавать не только мышечные реакции, но и чувства и эмоции.

Николелис предвидит, что наступит день, когда люди по всему миру смогут беседовать в социальных сетях без помощи клавиатуры или мышки, а напрямую силой мысли. Вместо того чтобы писать друг другу по электронной почте, люди при помощи брейн-нета смогут телепатически в

реальном времени обмениваться мыслями, эмоциями и идеями. Сегодня телефонный звонок доносит до нас только слова и тон разговора, ничего больше. Видеоконференция в этом отношении чуть лучше, поскольку можно читать еще язык тела твоих собеседников. Но брейн-нет позволит достичь абсолютной коммуникации; с его помощью можно будет поделиться с собеседником всей совокупностью ментальной информации, включая эмоции, нюансы и сомнения. Люди получат возможность делиться друг с другом самыми интимными, самыми личными мыслями и чувствами.

Игры с полным погружением

Возможно, разработка брейн-нета окажет влияние и на многомиллиардную индустрию развлечений. Технология записи звука на пленку в дополнение к свету была отработана еще в 1920-е гг. Результатом стала серьезная трансформация индустрии развлечений: кино перешло от немого к звуковому. За последние сто лет технология совмещения изображения и звука особо не изменилась. Но в будущем индустрии развлечений предстоит еще один переход — на этот раз к записи информации для всех пяти чувств, включая обоняние, вкус и прикосновение, а также полного спектра эмоций. Телепатические зонды смогут справиться с полным набором чувственных ощущений и эмоций, которые циркулируют в мозгу, и создадут ощущение полного погружения в сюжет. Придя в кинотеатр посмотреть романтическую комедию или приключенческий фильм, мы будем буквально купаться в океане ощущений, как если бы мы на деле участвовали в развитии сюжета и переживали все те приключения и эмоции, которые изображают на экране актеры. Мы ощутим аромат духов героини, почувствуем страх героев триллера, насладимся победой над злодеями.

Подобное погружение, естественно, потребует кардинальных изменений технологии киносъемки. Во-первых, актерам придется учиться играть свои роли с подключенными ЭЭГ— или МРТ-датчиками и нанозондами, записывающими их ощущения и эмоции. (Надо сказать, это наложит на актеров дополнительную нагрузку, ведь им придется в каждой сцене отыгрывать все пять чувств. Известно, что некоторые актеры немого кино не смогли перейти к кино звуковому; вполне вероятно, что и для полноценной съемки фильмов со всеми пятью чувствами появится новое поколение актеров.) Процесс редактирования тоже изменится:

недостаточно будет просто резать и склеивать пленку, а нужно будет, вероятно, совмещать в пределах одной сцены записи разных эмоций и ощущений. И наконец, аудитория: зрители в зале должны будут получать все эти сигналы непосредственно в мозг. Вместо трехмерных очков зрители будут надевать перед сеансом какие-то датчики. Кинотеатры, естественно, тоже придется переоборудовать, чтобы они могли получать данные, обрабатывать их и пересылать зрителям в зале.

Создаем брейн-нет

Создание брейн-нета, способного передавать такую информацию, вероятно, будет осуществляться поэтапно. Первым шагом станет вживление нанозондов в важные области мозга, такие как левая височная доля, отвечающая за речь, и затылочная доля, отвечающая за зрение. Затем компьютеры, проанализировав сигналы с этих датчиков, будут их расшифровывать. Эту информацию, в свою очередь, можно будет пересылать куда угодно по оптоволокну.

Сложнее будет ввести эти сигналы в мозг другого человека, где их смогут обработать приемные устройства. До сих пор все успехи в этой области сосредоточены в гиппокампе, но в будущем, вероятно, мы научимся подавать сообщения и в другие части мозга, отвечающие за слух, зрение, тактильные ощущения и т. п. Работы еще много, ученые только начинают картировать участки коры, отвечающие за эти чувства. Когда карты коры будут составлены — как уже существующая карта гиппокампа, о которой мы поговорим в следующей главе, — появится возможность вводить в чужой мозг слова, мысли, воспоминания и переживания.

Доктор Николелис пишет: «Не исключено, что следующие поколения людей в самом деле овладеют навыками, технологиями и этикой, необходимыми для создания функционирующего брейн-нета — среды, посредством которой миллиарды человеческих существ смогут по взаимному согласию устанавливать прямой контакт с другими людьми исключительно мысленным усилием. Каким будет этот колосс коллективного сознания, как он будет выглядеть, ощущаться, что делать, ни я и никто другой в настоящее время не в состоянии ни представить себе, ни описать».

Брейн-нет и цивилизация

Брейн-нет сможет изменить путь развития цивилизации. Каждый раз с появлением новой системы связи необратимо ускорялись изменения в обществе, можно сказать, менялись эры в истории человечества. В доисторические времена наши предки тысячи лет кочевали небольшими группами, общаясь с сородичами посредством языка тела и невнятными восклицаниями. Появление вербального языка позволило передавать символы и сложные идеи, результатом чего стал переход к оседлости, появление деревень, а со временем и городов. В последние несколько тысяч лет письменный язык позволил собирать знания и культуру и передавать все от поколения к поколению; результат — расцвет науки, искусства, архитектуры и возникновение громадных империй. Появление телефона, радио и телевидения расширило возможности связи на целые материки. Сегодня Интернет делает возможным появление всепланетной цивилизации, которая свяжет воедино народы всего мира. Следующим гигантским шагом может стать планетарная сеть — брейн-нет, — в которой можно будет на глобальном уровне обмениваться полным спектром чувств, эмоций, воспоминаний и мыслей.

«Мы станем частью их операционной системы»

В ходе разговора доктор Николелис рассказал, что интерес к науке возник у него давным-давно, еще в детстве, в родной Бразилии. Он помнит, как смотрел прямую трансляцию высадки на Луну с Apollo, захватившую внимание всего мира. Это было поразительное достижение. А сегодня, сказал он, речь идет о его собственной «лунной миссии» — освоении телекинеза, или способности двигать объекты силой мысли.

Мозг и его тайны заинтересовали юного бразильца еще в школе, когда ему попалась книга Айзека Азимова «Человеческий мозг». Конец книги, правда, разочаровал. Вообще, в ней ничего не говорилось о том, как все эти структуры взаимодействуют между собой и порождают сознание (тогда никто не знал ответа на этот вопрос). В какой-то момент юноша понял, что, возможно, это его судьба — разобраться в тайнах мозга.

Около десяти лет назад он начал всерьез обдумывать планы, связанные с воплощением детской мечты — исследованием мозга. Для начала он использовал мышь, которой передал управление неким механическим устройством. «Мы поместили в череп мыши датчики, задачей которых было считывать с мозга электрические сигналы. Затем передали эти сигналы на небольшое роботизированное устройство, способное поднимать

воду из фонтана ко рту мыши. Так что мыши пришлось, чтобы достать воды, научиться мысленно двигать роботизированным устройством. Так впервые была продемонстрирована возможность подсоединить животное к машине таким образом, чтобы оно могло управлять машиной мысленно, без реальных движений тела», — объяснил он.

Сегодня он может анализировать не пятьдесят, а около тысячи нейронов в мозгу обезьяны; эти нейроны воспроизводят различные движения в разных частях обезьяньего тела. Его обезьяна может управлять различными устройствами, такими как механическая рука или виртуальные образы в киберпространстве. «У нас есть даже аватар обезьяны, и она может управлять им, не двигаясь с места», — рассказал Николелис. Для этого обезьяне показывают видеозапись аватара, представляющего ее тело. После этого обезьяна мысленно приказывает телу двигаться, и аватар на экране выполняет ее движения.

Николелис предвидит, что в ближайшем будущем мы сможем играть в видеоигры, а также управлять компьютерами и другими устройствами силой мысли. «Мы станем частью их операционной системы. Мы погрузимся в них при помощи механизмов, очень похожих на те, что я здесь описываю».

Экзоскелеты

Следующий проект доктора Николелиса называется «Пойти снова». Его цель — не более и не менее чем полный экзоскелет для тела, управляемый мыслью. При первом упоминании слово «экзоскелет» вызывает ассоциации с какими-то штуками из фильмов про Железного человека. На самом же деле это специальный костюм с электромоторами, надеваемый на тело, при помощи которого человек сможет двигаться. Николелис называет такой костюм «носимым роботом» (рис. 10).

По его словам, он ставит перед собой цель помочь парализованным людям научиться «ходить силой мысли». Он планирует использовать беспроводную технологию, «чтобы ничего из головы не торчало… Мы собираемся поручить 20 000–30 000 нейронов управление таким роботизированным костюмом, чтобы человек с помощью мысли мог шагать, как прежде, а также двигаться и брать руками объекты.

Рис. 10. Экзоскелет, которым, как надеется доктор Николелис, парализованный человек будет управлять мыслью

Николелис понимает, что, прежде чем экзоскелет станет реальностью, придется преодолеть множество препятствий. Во-первых, необходимо разработать новое поколение микросхем, которые можно будет безопасно устанавливать непосредственно в мозг и оставлять там по крайней мере на несколько лет. Во-вторых, необходимо сконструировать беспроводные датчики, чтобы экзоскелету ничто не мешало двигаться. Сигналы от мозга станут поступать по беспроводной связи в компьютер размером с сотовый телефон, который, вероятно, нужно будет носить на поясе. В-третьих, нужно еще многое сделать для расшифровки и интерпретации сигналов мозга при помощи компьютера. Обезьяне, чтобы управлять механической рукой, достаточно нескольких сотен нейронов. Человеку для управления рукой или ногой потребуется их несколько тысяч. И, в-четвертых, необходимо найти источник энергии, который был бы портативным и притом достаточно мощным, чтобы обеспечивать электропитанием целый экзоскелет.

Николелис ставит перед собой сложную цель: подготовить действующий экзоскелет к чемпионату мира 2014 г. в Бразилии, где

парализованный бразилец смог бы нанести первый символический удар по мячу. Он с гордостью сказал мне: «Это наша бразильская лунная программа».

Аватары и суррогаты

В фильме «Суррогаты» Брюс Уиллис сыграл агента ФБР, расследующего серию загадочных убийств. Ученые создали настолько совершенные экзоскелеты, что они по всем параметрам превзошли естественные возможности людей. Эти механические существа очень сильны и обладают совершенными телами. Мало того, они настолько совершенны, то человечество попало в зависимость от них. Теперь люди проводят жизнь в специальных капсулах, мысленно управляя своими красивыми и совершенными суррогатами при помощи беспроводных технологий. Куда бы вы ни пошли, везде увидите деловых «людей», занятых работой, но это лишь отлично сделанные суррогаты. Их стареющие хозяева скрыты от чужих глаз, что очень удобно. Однако сюжет делает резкий поворот, когда Брюс Уиллис обнаруживает, что человек, стоящий за убийствами, может быть связан с тем самым ученым, которому общество обязано изобретением суррогатов. В результате он начинает задумываться, что на самом деле представляют собой суррогаты — благословение или проклятье.

А в блокбастере «Аватар» на Земле к 2154 г. истощились залежи большинства полезных ископаемых, в результате чего горнорудная компания в поисках редкого металла анобтаниума отправляется на отдаленный спутник по имени Пандора в системе альфы Центавра. На этом спутнике обитают местные племена, которые называют себя на’ви и живут в гармонии с природой. Для общения с аборигенами специально обученных работников помещают в капсулы, откуда они учатся мысленно управлять телами аборигенов, выращенными при помощи генной инженерии. Хотя атмосфера планеты ядовита для людей, а природа кардинально отличается от земной, аватары спокойно живут в этом мире. Однако сложившиеся более или менее нейтральные отношения рушатся, когда горнорудная компания находит богатые залежи анобтаниума под священным церемониальным деревом на’ви. Возникает неизбежный конфликт между компанией, которая хочет погубить священное дерево и устроить на его месте карьер для добычи редкого металла, и аборигенами, которые поклоняются дереву. Кажется, что у аборигенов нет никаких шансов, но

один из специально обученных работников переходит на их сторону и приводит на’ви к победе.

Сегодня аватары и суррогаты — одна из любимых тем научной фантастики, но однажды они могут стать полезнейшими инструментами науки. Человеческое тело хрупко и не годится для выполнения многих опасных задач, включая и космические путешествия. Конечно, фантастические романы полны героических деяний храбрых астронавтов, добирающихся до самых дальних уголков Галактики, но реальность куда скромнее. Дальний космос пронизан мощными излучениями, от которых астронавтов придется защищать; в противном случае их ждет преждевременное старение, лучевая болезнь и рак. Солнечные вспышки тоже могут обрушить на космический корабль смертельное излучение. Во время простого трансатлантического перелета из США в Европу на вас действует излучение интенсивностью 1 мбэр/час, т. е. за час полета вы получаете примерно такую же дозу, как при рентгеновском снимке зуба. Но в открытом космосе излучение может быть во много раз более сильным, особенно с учетом космических лучей и солнечных вспышек. (Во время сильных солнечных бурь NASA рекомендует астронавтам на космической станции перейти в отсеки, лучше защищенные от радиации.)

Кроме того, в открытом космосе есть много других опасностей: микрометеориты, продолжительное действие невесомости, проблема приспособления к разной силе тяготения. За несколько месяцев в невесомости тело теряет значительную долю кальция и других минеральных веществ; астронавты невероятно слабеют, даже если ежедневно занимаются физкультурой. После полугода, проведенного в космосе, русские космонавты выбираются из спускаемых аппаратов ползком (если, конечно, спускаемый аппарат не удавалось обнаружить вовремя и поисковая служба не могла им помочь). Более того, считается, что некоторые изменения мышц и костей носят необратимый характер, так что астронавты будут всю жизнь чувствовать последствия продолжительного воздействия невесомости.

Опасность со стороны микрометеоритов и интенсивных радиационных полей на Луне так велика, что многие предлагают строить постоянную лунную станцию в гигантской подлунной пещере, чтобы защитить астронавтов. Подобные пещеры образуются естественным путем в виде лавовых трубок потухших вулканов. Но самый безопасный способ строить лунную базу заключается в том, чтобы астронавты все время строительства сидели в собственных уютных гостиных. Там они будут надежно защищены от всех космических невзгод, а работать при помощи

суррогатов смогут не хуже. Суррогаты смогут делать на Луне все то, что делали бы астронавты. Это позволило бы кардинально удешевить изучение космоса, поскольку жизнеобеспечение астронавтов — штука чрезвычайно дорогостоящая.

Возможно, когда первый межпланетный корабль достигнет отдаленной планеты и суррогат астронавта впервые ступит на ее почву, он сможет сказать: «Это маленький шаг для сознания…»

Одна из возможных проблем, связанных с таким подходом, заключается в том, что сигналу на путь до Луны и обратно (а тем более до далекой планеты) требуется время. До Луны радиосообщение доходит чуть больше чем за секунду, так что суррогатами на Луне можно легко управлять с земли. Сложнее было бы поддерживать связь с суррогатами на Марсе — радиосигнал до Красной планеты может идти 20 минут и больше.

Но суррогатам можно найти применение и поближе к дому. Ущерб от аварии на станции «Фукусима» в Японии в 2011 г. составил не один миллиард долларов. Поскольку рабочие могут находиться в зоне смертельной радиации не больше нескольких минут, окончательная расчистка территории может длиться до 40 лет. К несчастью, роботы пока не настолько совершенны, чтобы войти в сильнейшее радиационное поле и провести необходимые работы. Фактически в Фукусиме используются только примитивные тележки на колесах с компьютером и выдвинутой вверх камерой. Полноценный автомат, способный думать самостоятельно (или управляться дистанционно оператором) и вести ремонтные работы в мощных радиационных полях, появится не раньше чем через несколько десятилетий.

Отсутствие промышленных роботов стало острой проблемой для СССР в 1986 г. во время аварии на Чернобыльской АЭС. Рабочие, которых посылали непосредственно на место аварии тушить огонь, умерли страшной смертью, получив смертельную дозу радиации. Позже Михаил Горбачев приказал военным забросать реактор мешками с песком; с вертолетов туда было сброшено 5000 т борированного песка и цемента. Уровни радиации были настолько высоки, что для окончательной локализации последствий аварии пришлось задействовать 250 000 человек. Каждый из них мог провести внутри здания реактора лишь несколько минут, успевая сделать за это время очень немногое. Многие получили максимальную суммарную дозу облучения. Каждого наградили за это медалью. Этот проект стал крупнейшим инженерным достижением в истории человечества. То, что сделали люди, сегодня невозможно было бы сделать при помощи роботов[10].

Корпорация Honda, надо сказать, построила робот, который со временем, надо надеяться, сможет действовать в смертельно опасном радиоактивном окружении, но он еще не готов к работе. Ученые Honda разместили на голове оператора ЭЭГ-датчик и подключили его к компьютеру, который должен анализировать излучение мозга. Компьютер, в свою очередь, соединен по радиоканалу с роботом по имени ASIMO. По идее, оператор сможет, используя излучение мозга, мысленно управлять ASIMO.

К несчастью, этот робот не способен вести ремонтные работы на Фукусиме уже сейчас, поскольку умеет выполнять всего четыре основных движения (двигает пока только головой и плечами), тогда как для ремонтных работ на разрушенной атомной станции требуются сотни различных движений. Эта система недостаточно развита даже для того, чтобы выполнять простые задания вроде работы отверткой или молотком.

Другие группы ученых тоже исследуют возможность создания управляемых мыслью роботов. Доктор Раджеш Рао из Университета Вашингтона создал аналогичного робота, управлять которым должен человек с ЭЭГ-шлемом на голове. Его блестящий гуманоидный робот имеет рост около 60 см и имя Морфеус (в честь одного из героев фильма «Матрица» и заодно греческого бога сновидений). Кандидат в операторы надевает на голову ЭЭГ-шлем, а затем делает определенные жесты (к примеру, двигает рукой); соответствующие ЭЭГ-сигналы записывает компьютер. Постепенно в компьютере формируется библиотека ЭЭГ-сигналов, каждый из которых связан с каким-то конкретным движением конечности. После этого робота программируют так, чтобы он отвечал на каждый посланный ему ЭЭГ-сигнал соответствующим движением руки. Таким образом, если оператор думает о движениях руки, то Морфеус соответственно двигает рукой. Когда вы впервые надеваете на голову ЭЭГ-шлем, компьютеру требуется около десяти минут, чтобы откалибровать программу в соответствии с сигналами вашего мозга. Постепенно вы приспосабливаетесь и осваиваете искусство делать мысленно жесты, которые управляют роботом. К примеру, вы можете заставить его подойти к вам, взять со стола брусок, пройти еще метра два до соседнего стола и положить брусок там.

В Европе исследования тоже идут полным ходом. В 2012 г. швейцарские ученые из Федеральной политехнической школы в Лозанне рассказали о своем последнем достижении — роботе, управляемом телепатически при помощи ЭЭГ-датчиков на расстоянии около 100 км. Сам робот внешне похож на робот-пылесос iRobot Roomba, который нередко

можно встретить в домах. Однако на деле это более сложный робот, оборудованный камерой, помогающей ему находить путь в офисе, обходя всевозможные препятствия. Парализованный пациент может, к примеру, посмотреть на экран компьютера, соединенный с видеокамерой робота, находясь за многие километры от этого места, и увидеть окружающую обстановку глазами робота. При этом пациент может мысленно управлять движениями робота, помогая ему прокладывать путь.

Можно себе представить, что в будущем самые опасные задания будут выполнять роботы, телепатически управляемые людьми. Доктор Николелис говорит: «Мы, скорее всего, сможем использовать дистанционно управляемых посланников. Роботы и воздушные суда всевозможных форм и размеров будут по нашему поручению отправляться на исследование других планет и звезд в самые дальние уголки Вселенной».

К примеру, в 2010 г. мир с ужасом наблюдал, как в Мексиканском заливе бесконтрольно вылилось в море 5 млн баррелей сырой нефти. Разлив нефти на платформе Deepwater Horizon стал одной из крупнейших катастроф в истории, но почти три месяца инженеры практически ничего не могли сделать. Роботизированные подводные аппараты с дистанционным управлением неделями барахтались вокруг скважины, пытаясь поставить на нее заглушку, но им не хватало умения и гибкости для выполнения этой миссии. Если бы в распоряжении инженеров были подводные суррогаты, намного лучше приспособленные к работе с инструментами, то течь, возможно, удалось бы устранить уже в первые дни, избежав миллиардных потерь.

Возможно, что когда-нибудь подобные суррогаты смогут проникнуть в тело человека, чтобы провести изнутри сложнейшую хирургическую операцию. Именно эта идея анализировалась в фильме «Фантастическое путешествие» с Рэкел Уэлч в главной роли; по сюжету фильма подводную лодку с экипажем уменьшили до размера кровяной клетки, а затем запустили в вену человека, в мозгу которого образовался тромб. Уменьшение атомов противоречит законам квантовой физики, но когда-нибудь микроэлектромеханические системы (МЭМы) размером с клетку действительно смогут путешествовать по сосудам человека. МЭМы — это невероятно маленькие аппараты, которые легко поместятся на кончике иглы. При их производстве используются те же технологии травления, что и в Кремниевой долине; с их помощью можно разместить сотни миллионов транзисторов на подложке размером с ноготь. Сложный механизм с передачами, рычагами, лебедками и даже двигателями по размеру может быть меньше точки в конце этого предложения. Когда-нибудь можно будет

надеть на голову ЭЭГ-шлем и по беспроводной связи скомандовать МЭМ-подлодке провести в организме пациента хирургическую операцию.

Таким образом, МЭМ-технологии могут открыть совершенно новые области медицины, основанные на работе в теле человека микроскопических машин. Не исключено, что МЭМ-подлодки смогут доставить нанозонды в мозг и подсоединить как раз к тем нейронам, к каким нужно. Таким образом, нанозонды смогут принимать и передавать сигналы от небольшого числа нейронов, задействованных в каком-то конкретном поведении. Не нужно будет гадать на кофейной гуще и вводить электроды в мозг наугад.

Будущее

Говоря коротко, эти замечательные исследования, проводимые в лабораториях по всему миру, смогут облегчить страдания людей, скованных параличом и страдающих другими функциональными нарушениями. Они смогут силой мысли общаться с родными и близкими, управлять креслом и кроватью, ходить, мысленно управляя механическими конечностями, пользоваться домашними приборами и вести почти нормальную жизнь.

Однако в долгосрочной перспективе эти достижения могут вызвать в мире глубокие и практические изменения. К середине века прямое мысленное общение с компьютером станет, возможно, обычным делом. Поскольку в компьютерной индустрии задействованы триллионы долларов, в ней очень быстро появятся новые молодые миллиардеры и глобальные корпорации; успех мозго-машинного интерфейса отразится и на Уолл-стрит, и в вашей гостиной.

В будущем устройства, которые мы используем для связи с компьютером (мышь, клавиатура и т. п.), похоже, вообще исчезнут: достаточно будет отдать мысленную команду, и крохотные микросхемы, скрытые повсюду, молча выполнят все наши желания. Пока мы сидим в офисе, прогуливаемся в парке, глазеем на витрины или просто отдыхаем, наше сознание будет взаимодействовать с десятками скрытых микросхем, распоряжаясь деньгами, заказывая билеты в театр или номер в гостинице.

Эта технология будет полезна и художникам. Достаточно будет мысленно визуализировать образ, чтобы компьютер при помощи ЭЭГ-датчиков перевел его на голографический трехмерный экран. Поскольку мысленный образ не слишком точен, позже художник сможет подправить

это изображение и придумать следующую итерацию. После нескольких циклов такой работы можно будет распечатать окончательный вариант на 3D-принтере.

Точно так же инженеры при помощи воображения смогут создавать масштабные модели мостов, туннелей, аэропортов и мгновенно вносить изменения в свои чертежи — тоже мысленно. Детали машин можно будет прямо с экрана компьютера переводить в материальную форму, распечатывая на 3D-принтере.

Некоторые критики, однако, утверждают, что подобные телекинетические возможности имеют одно очень серьезное ограничение: недостаток энергии. В кино сверхлюди силой мысли способны двигать горы, но в реальности все сложнее. В фильме «Люди Икс: Последняя битва» суперзлодей Магнето способен сдвинуть мост Золотые Ворота, просто показав на него пальцем, но на деле человеческое тело может обеспечить в среднем лишь около одной пятой лошадиной силы, чего, конечно, не хватит для тех деяний, которые мы видим в комиксах. Так что все геракловы подвиги владеющих телекинезом суперсуществ представляются чистой фантазией.

Тем не менее решение энергетической проблемы существует. Не исключено, что можно мысленно подключиться к источнику энергии, который увеличит вашу мощность в миллионы раз. Таким образом, человек по могуществу мог бы приблизиться к богу. В одном из эпизодов «Звездного пути» экипаж звездолета попадает на далекую планету и встречает там богоподобное существо, которое называет себя Аполлоном, греческим богом Солнца. Это существо способно демонстрировать чудеса, поражающие экипаж. Он даже утверждает, что был на Земле тысячи лет назад и земляне поклонялись ему. Но экипаж не верит в богов и начинает подозревать обман. Позже выясняется, что этот «бог» попросту контролирует ментально скрытый источник энергии, который помогает ему проделывать чудесные трюки. Как только источник удается разрушить, он вновь становится простым смертным.

Так же и в будущем наше сознание, возможно, сможет контролировать источник энергии, который обеспечит нас сверхъестественными возможностями. К примеру, строительный рабочий мог бы телепатически пользоваться источником энергии для использования тяжелой техники и в одиночку — одной только силой мысли — строить сложные сооружения и дома. Тяжелые работы, естественно, выполняла бы техника за счет внешнего источника энергии, а рабочий, словно дирижер оркестра, силой мысли управлял слаженной работой колоссальных кранов и мощных

бульдозеров.

Наука начинает догонять фантастику и еще в одном отношении. Сюжет саги «Звездные войны» разворачивается в то время, когда цивилизация распространилась на всю Галактику. Мир в этой Галактике поддерживается силами рыцарей-джедаев — воинов, которым некая Сила помогает читать мысли и использовать в битве световые мечи.

Однако для того, чтобы начать осваивать Силу, не нужно ждать полного освоения Галактики. Некоторые аспекты Силы доступны уже сегодня: речь идет, в частности, о возможности чтения чужих мыслей при помощи электродов ЭКоГ или ЭЭГ-шлемов. А телекинетические способности рыцарей-джедаев станут доступны, если мы сумеем обуздать источник энергии и подчинить его человеческому сознанию. Рыцарю-джедаю, к примеру, чтобы вызвать световой меч, достаточно было просто взмахнуть рукой, и сегодня мы уже можем проделать такой фокус, воспользовавшись магнитной силой (вспомните, что магнит МРТ-аппарата способен швырнуть молоток через всю комнату). Научившись мысленно активировать источник энергии, вы сможете призвать световой меч с другого конца комнаты уже сегодня: технология позволяет.

Могущество бога

Телекинез — способность, обычно приписываемая божествам или супергероям. Во вселенной супергероев, изображаемой в голливудских блокбастерах, пожалуй, самой могущественной героиней является Феникс — владеющая телекинезом женщина, способная при желании передвигать любые объекты. Как член сообщества людей Икс, она может силой мысли перемещать тяжелую технику, сдерживать наводнения или поднимать реактивные самолеты. (Однако в итоге, когда ее поглощает темная сторона собственной силы, она начинает бушевать уже в космосе; оказывается, ей под силу сжигать солнечные системы и уничтожать звезды. Ее сила столь велика и непокорна, что в конце концов приводит ее к самоубийству.)

Но как далеко может зайти наука в овладении телекинезом?

В будущем, даже если появится внешний источник энергии для усиления мыслей, человек, даже обладающий способностью к телекинезу, вряд ли сможет двигать такие материальные объекты, как карандаш или чашка кофе. Мы уже упоминали, что в природе существует всего четыре фундаментальные силы, и ни одна из них не в состоянии двигать объекты без внешнего источника энергии. (Лучше всего для этой цели подходит

магнетизм, но магнетизм способен передвигать не все объекты. Те, что состоят из пластика, воды или дерева, магнитным полям неподвластны.) Даже простая левитация — трюк, который можно найти в выступлении почти любого иллюзиониста, — находится далеко за пределами наших научных возможностей.

Так что даже при наличии внешнего источника энергии маловероятно, чтобы человек с телекинетическими способностями мог реально двигать предметы. Однако существует технология, которая может к этому приблизиться, и связана она со способностью трансформировать объекты, т. е. превращать их один в другой.

Речь идет о так называемом «программируемом веществе», разработкой которого в последнее время интенсивно занимается компания Intel. Идея в том, чтобы создавать объекты из крохотных катомов — микроскопических компьютерных чипов. Каждым катомом можно управлять дистанционно по беспроводной связи. Его можно запрограммировать на изменение заряда на поверхности таким образом, чтобы он связался с остальными нужным образом. Запрограммировав электрические заряды, мы заставим катомы объединиться и предстать, например, как сотовый телефон. Но стоит нажать кнопку, изменяя программу, и катомы мгновенно перестроятся и сложатся другим способом, скажем, в планшетный компьютер.

Я видел демонстрацию этой технологии в Университете Карнеги — Меллона в Питтсбурге, где ученые сумели создать чип размером с булавочную головку. Чтобы посмотреть на катомы, мне пришлось войти в «чистую комнату», одевшись предварительно в специальный белый комбинезон, пластиковые башмаки и шапочку, призванную уберечь комнату даже от мельчайших частиц пыли. Там под микроскопом я увидел внутри каждого катома сложную схему, которая и дает возможность упорядоченно расположить электрические заряды на поверхности катома. Как сегодня мы можем писать программы и задавать алгоритм работы программного обеспечения, так в будущем мы сможем программировать и «железо».

Следующий шаг состоит в том, чтобы понять, можно ли комбинировать катомы таким образом, чтобы из них сложилось что-нибудь полезное, и любой ли объект можно из них получить. Вероятно, прототип программируемого вещества появится не раньше середины века. Из-за сложности программирования одновременно миллиардов катомов придется разрабатывать новый компьютер, который мог бы формировать заряд на каждом катоме. Может быть, к концу нынешнего века можно будет

мысленно управлять этим компьютером и, соответственно, превращать один объект в другой. Таким образом, мысленно можно будет сделать очень многое — отремонтировать квартиру, реорганизовать кухню, купить родным и знакомым рождественские подарки.

Легенда о морали

Воплотить в реальность все мечты может только божество. Однако у такого небесного могущества есть и оборотная сторона. Любая технология может быть использована как на пользу, так и во зло. По существу, наука — палка о двух концах. С одной стороны, она способна искоренить бедность, болезни и невежество, а с другой — принести вред людям, причем различными способами.

Несложно догадаться, что эти технологии способны сделать войны еще более жестокими и страшными. Возможно, когда-нибудь в схватку будут вступать только суррогаты, вооруженные целым арсеналом высокотехнологичного оружия. Живые солдаты, находясь в безопасности за тысячи миль от места событий, станут пускать в ход последние достижения военной науки, не задумываясь об ущербе, причиняемом гражданскому населению. Конечно, применение суррогатов в качестве солдат поможет сберечь жизни солдат живых, но гражданские лица и имущество могут сильно по-страдать.

Еще более серьезная проблема состоит в том, что такая мощь может оказаться слишком большой, чтобы ей мог управлять обычный смертный. В романе Стивена Кинга «Кэрри» автор исследовал внутренний мир молодой девушки, которую вечно обижали сверстники: ее не принимали в компанию, и все ее существование превратилось в непрерывную цепь оскорблений и унижений. Однако мучители не знали о своей жертве одного обстоятельства: девушка обладала способностями к телекинезу.

После выпускного, когда одноклассники засыпали ее насмешками, а платье залили кровью, девушка наконец не выдержала. Собрав все силы, она заманила мучителей в ловушку, а затем уничтожила их разом. После этого она решила сжечь заодно и школу, но ее сила была слишком велика, и в конце концов девушка погибла в вызванном ею же пожаре.

Но гигантская мощь телекинеза не только может обернуться против того, кто пытается ею управлять. Существует и другая проблема. Даже если вы приняли все меры предосторожности и приложили все усилия к тому, чтобы понять и обуздать эту мощь, она все же может вас уничтожить, если,

по иронии судьбы, будет точно следовать вашим мыслям и командам. В этом случае приговором для вас станут ваши же мысли.

Фильм «Запретная планета» (1956) основан на сюжете пьесы Уильяма Шекспира «Буря», которая начинается с того, что на далеком острове в одиночестве живут колдун и его дочь. В сюжете «Запретной планеты» профессор с дочерью живут на далекой планете, которая когда-то была домом креллов — цивилизации, на миллионы лет обогнавшей человечество в развитии. Величайшим достижением креллов стало создание устройства, которое обеспечивает своему обладателю абсолютную мощь телекинеза, возможность мысленно управлять материей во всех ее формах. Стоило только пожелать, и все желаемое тут же материализовывалось. Можно было менять реальность по собственной прихоти.

Однако накануне величайшего триумфа креллы бесследно исчезли. Что могло погубить столь могущественную цивилизацию?

Когда корабль землян садится на планету, чтобы выручить профессора и его дочь, выясняется, что там обитает жуткое чудовище, которое принимается убивать членов экипажа одного за другим. В конце концов один из астронавтов раскрывает секрет и креллов, и чудовища. Умирая, он успевает сказать: «Зверь из подсознания!»

В этот момент до профессора доходит шокирующая правда. Ночью после включения машины телекинеза креллы уснули, и все подавленные желания вырвались из подсознания и материализовались. Оказалось, что в подсознании этих высокоразвитых существ скрывались подавленные животные порывы и желания из давнего прошлого. Внезапно воплотились в реальность все фантазии, все мечты о мести, и великая цивилизация в одну ночь погубила сама себя. Завоевав множество миров, креллы не смогли подчинить одну-единственную вещь: собственное подсознание.

Вот урок для каждого, кто хочет высвободить силы разума. В нем, конечно, берут начало благороднейшие достижения и гуманистические мысли. Но там же можно встретить и зверей из подсознания.

Изменить себя: воспоминания и интеллект

До сих пор мы обсуждали возможности науки расширить наши умственные способности разума через телепатию и телекинез. Человек в основе своей при этом не меняется: ни одно, ни другое не меняет нас по существу. Однако в настоящее время открывается еще одна, совершенно новая область исследований, достижения в которой позволят кардинально

менять саму природу человека. Не исключено, что в самое ближайшее время можно будет, используя новейшие достижения в генетике, электромагнетизме и лекарственной терапии, менять наши воспоминания или совершенствовать интеллект. Идея о загрузке искусственных воспоминаний, едва ли не мгновенном освоении сложных навыков и резком повышении умственных способностей мало-помалу покидает пределы научной фантастики.

Без воспоминаний человек теряется: он дрейфует без смысла и цели в море случайных раздражителей и не может разобраться ни в прошлом, ни в себе самом. Что произойдет, если в один прекрасный день мы научимся вкладывать в мозг искусственные воспоминания? Что произойдет, если мы научимся овладевать любыми знаниями, просто загружая в память готовый файл? И что случится, если мы не сможем отличить настоящие воспоминания от поддельных? Кем же мы тогда станем?

Ученые понемногу переходят от простого наблюдения за природой к активному ее преобразованию. Это означает, что мы, возможно, научимся манипулировать памятью, мыслями, разумом и сознанием. Вместо того чтобы просто следить за работой хитрой механики мозга, когда-нибудь мы научимся управлять ею.

А теперь давайте ответим на такой вопрос: можем ли мы загружать в мозг воспоминания?

5. Воспоминания и мысли на заказ

Если бы наш мозг был достаточно простым, чтобы его можно было понять, мы не были бы достаточно умными, чтобы понять его.

Аноним

Нео — тот, кого мы ждали. Только он может привести покоренное человечество к победе в борьбе с машинами. Только Нео может уничтожить Матрицу, внедрившую в наши мозги ложные воспоминания, чтобы управлять нами.

В классической сцене из фильма «Матрица» служащие злу стражи, охраняющие Матрицу, наконец загнали Нео в угол. Похоже, что последняя надежда человечества вот-вот будет уничтожена. Но Нео заранее вставил в основание черепа разъем, через который можно мгновенно загрузить в мозг навыки боевых искусств. В несколько секунд он становится мастером карате, способным уложить стражей серией захватывающих дух ударов.

В «Матрице» овладеть навыками обладателя черного пояса по карате не сложнее, чем аккуратно ввести в мозг электрод и нажать кнопку «загрузка». Возможно, когда-нибудь и мы сможем загружать себе в голову воспоминания, способные сильно повысить наши возможности.

Но что произойдет, если загруженные в мозг воспоминания окажутся ложными? В фильме «Вспомнить все» Арнольду Шварценеггеру подгружают в мозг поддельные воспоминания, и грань между реальностью и выдумкой предельно размывается. До самого конца фильма его герой доблестно сражается на Марсе с плохими парнями и только в последний момент внезапно понимает, что он сам — их предводитель. Тот факт, что его воспоминания о нормальной законопослушной жизни — всего лишь подделка, повергает героя Шварценеггера в шок.

Голливуд обожает фильмы с захватывающими, но пока что выдуманными историями из мира искусственных воспоминаний. На современном уровне развития науки и техники все это, разумеется, невозможно, но можно представить, что пройдет несколько десятилетий и наступит день, когда искусственные воспоминания станут реальностью.

Как мы помним

Как и случай Финеаса Гейджа, странный случай Генри Густава Моллисона, известного в научной литературе просто как пациент Н. М., произвел настоящую сенсацию в неврологии и повлек за собой множество невероятных открытий; он помог ученым осознать важность гиппокампа в формировании воспоминаний.

В возрасте девяти лет Н. М. получил серьезную травму головы, результатом которой стали изматывающие судороги и припадки. В 1953 г., когда ему было 25 лет, он перенес операцию, которая благополучно устранила эти симптомы. Но возникла другая проблема: хирурги по ошибке удалили у молодого человека часть гиппокампа. Поначалу казалось, что с Генри все в порядке, но очень скоро стало очевидно, что с ним что-то не так: он не мог ничего запомнить. Он жил исключительно в настоящем, здоровался с одними и теми же людьми по несколько раз на дню, причем в одних и тех же выражениях, как будто видел их впервые. Все, что попадало в его память, удерживалось в ней не более нескольких минут, а затем бесследно исчезало. Подобно Биллу Мюррею в фильме «День сурка», Н. М. был обречен всю оставшуюся жизнь проживать один и тот же день снова и снова. Но, в отличие от героя Билла Мюррея, он не помнил предыдущих итераций. При этом его долговременная память почти не пострадала, и он прекрасно помнил жизнь до операции, но из-за отсутствия гиппокампа был не в состоянии записывать в память новые впечатления. К примеру, он приходил в ужас, посмотрев в зеркало, ведь видел там лицо старика, хотя считал себя по-прежнему двадцатипятилетним. К счастью, память о пережитом ужасе быстро улетучивалась, сменяясь привычным туманом. В каком-то смысле Н. М. был подобен животному с сознанием уровня II, не способному ни вспомнить недавнее прошлое, ни смоделировать будущее. Без работающего гиппокампа человек деградировал с третьего уровня сознания до второго.

Сегодня с учетом успехов нейробиологии мы получили ясную картину того, как формируются, хранятся и извлекаются воспоминания. «Все это собралось воедино в последние несколько лет благодаря двум техническим новинкам — компьютерам и современному сканированию мозга», — говорит нейробиолог из Гарварда доктор Стивен Косслин.

Как нам известно, сенсорная (т. е. зрительная, тактильная, вкусовая) информация сначала должна пройти через мозговой ствол в таламус, который играет роль коммутатора, направляя сигналы в различные доли мозга, где они оцениваются. Обработанная информация поступает в префронтальную кору, где попадает в наше сознание и образует то, что мы называем кратковременной памятью; срок хранения информации в такой

памяти составляет от нескольких секунд до нескольких минут (рис. 11).

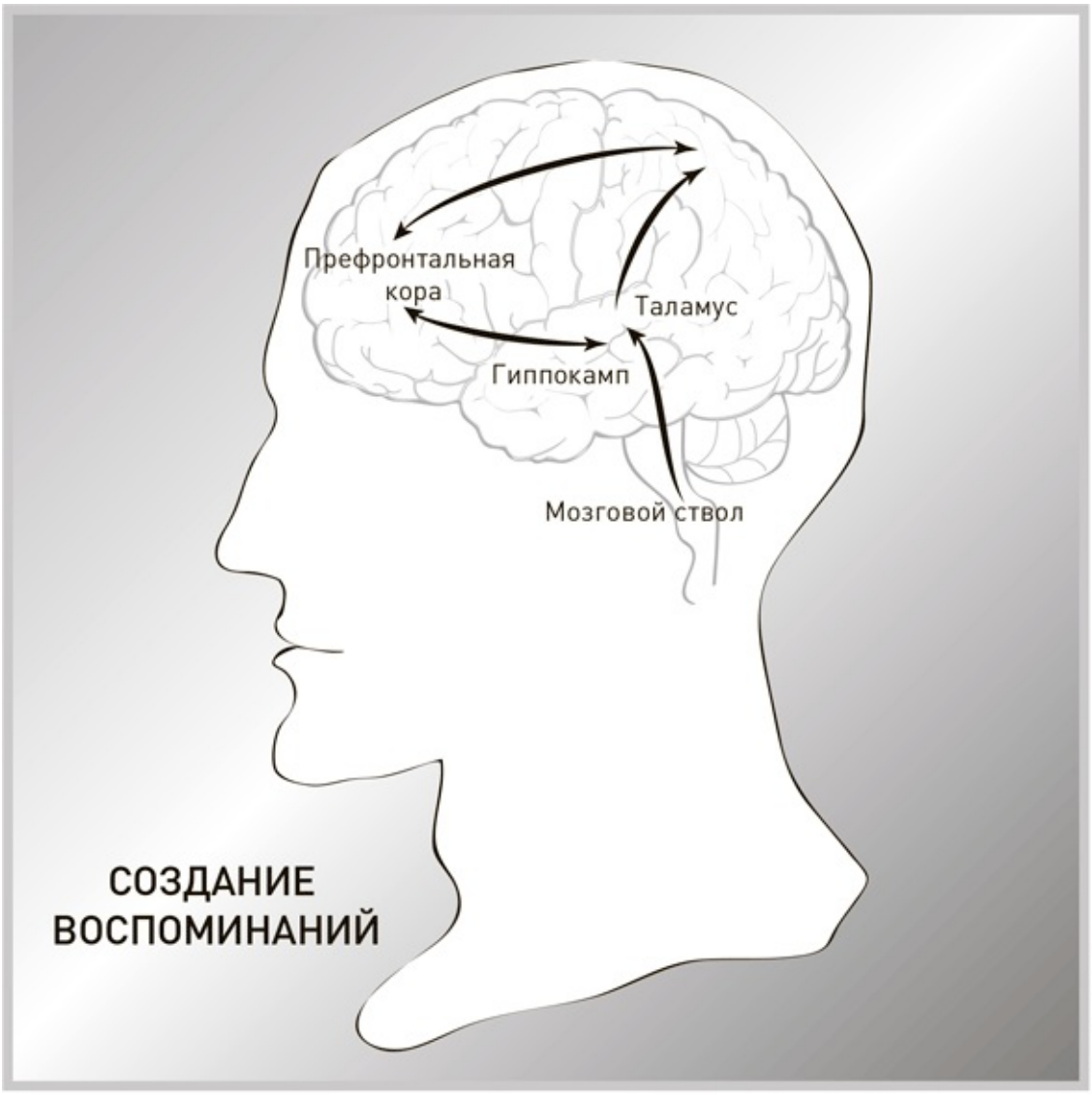

Рис. 11. Процесс создания воспоминаний. Импульсы от органов чувств проходят через мозговой ствол в таламус и далее в различные отделы коры, а затем поступают в префронтальную кору. После этого они передаются в гиппокамп для формирования долговременных воспоминаний

Чтобы заложить эту информацию на более длительное хранение, она должна пройти через гиппокамп, где воспоминания разбиваются на несколько категорий. Вместо того чтобы складывать все воспоминания в одной области мозга, как будто записывая на кассету или жесткий диск, гиппокамп перенаправляет фрагменты в разные отделы коры. (Хранение воспоминаний таким образом на самом деле более эффективно, чем их

последовательная укладка. Если бы человеческие воспоминания записывались последовательно, как на магнитной пленке, для их хранения требовался бы громадный объем памяти. В будущем, возможно, даже цифровые устройства хранения информации, вместо того чтобы укладывать данные целиком и последовательно, станут пользоваться методикой живого мозга.) К примеру, эмоциональные воспоминания хранятся в мозжечковой миндалине, а слова записываются в височной области. В то же время цвет и другая визуальная информация собирается в затылочной доле, а тактильные ощущения и движение — в теменной. На данный момент ученые различают более 20 категорий воспоминаний, хранимых в различных частях мозга, среди них фрукты и овощи, растения, животные, части тела, цвета, числа, буквы, существительные, глаголы, имена собственные, лица, гримасы, эмоции и звуки.

Любое воспоминание — возьмем, к примеру, воспоминание о прогулке в парке — содержит информацию, которая разбивается на части и складывается на хранение в различные области мозга, но любая часть этого воспоминания (к примеру, запах свежескошенной травы) может внезапно потянуть за собой сцепленные фрагменты, восстанавливая воспоминание целиком. Таким образом, конечная цель исследований памяти — разобраться в том, как отдельные фрагменты, лежащие в разных местах, собираются вместе, когда мы вспоминаем соответствующее событие. Решение этой проблемы, известной как «проблема связанности», могло бы объяснить множество загадочных аспектов памяти. Так, доктор Антонио Дамасио наблюдает за перенесшими инсульт пациентами, которые не способны узнавать впечатления какой-то одной категории, хотя все остальное вспоминают без труда. Дело в том, что инсульт поразил у них какую-то одну область мозга — именно ту, в которой хранятся воспоминания данной категории.

Проблема связности дополнительно осложняется тем, что все наши воспоминания и переживания носят очень личный характер. Воспоминания, скорее всего, четко настроены на их носителя, так что даже категории воспоминаний у разных людей могут не совпадать. К примеру, у дегустаторов вин может быть множество категорий для тонких оттенков вкуса, а у физиков — столько же, но совершенно других — для конкретных уравнений. Категории, в конце концов, возникают в процессе накопления опыта, и у разных людей они могут быть разными.

Одна из новых гипотез, имеющих отношение к проблеме связности, предлагает обратиться к тому факту, что в мозгу существуют электромагнитные колебания с частотой около 40 Гц, охватывающие его

целиком. Их можно зарегистрировать при ЭЭГ-сканировании. Возможно, один фрагмент воспоминания излучает на конкретной частоте, стимулируя при этом остальные его фрагменты, хранящиеся в других отделах мозга. Ранее считалось, что эти фрагменты хранятся близко друг к другу, но новая теория утверждает, что они связаны между собой не пространственными, а скорее временны́ми узами — они колеблются в унисон. Если теория подтвердится, это будет означать, что в мозгу непрерывно возникают электромагнитные импульсы, которые связывают различные его области и таким образом воссоздают воспоминания целиком. Следовательно, непрерывный поток информации между гиппокампом, префронтальной корой, таламусом и разными отделами коры может представлять собой не только обмен импульсами между нейронами. Часть информации может передаваться в форме резонанса между различными структурами мозга.

Записываем воспоминание

К сожалению, пациент Н.М. умер в 2008 г. в возрасте 82 лет и не дожил до некоторых сенсационных результатов, которые могли бы оказаться ему полезны. Речь идет о возможности создания искусственного гиппокампа и записи в мозг воспоминаний с его помощью. Это кажется фантастикой, но ученые из Университета Уэйк Форест и Южно-Калифорнийского университета в 2011 г. вошли в историю, сумев записать воспоминание мыши и сохранить его в цифровом виде в компьютере. Этот эксперимент призван был доказать принципиальную возможность такого действия и наглядно показать, что мечта о записи в мозг искусственных воспоминаний когда-нибудь может стать реальностью.

На первый взгляд сама идея загрузки готовых воспоминаний в память кажется нереальной: ведь мы видели, что воспоминания формируются путем обработки целого набора сенсорных переживаний, которые закладываются на хранение в разные места в неокортексе и лимбической системе. Но из случая с Н. М. нам известно, что существует орган, через который проходят все воспоминания и в котором они превращаются в долговременные: это гиппокамп. Руководитель группы доктор Теодор Бергер из Южно-Калифорнийского университета говорит: «Если вы не сможете сделать это в гиппокампе, то не сможете нигде».

Ученые начали с наблюдения, сделанного по результатам сканирования мозга мыши и основанного на том, что в гиппокампе существует по крайней мере два набора нейронов. Известно, что эти

наборы, получившие название CA1 и CA3, связываются друг с другом всякий раз, когда выполнено новое задание и освоено новое умение. После обучения мыши тому, что для получения воды нужно нажать последовательно два рычага, ученые проанализировали полученные данные и попытались расшифровать послания, которыми обменивались нейроны. Поначалу ничего не получилось, поскольку сигналы между двумя типами нейронов, казалось, не содержали никаких закономерностей. Однако, записав и проанализировав эти сигналы несколько миллионов раз, ученые в конце концов сумели определить, какой ответ дает тот или иной входной сигнал. При помощи зондов, введенных в гиппокамп мышей, ученые смогли записать сигналы, которыми обменивались CA1 и CA3, когда мышь училась нажимать рычаги один за другим.

Затем ученые ввели мышам особый препарат, который заставил их забыть обретенное умение. После этого записанное воспоминание было введено обратно его владелице — в мозг мыши направили те самые электрические сигналы, которые были из него получены. Примечательно, что память об обретенном умении при этом вернулась, и мышь смогла успешно пройти испытание. По существу, ученые создали искусственный гиппокамп, способный продублировать цифровую память. «Включаем прибор — мышь помнит; выключаем — не помнит, — рассказывает доктор Бергер. — Это очень важный шаг, потому что нам впервые удалось собрать все фрагменты воедино».

Как сказал Джоэль Дэвис из Главного штаба ВМС США, спонсировавшего исследования: «Дальше речь должна идти об использовании внедряемых воспоминаний для повышения квалификации. Это дело времени».

Ставки очень высоки, поэтому неудивительно, что эта область исследований развивается рекордными темпами. В 2013 г. произошел еще один прорыв, на этот раз в МТИ; там ученые сумели имплантировать в мозг мыши не просто воспоминания, а ложные воспоминания. Это означает, что когда-нибудь в мозг можно будет имплантировать воспоминания о событиях, которых никогда не происходило; трудно представить, какой эффект это достижение произведет в области образования и индустрии развлечений.

Ученые из МТИ использовали технологию, известную как оптогенетика (о ней мы поговорим подробнее в главе 8); эта технология позволяет активировать светом отдельные нейроны. Пользуясь этим методом, ученые могут распознать нейроны, отвечающие за конкретные воспоминания.

Предположим, что мышь входит в комнату и получает удар током. При исследовании гиппокампа можно выделить нейроны, ответственные за воспоминание об этом неприятном событии, и записать их сигналы. Затем мышь помещают в другую комнату, где нет никакой опасности. Но можно включить световую точку на оптоволокне и, воспользовавшись оптогенетикой, активировать воспоминание об ударе током. При этом мышь демонстрирует реакцию страха, хотя вторая комната совершенно безопасна.

Таким образом ученые МТИ смогли имплантировать мыши не только обычные воспоминания, но и воспоминания о событиях, которых не было. Не исключено, что когда-нибудь эта технология позволит имплантировать работникам воспоминания о новых навыках (вместо того чтобы переобучать их дедовскими способами) или обогатит Голливуд совершенно новым видом развлечения.

Искусственный гиппокамп

В настоящее время искусственный гиппокамп примитивен и способен записывать воспоминания только по одному, последовательно. Но ученые планируют повысить сложность искусственного гиппокампа, чтобы он мог хранить различные воспоминания и записывать воспоминания разных животных; предполагается постепенно дойти и до обезьян. Они также планируют сделать эту технологию беспроводной, заменив провода крохотными радиопередатчиками, чтобы воспоминания можно было загружать в мозг дистанционно, не имплантируя в него электроды.

Поскольку у людей гиппокамп тоже участвует в обработке воспоминаний, ученые видят в будущем широкое применение этой технологии для лечения инсультов, слабоумия, болезни Альцгеймера и множества других проблем, возникающих при повреждении или истощении этой области мозга.

Разумеется, прежде нужно преодолеть множество препятствий. Несмотря на все, что мы узнали о гиппокампе со времен случая с Н. М., эта зона мозга до сих пор остается для нас чем-то вроде черного ящика: его внутреннее устройство и принципы работы по большей части неизвестны. В результате невозможно создать воспоминание с нуля, но, если задание выполнено и воспоминание обработано, можно записать его и проиграть вновь.

Перспективные направления

Работа с гиппокампом приматов и тем более человека будет более трудоемкой, потому что гиппокамп у них намного больше и сложнее, чем у мышей. Первым шагом должно стать создание подробной нейронной карты гиппокампа. Это означает, что нужно помещать электроды в различные участки гиппокампа и записывать сигналы, которыми его части постоянно обмениваются между собой. Таким образом можно будет определить, какими путями движутся в гиппокампе потоки информации. В гиппокампе четыре основных отдела (CA1, CA2, CA3 и CA4), и ученым нужно будет записать сигналы, которыми они обмениваются.

На втором этапе исследований испытуемый будет выполнять определенные задания, а ученые — записывать импульсы, которые проходят по различным областям гиппокампа, т. е. фактически записывать воспоминания. К примеру, освоение определенного навыка (такого, скажем, как умение прыгать через скакалку) породит в гиппокампе электрическую активность, которую можно записать и тщательно проанализировать. Затем можно создать словарь, сопоставив каждое воспоминание с потоком информации, проходящей через гиппокамп.

Наконец, третий этап предусматривает запись воспоминания и подачу по электродам соответствующего сигнала в гиппокамп другого испытуемого, чтобы проверить, можно ли загрузить воспоминание. Таким образом испытуемый, возможно, научится прыгать через скакалку, хотя никогда раньше этого не делал. Если все получится, ученые постепенно создадут библиотеку, содержащую записи конкретных воспоминаний.

Возможно, пройдет не один десяток лет, прежде чем начнется работа с человеческой памятью, но можно примерно представить, как это будет выглядеть. В будущем людей, вероятно, будут нанимать для создания определенных воспоминаний, таких как шикарный отдых или фантастическое сражение. В различные области мозга таких людей будут вживлять наноэлектроды для записи воспоминаний. Эти электроды должны быть чрезвычайно маленькими и не мешать формированию воспоминаний.

Информация с электродов по беспроводной связи будет поступать в компьютер и соответствующим образом обрабатываться. Позже человеку, пожелавшему испытать эти воспоминания, введут в гиппокамп аналогичные электроды и с их помощью передадут воспоминание в мозг.

(Конечно, здесь есть сложности и свои подводные камни. Если попытаться внедрить в мозг воспоминание о каком-то физическом занятии,

скажем, о боевом искусстве, то возникнет проблема «мышечной памяти». Ведь когда мы, к примеру, ходим, то не обдумываем осознанно каждое движение и каждый шаг. Ходьба стала нашей второй натурой, потому что ходим мы очень часто и начинаем ходить в очень раннем возрасте. Это означает, что сигналы, управляющие движениями ног, возникают не только в гиппокампе, но и в двигательной коре, мозжечке и подкорковых узлах. В будущем, если нам захочется научиться вживлять себе память о занятиях спортом, ученым придется выяснить, как так получается, что некоторые воспоминания частично хранятся и в других областях мозга.)

Зрение и память

Формирование воспоминаний — сложный процесс, но предлагаемый подход имеет то преимущество, что дает возможность срезать часть пути, подслушав сигналы в гиппокампе, куда сенсорные импульсы попадают уже обработанными. В «Матрице», однако, электрод, как вы помните, располагался возле основания черепа, и воспоминания загружались непосредственно в мозг. При этом предполагалось, что можно расшифровать «сырые», необработанные импульсы, поступающие от глаз, ушей, кожи и т. п. и проходящие через ствол спинного мозга в таламус. Это гораздо сложнее, чем анализировать уже обработанные послания, циркулирующие в гиппокампе.

Чтобы дать вам некоторое представление об объеме необработанной информации, поступающей в таламус из спинного мозга, рассмотрим всего лишь один аспект: зрение, поскольку многие воспоминания имеют зрительный характер. Сетчатка глаза содержит примерно 130 млн фоторецепторов, известных как колбочки и палочки; в любое время они обрабатывают и записывают 100 млн бит информации об окружающем мире.

Этот громадный объем данных собирается воедино и пересылается в таламус по зрительному нерву, обладающему пропускной способностью 180 Мбит/с. Оттуда информация уходит в затылочную долю мозга, т. е. в самую заднюю его часть. Расположенная там зрительная кора, в свою очередь, начинает напряженный процесс обработки этой горы информации. Зрительная кора состоит из нескольких кусочков в задней части мозга, и каждый кусочек настроен на выполнение конкретного задания. Эти кусочки обозначают как V1 — V8.

Замечательно, что область, обозначаемая V1, работает как зеркало; она

создает на заднике мозга рисунок, очень похожий по очертаниям и форме на оригинальное изображение. Этот образ поразительно похож на оригинал, за исключением того, что самый центр глаза, центральная ямка, занимает в V1 намного большую площадь, чем на сетчатке (это понятно, ведь именно в центральной ямке плотность нейронов максимальна). Поэтому образ в V1 — не точная копия видимого, а искаженная, и большую часть площади занимает его центральная часть.

Остальные (помимо V1) области затылочной доли обрабатывают различные аспекты изображения, в том числе:

• стереозрение — эти нейроны сравнивают образы, поступающие с разных глаз (V2);

• расстояние — эти нейроны определяют расстояние до объекта, ориентируясь на размеры теней и другую информацию от обоих глаз (V3);

• цвет — обрабатывается в области V4;

• движение. Разные контуры подхватывают разные типы движения, включая прямолинейное, спиральное и расширяющееся. Это происходит в области V5.

Ученые определили более 30 различных нейронных контуров, связанных со зрением, но на самом деле их, вероятно, гораздо больше.

Из затылочной доли информация пересылается в префронтальную кору, где человек наконец «видит» изображение и где формируется кратковременная память. Затем информация отправляется в гиппокамп, где обрабатывается и укладывается на хранение на срок до 24 часов. Затем воспоминание делится на кусочки и распределяется по разным участкам коры.

Речь идет о том, что зрение, которое, как нам кажется, совершенно не требует усилий, на самом деле требует последовательного срабатывания миллиардов нейронов и передачи миллионов бит информации в секунду. А теперь вспомните, что мы получаем сигналы от пяти органов чувств плюс эмоции, связанные с каждым образом. Вся эта информация обрабатывается в гиппокампе, где формируется простое воспоминание. В настоящее время ни одна машина не в состоянии воспроизвести этот сложнейший процесс, так что его копирование — серьезный вызов ученым, которые хотят создать искусственный гиппокамп человеческого мозга.

Вспоминая будущее

Если зашифровка воспоминания[11] всего лишь об одном каком-то

чувственном впечатлении столь сложный процесс, то как человек получил способность хранить огромные объемы информации в долговременной памяти? Поведением животных в основном управляет инстинкт, и у них, похоже, почти нет долговременной памяти. Но, как отмечает нейробиолог из Калифорнийского университета в Ирвине доктор Джеймс Макгауф, «задача памяти — предсказывать будущее». В связи с этим возникает интересный парадокс. Может быть, долговременная память появилась в процессе эволюции именно потому, что оказалась нужна для моделирования будущего. Иными словами, способностью помнить отдаленное прошлое мы обязаны требованиям и преимуществам моделирования будущего.

В самом деле, снимки мозга, полученные в Университете Вашингтона в Сент-Луисе, указывают на то, что для восстановления воспоминаний используются те же области мозга, что и для моделирования будущего. В частности, связь между дорсолатеральной префронтальной корой и гиппокампом вспыхивает, когда человек строит планы на будущее *и* когда вспоминает прошлое. В определенном смысле мозг при этом пытается «вспомнить будущее», опираясь на знания о прошлом и пытаясь определить, как некий объект будет развиваться в будущем. Этим, кстати говоря, может объясняться тот занятный факт, что люди, страдающие амнезией (как Н.М.), часто не в состоянии представить, что они будут делать в будущем или даже на следующий день.

«Можно смотреть на это, как на мысленное путешествие во времени — способность спроектировать мысли о себе в прошлое или в будущее», — говорит доктор Кэтлин Макдермотт из Университета Вашингтона. Она отмечает также, что их исследование доказывает «неясный прежде ответ на давний вопрос об эволюционной полезности памяти. Может оказаться, что единственная причина, по которой мы можем вспоминать прошлое в подробностях, состоит в том, что без этого набора процессов нам было бы трудно видеть себя в различных сценариях будущего. Способность представить будущее имеет явно адаптивное значение». Для животного прошлое — это в значительной мере разбазаривание ценных ресурсов, поскольку оно почти не дает животному эволюционного преимущества. Так что моделирование будущего с учетом уроков прошлого — одна из существенных причин, по которым человечество обрело разум.

Искусственная кора мозга

В 2012 г. те же ученые из Баптистского медицинского центра в Уэйк Форест и Южно-Калифорнийского университета, которым удалось создать искусственный гиппокамп мыши, рассказали о еще одном перспективном эксперименте. Вместо того чтобы записывать воспоминание в гиппокампе мыши, они продублировали гораздо более сложный процесс мышления, протекающий в коре головного мозга примата.

Они взяли пять макак-резусов и внедрили им крохотные электроды в два слоя (L2/3 и L5) коры головного мозга. Затем записали нервные сигналы, которыми обменивались эти два слоя, когда обезьяны осваивали какой-нибудь навык. (В этом задании обезьянам предлагалось посмотреть на некий набор картинок, а затем выбрать их из гораздо большего набора; в случае успеха обезьяна получала награду.) Со временем обезьяны научились выполнять это задание с точностью до 75 %. Но если ученые во время выполнения задания подавали этот же сигнал в кору мозга обезьяны, ее производительность повышалась на 10 %. Если обезьяне давали определенные химические вещества, ее производительность, напротив, падала на 20 %. Но если при этом запись подавали в кору, то производительность обезьяны была выше нормальной. Хотя группа подопытных была небольшой, да и производительность возрастала не сильно, эти результаты все же позволяют предположить, что сделанная учеными запись достаточно точно отражает процесс принятия решений в коре головного мозга обезьяны.

Поскольку это исследование проводилось на приматах, а не на мышах, и относилось к коре, а не к гиппокампу, оно может сыграть свою роль, когда начнутся испытания на людях. Доктор Сэм Дедуайлер из Уэйк Форест говорит: «Идея состоит в том, что устройство сможет генерировать выходной сигнал в обход поврежденной области, обеспечивая альтернативное соединение» в мозге. Этот эксперимент может оказаться полезным для пациентов, чей неокортекс поврежден. Устройство может сыграть роль костыля, выполняя мыслительные операции в поврежденной зоне.

Искусственный мозжечок

Следует отметить, что искусственные гиппокамп и неокортекс — всего лишь первые шаги. Со временем и у других частей мозга появятся искусственные эквиваленты. К примеру, ученые из Тель-Авивского университета (Израиль) уже создали искусственный мозжечок крысы.

Мозжечок — важная часть рептильного мозга, отвечающая за чувство равновесия и другие базовые телесные функции.

Известно, что, если направить в морду крысе поток воздуха, она мигнет. Если одновременно с этим издавать какой-нибудь звук, то можно приучить крысу мигать по звуковому сигналу. Целью израильских ученых было создать искусственный мозжечок, который тоже мог бы выполнять эту функцию.

Для начала они записали сигналы, поступающие в мозговой ствол при дуновении и одновременном громком звуке. Затем этот сигнал обработали и послали обратно в мозговой ствол, но в другое место. Как и ожидалось, получая этот сигнал, крысы мигали. И мало того, что искусственный мозжечок впервые корректно функционировал; впервые сигналы были приняты в одной части мозга, обработаны, а затем загружены в другую его часть.

Комментируя эту работу, Франческо Сепульведа из Эссексского университета заметил: «Это показывает, как далеко нам удалось продвинуться в направлении создания схем, которые смогут когда-нибудь заменить собой поврежденные участки мозга и даже улучшить деятельность здорового мозга».

Кроме того, он видит в будущем огромные потенциальные возможности для искусственного мозга: «Скорее всего, нам потребуется несколько десятков лет, чтобы этого добиться, но я готов биться об заклад, что синтетические заменители конкретных, хорошо организованных частей мозга, таких как гиппокамп или зрительная кора, появятся еще до конца столетия».

Хотя работы по созданию искусственных заменителей мозга продвигаются быстро, особенно учитывая сложность процессов, выиграть в этой гонке со временем невозможно, ведь каждый день снижаются умственные способности тысяч людей, ставших жертвами болезни Альцгеймера.

Болезнь Альцгеймера — разрушитель памяти

Существует мнение, что основным заболеванием XXI в. будут считать болезнь Альцгеймера. В настоящее время ею болеют 5,3 млн американцев, и ожидается, что к 2050 г. их станет вчетверо больше. Болезнью Альцгеймера страдает 5 % людей в возрасте от 65 до 74 лет, но если человеку за 85, вероятность того, что у него возникнет болезнь

Альцгеймера, увеличивается до 50 %, даже если у него нет и не было очевидных факторов риска. (В начале XX в. ожидаемая продолжительность жизни в США составляла 49 лет, так что болезнь Альцгеймера не представляла серьезной проблемы. Но сегодня люди старше восьмидесяти составляют одну из наиболее быстро растущих демографических групп в стране.)

На начальных стадиях этой болезни гиппокамп — часть мозга, занятая обработкой воспоминаний, — начинает деградировать. Действительно, на снимках мозга ясно видно, что у пациентов с Альцгеймером гиппокамп съеживается, а нервные волокна, связывающие его с префронтальной корой, истончаются; в результате мозг уже не может надлежащим образом обрабатывать кратковременные воспоминания. Долговременные воспоминания, уже уложенные на хранение в разные отделы коры, остаются практически неповрежденными, по крайней мере сначала. Возникает ситуация, когда человек не может вспомнить, чем занимался несколько минут назад, но ясно помнит события, происходившие за несколько десятилетий до этого.

Постепенно болезнь прогрессирует, и в конце концов наступает момент, когда разрушаются даже базовые долговременные воспоминания. Человек перестает узнавать детей, супруга, забывает, кто он такой, и может даже впасть в похожее на кому растительное состояние.

Как ни печально, основные механизмы болезни Альцгеймера ученые начали понимать лишь недавно. Серьезный шаг к этому был сделан в 2012 г., когда выяснилось, что болезнь начинается с производства тау-белков, что, в свою очередь, ускоряет формирование бета-амилоида — вязкой клейкой субстанции, постепенно забивающей мозг. (Прежде было неясно, действительно ли болезнь Альцгеймера вызывается этими бляшками или, может быть, бляшки представляют собой побочный продукт более фундаментального расстройства.)

На эти амилоидные бляшки очень трудно воздействовать лекарствами, потому что они, скорее всего, состоят из прионов — деформированных молекул белка. Это не бактерии и не вирусы, однако они способны воспроизводить себя. Если рассмотреть молекулу белка детально на уровне атомов, то окажется, что она напоминает плотную путаницу лент. Чтобы белок обладал необходимыми свойствами и выполнял нужные функции, этот клубок атомов должен быть, помимо всего прочего, правильно свернут. Но прионы — это деформированные молекулы белка, сложившиеся неправильно. Сталкиваясь со здоровыми белками, они заставляют их менять форму, т. е. тоже превращаться в прионы. Один

прион может вызвать целую лавину деформированных белков и запустить цепную реакцию, которая заразит миллиарды молекул.

В настоящее время не существует известного способа остановить развитие болезни Альцгеймера. Однако теперь, когда базовые механизмы ее проясняются, вырисовывается по крайней мере один перспективный метод: создать антитела или вакцину, которые могли бы прицельно воздействовать на деформированные белковые молекулы. Еще один способ — создать для больных искусственный гиппокамп, который восстанавливал бы им кратковременную память.

Еще один подход — определить, нельзя ли непосредственно (генетически) повысить способность мозга к формированию воспоминаний. Возможно, существуют гены, способные улучшать память. Не исключено, что будущее исследований памяти олицетворяет «умная мышь».

«Умная мышь»

В 1999 г. доктор Джозеф Цянь и его коллеги из Принстона, МТИ и Университета Вашингтона обнаружили, что добавление одного-единственного гена резко улучшает память и способности мыши. Такие «умные мыши» быстрее выбираются из лабиринтов, лучше запоминают события и обгоняют других мышей во многих испытаниях. Ученые окрестили их «мыши Дуги» в честь Дуги Хаузера — мальчика-врача из известного телешоу *Doogie Howser, M. D.*

Доктор Цянь начал с анализа гена NR2B, действующего как переключатель и контролирующего способность мозга связывать одно событие с другим. (Ученые знают о нем, потому что, если этот ген дезактивировать, мыши теряют все свои способности.) Все обучение держится на NR2B, потому что этот ген контролирует связь между клетками гиппокампа. Первым делом доктор Цянь создал линию мышей, у которых копий гена NR2B больше, чем у обычных особей, и выяснил, что такие мыши обладают повышенными ментальными способностями. Обычная мышь, брошенная в неглубокий чан с водой, начинает плавать случайным образом. «Умная мышь» с первой попытки направляется к скрытой под водой платформе.

С тех пор исследователи не раз подтвердили эти результаты и вывели еще более умные линии мышей. В 2009 г. доктор Цянь опубликовал статью, в которой объявил о создании еще одной линии умных мышей,

получивших прозвище Хобби-Джей в честь героя китайских мультиков. Эти мыши способны помнить новые факты (такие как расположение игрушек) втрое дольше, чем предыдущая линия генетически модифицированных мышей, которая раньше считалась самой умной. «Это дополнительное свидетельство того, что NR2B — универсальный выключатель формирования воспоминаний», — заметил доктор Цянь. «Это как взять Майкла Джордана и сделать из него супер-Майкла», — говорит выпускник университета Дэхэн Ван.

Однако даже для этой новой линии мышей существуют пределы. Когда мышам предлагается выбор — повернуть направо или налево, чтобы добраться до шоколадки, — Хобби-Джей помнит правильное решение намного дольше, чем обычная мышь. Но через пять минут забывает и он. «Мы не смогли бы сделать из этой мыши математика. В конце концов, это просто грызуны», — говорит доктор Цянь.

Следует также указать, что некоторые линии «умных мышей» получились очень робкими по сравнению с обычными мышами. Исследователи подозревают, что слишком мощная память позволяет помнить также все неудачи и потери, и это заставляет ее обладателей колебаться. Так что помнить слишком много иногда вредно.

Ученые надеются распространить в дальнейшем свои исследования на собак, с которыми у нас много общих генов, а возможно, и на людей.

Умные мухи и глупые мыши

Ген NR2B — не единственный, которым в настоящее время интересуются ученые в связи с работой памяти. В еще одной прорывной серии экспериментов исследователям удалось вывести линию плодовых мушек с «фотографической памятью», а также линию мышей, страдающих амнезией. Возможно, со временем эти эксперименты помогут объяснить множество загадок нашей долговременной памяти (к примеру, почему зубрежка в последние дни перед экзаменом — не лучший способ учебы, а также почему мы лучше всего помним богатые эмоциями события). Ученые обнаружили, что существует два важных гена — CREB-активатор, стимулирующий формирование новых связей между нейронами, и CREB-репрессор, подавляющий формирование новых воспоминаний.

Доктора Джерри Инь и Тимоти Тулли из лаборатории в Колд-Спринг-Харбор проводили серию интересных экспериментов с плодовыми мушками — дрозофилами. Обычно им, чтобы чему-то научиться (к

примеру, распознавать какой-нибудь запах или избегать удара), нужно десять попыток. Мушки с дополнительными CREB-репрессорами вообще не могли формировать сколько-нибудь продолжительных воспоминаний, но настоящее удивление исследователи испытали, когда взяли мушек с дополнительным геном CREB-активатора. Они запоминали то, что нужно, с первой попытки. «Это говорит о том, что у этих мушек фотографическая память», — говорит доктор Тулли. Он сравнил этих дрозофил со студентами, «которые способны один раз прочитать главу в учебнике, увидеть ее мысленно и сказать вам, что ответ можно найти в третьем параграфе на семьдесят четвертой странице».

Этот эффект демонстрируют не только плодовые мушки. Доктор Алцино Силва из Колд-Спринг-Харбор экспериментирует с мышами. Он выяснил, что мыши с дефектом в CREB-активаторе гена практически не способны формировать долговременные воспоминания. Они страдают амнезией. Но даже эти забывчивые мыши могли бы что-нибудь освоить, если бы их занятия были организованы как короткие уроки с возможностью отдохнуть между ними. Ученые предполагают, что в мозгу присутствует ограниченное количество CREB-активатора; именно этим, возможно, ограничен объем информации, который мы можем усвоить за заданное время. Занимаясь зубрежкой перед экзаменом, мы очень быстро истощаем доступный объем CREB-активатора и перестаем усваивать информацию, по крайней мере до тех пор, пока не сделаем перерыв и не восстановим объем CREB-активатора.

«Мы теперь можем точно сказать, по какой биологической причине не работает судорожная зубрежка перед экзаменом», — говорит доктор Тулли. Лучший способ подготовиться к экзамену — мысленно повторять материал периодически в течение дня, пока он не станет частью долговременной памяти.

Этим можно объяснить также, почему эмоционально заряженные воспоминания часто бывают такими живыми и сохраняются десятилетиями. CREB-репрессор действует как фильтр, устраняя бесполезную информацию. Но воспоминание, связанное с сильными эмоциями, может либо устранить CREB-репрессор, либо повысить уровень CREB-активатора.

В будущем мы можем ожидать новых прорывов в изучении генетических основ памяти. Вероятно, громадные возможности мозга определяются не одним геном, а сложной комбинацией множества генов. У каждого из них, в свою очередь, в человеческом геноме есть «ответная часть», так что возможно, мы тоже когда-нибудь сможем генетически

улучшать память и развивать ментальные способности.

Однако не думайте, что «подхлестнуть» мозг можно будет уже завтра. На пути ученых еще множество препятствий. Во-первых, неясно до сих пор, приложимы ли все полученные результаты к человеку. Нередко методы лечения, выглядевшие многообещающе при испытаниях на мышах, плохо переносятся на представителей нашего биологического вида. Во-вторых, даже если результаты можно применить к человеку, мы не знаем, что, в конце концов, из этого выйдет. Возможно, эти гены действительно помогают улучшить память, но не повышают общий интеллект. В-третьих, оказалось, что генная терапия (или исправление поврежденных генов) — вещь более сложная, чем считалось ранее. Этим методом можно излечить лишь горстку генетических заболеваний. И хотя вирусы, при помощи которых ученые внедряют «хорошие» гены в клетку, совершенно безобидны, организм все равно посылает антитела на борьбу с чужаками, что часто делает терапию бессмысленной. Не исключено, что внедрение гена для улучшения памяти тоже приведет к фиаско. (Кроме того, вся область генной терапии несколько лет назад потерпела серьезную неудачу, когда в Пенсильванском университете во время процедуры генной терапии умер пациент. Вообще работа по модификации человеческих генов сталкивается с множеством этических и даже юридических проблем.)

Таким образом, испытания на людях будут продвигаться намного медленнее, чем на животных. Однако можно предположить, что наступит день, когда процедура будет отработана и станет реальностью. Чтобы изменить гены нужным образом, достаточно будет сделать укол в руку. При этом в кровь попадет безобидный вирус, который затем, заразив нормальные клетки, внедрит в них свои гены. А стоит «умному гену» успешно внедриться в клетку, как он активируется и начнет вырабатывать белки, которые, действуя на гиппокамп и процесс формирования воспоминаний, улучшат память и когнитивные способности.

Если с внедрением генов ничего не получится, останется другая возможность — ввести нужные белки в тело, вообще не обращаясь к генам. Тогда, вместо того чтобы делать укол, нам придется глотать таблетки.

«Умная таблетка»

Целью этих исследований в конечном итоге является создание «умной таблетки», которая могла бы повысить концентрацию внимания, улучшить память и, возможно, даже совершенствовать интеллект. Фармацевтические

компании экспериментируют с несколькими перспективными препаратами, такими как MEM 1003 и MEM 1414, которые, по идее, должны развивать умственные способности человека.

Ученые обнаружили, что долговременные воспоминания существуют благодаря ферментам и генам. Усвоение информации происходит, когда определенные нервные пути закрепляются при активации конкретных генов, таких как CREB (он запускает выработку соответствующего белка). По существу, чем больше CREB-белков циркулирует в мозгу, тем быстрее формируются долговременные воспоминания. Это проверено на морских моллюсках, дрозофилах и мышах. Главное свойство MEM 1414 заключается в том, что этот препарат ускоряет выработку CREB-белков. В лаборатории у старых животных, которым давали MEM 1414, долговременные воспоминания формировались значительно быстрее, чем у животных контрольной группы.

Кроме того, ученые пытаются выделить конкретные биохимические процессы, задействованные в формировании долговременных воспоминаний как на генетическом, так и на молекулярном уровне, и уже есть первые успехи. Когда этот ключевой процесс станет полностью понятным, можно будет разработать терапевтические методы, способные его ускорить и усилить. Со временем воспользоваться таким «ускорителем мозга» смогут не только пожилые люди и жертвы болезни Альцгеймера; эти методы будут доступны каждому.

Можно ли стирать воспоминания?

Может быть, болезнь Альцгеймера разрушает все воспоминания без разбора, но как насчет их избирательного уничтожения? Амнезия — один из любимых инструментов развития сюжета, применяемых в Голливуде. В фильме «Идентификация Борна» человек с двумя огнестрельными ранениями, выловленный рыбаками в море (агент ЦРУ Джейсон Борн в исполнении Мэтта Деймона), не помнит, кто он и что с ним произошло. За ним гонятся убийцы, но он представления не имеет, кто они и почему его хотят убить. Единственный ключ к потерянным воспоминаниям — способность при необходимости инстинктивно включать боевые навыки, достойные секретного агента.

Хорошо известно, что амнезия может возникать случайно в результате травмы (к примеру, в результате удара по голове). Но можно ли избирательно стирать воспоминания? В фильме «Вечное сияние чистого

разума» с Джимом Керри в главной роли два человека встречаются случайно в поезде и сразу же чувствуют взаимное притяжение. Потом они с изумлением узнают, что когда-то уже были влюблены друг в друга, но ни у него, ни у нее не сохранилось об этом никаких воспоминаний. Они узнают также, что после особенно серьезной ссоры оба заплатили некоей компании за то, что из их памяти будут стерты воспоминания друг о друге. Очевидно, судьба дает им второй шанс на любовь.

В фильме «Люди в черном» тема избирательной амнезии выведена на новый уровень. Здесь Уилл Смит играет агента теневой секретной организации, которая при помощи «нейтрализатора» избирательно стирает из памяти людей неудобные воспоминания об НЛО и встречах с инопланетянами. У прибора есть даже шкала, на которой агент выставляет, насколько далеко в прошлом лежат эти воспоминания.

Все это создает увлекательный сюжет и обеспечивает фильмам хорошие сборы, но возможны ли описанные явления на самом деле, хотя бы в будущем?

Мы знаем, что амнезия на деле существует, причем есть два основных типа, которые зависят от того, какая память — кратковременная или долговременная — затронута. Ретроградная амнезия возникает в случае травмы или повреждения мозга; при этом пропадают существующие (как правило, предшествующие вызвавшему амнезию событию) воспоминания. Это примерно то, с чем столкнулся Джейсон Борн, забывший, что произошло до того момента, когда его, раненого, сочли мертвым и бросили в воду. Гиппокамп при этом остается невредимым, так что новые воспоминания могут формироваться, несмотря на повреждение долговременной памяти. Антероградная амнезия возникает при повреждении кратковременной памяти, при этом человек испытывает трудности с формированием новых воспоминаний. Обычно амнезия может продолжаться от нескольких минут до нескольких часов, в зависимости от степени повреждения гиппокампа. (Антероградная амнезия фигурирует в фильме «Помни», где главный герой «подвинут» на мести за смерть жены, но проблема в том, что в его памяти события и факты удерживаются лишь около 15 минут; ему приходится все время писать самому себе записки на клочках бумаги и фотографиях, а важнейшие факты даже татуировать на теле. С большим трудом он пробирается по следу из посланий к самому себе и в конце концов все же добирается до истины, которую он, если бы не постоянные усилия, очень быстро забыл бы.)

Главное в описанных случаях — то, что потеря памяти всегда датируется моментом травмы или болезни, что делает избирательную

амнезию по-голливудски крайне маловероятной. В таких фильмах, как «Люди в черном», предполагается, что воспоминания хранятся последовательно, как на жестком диске, так что достаточно выбрать желаемый момент времени и нажать на клавишу «удалить». Однако на самом деле воспоминания хранятся по частям в разных областях мозга.

«Забывчивое» лекарство

Тем временем ученые исследуют некоторые лекарства, которые, возможно, помогут устранить травмирующие воспоминания, преследующие человека иногда до конца жизни. В 2009 г. голландские ученые под руководством доктора Мерел Киндт объявили, что им удалось найти новое применение старому препарату под названием пропранолол. Оказалось, что это лекарство способно «чудесным образом» облегчать страдания, связанные с травмирующими воспоминаниями. Этот препарат не вызывает амнезии, которая начиналась бы в конкретный момент времени; он просто смягчает боль и позволяет человеку легче с ней справиться — и всего за три дня, как утверждалось в статье.

Открытие вызвало широкий общественный резонанс. Это не удивительно, если учесть, сколько людей страдает от посттравматических стрессовых расстройств (ПТСР). Судя по всему, каждый из них, начиная от ветеранов войн и заканчивая жертвами сексуальных преступлений и несчастных случаев, мог бы получить облегчение. Но одновременно оно идет вразрез с исследованиями мозга, которые показывают, что долговременные воспоминания кодируются не электрически, а на уровне белковых молекул. Однако недавние эксперименты позволяют предположить, что воспоминание о том или ином событии требует как извлечения кусочков мозаики из мест хранения, так и сборки из них полной картины, ну а в ходе этого процесса структура белка может и измениться. Иными словами, вызов воспоминания реально меняет его. Возможно, именно поэтому лекарство работает: известно, что пропранолол вмешивается в процесс всасывания адреналина, влияющий на формирование долгоживущих ярких воспоминаний, которые часто остаются после травмирующих событий. «Пропранолол сидит на этой нервной клетке и блокирует ее. Так что адреналин, возможно, здесь и присутствует, но делать свое дело не может», — говорит доктор Джеймс Макгауф из Калифорнийского университета в Ирвине. Иными словами, без адреналина воспоминания бледнеют.

Испытания в контролируемых условиях на людях с посттравматическими расстройствами показали весьма многообещающие результаты. Но дело застопорилось, когда речь зашла о вопросах этичности стирания памяти. Некоторые специалисты по этике не оспаривают эффективность препарата, но недовольны самой идеей о лекарстве для избавления от воспоминаний: ведь они возникают не просто так, их цель — преподать человеку жизненный урок. Даже неприятные воспоминания, по их мнению, служат какой-то высшей цели. Препарат вызвал категорическое неодобрение Президентского совета по биоэтике. В его докладе говорилось, что «притупить память об ужасных вещах означало бы сделать нашу жизнь в этом мире слишком комфортной; нас перестали бы трогать страдание, злодейство или жестокость… Можно ли стать нечувствительными к величайшим скорбям жизни, не потеряв одновременно чувствительности и к величайшим ее радостям?».

Доктор Дэвид Магус из Центра биомедицинской этики при Стэнфордском университете говорит: «Наши разрывы, наши отношения, какими бы болезненными они ни были, учат нас чему-то. Этот опыт делает нас лучше».

Но многие считают иначе. Доктор Роджер Питман из Гарвардского университета утверждает, что если врач видит перед собой страдающую жертву несчастного случая, «то следует ли оставлять его без морфия, только чтобы не лишать его полного эмоционального опыта? Разве можно с этим спорить? Почему в психиатрии должно быть иначе? Мне кажется, что за всем этим стоит тайное убеждение в том, что психические заболевания принципиально не похожи на физические».

Результат, которым в конце концов завершатся эти дебаты, может непосредственно повлиять на состав следующего поколения лекарственных препаратов, поскольку речь идет не только о пропранололе.

В 2008 г. две независимые группы ученых, работавшие с животными, объявили о появлении лекарств, способных стирать воспоминания, а не просто снижать вызываемую ими боль. Доктор Джо Цянь из Медицинского колледжа штата Джорджия вместе с коллегами из Шанхая объявил, что им удалось стереть воспоминание из мозга мыши при помощи белка под названием CaMKII, а ученые из Медицинского центра при Университете штата Нью-Йорк в Бруклине обнаружили, что молекула PKMzeta также способна стирать воспоминания. Доктор Андре Фенсон, один из авторов второго исследования, сказал: «Если дальнейшая работа подтвердит эту точку зрения, то когда-нибудь мы, вероятно, увидим лекарственные препараты и методы лечения, основанные на способности PKMzeta стирать

воспоминания». Этот препарат может не только стирать болезненные воспоминания, но и «оказаться полезным в лечении депрессии, общей тревожности, различных фобий, посттравматических стрессов и болезненных пристрастий», — добавил он.

До сих пор исследования ограничивались животными, но вскоре начнутся испытания и на людях. Если результаты будут подтверждены, лекарство от страха обретет реальные черты. Это будет не та таблетка, что показывают в голливудском кино (и которая с легкостью создаст амнезию в нужный момент); тем не менее подобное лекарство найдет себе широкое медицинское применение в нашем мире — для лечения людей, преследуемых тяжкими воспоминаниями. Правда, пока неясно, насколько избирательно будет действовать на человека такой стиратель памяти.

Что может пойти не так?

И все же наступит день, когда мы научимся полностью принимать *все* сигналы, проходящие через гиппокамп, таламус и остальные части лимбической системы, и корректно их записывать. Когда-нибудь, записав информацию в свой мозг, мы сможем пережить в полном объеме то, что выпало на долю другого человека. Но зададимся вопросом: что может пойти не так?

Вообще-то говоря, последствия реализации этой идеи были исследованы в фильме «Мозговой штурм» (1983) с Натали Вуд в главной роли, далеко обогнавшем свое время. Сюжет строится на том, что ученые создали Шляпу — шлем, полный электродов и способный верно записывать все ощущения, которые испытывает человек. Позже любой человек может получить в точности тот же сенсорный опыт, проиграв запись непосредственно в мозг. Один человек ради забавы надевает Шляпу, занимаясь любовью, и записывает происходящее. Затем запись зацикливают, умножая таким образом все впечатления многократно. Но когда другой человек по незнанию вводит себе в мозг эти ощущения, он едва не погибает от сенсорной перегрузки. Позже одна из ученых умирает от сердечного приступа, но, прежде чем умереть, записывает свои предсмертные ощущения. Когда другой человек вводит предсмертную запись себе в мозг, у него тоже случается внезапный сердечный приступ, и он умирает.

В конце концов новости об этой машине просачиваются наружу, и военные пытаются получить контроль над изобретением. Начинается

борьба между военными, которые рассматривают Шляпу как мощное оружие, и учеными-изобретателями, которые хотят с ее помощью раскрыть тайны разума.

В фильме пророчески подчеркивались не только радужные перспективы технологии, но и потенциальные ловушки. Снимался он как научная фантастика, но некоторые считают, что когда-нибудь в будущем именно эти вопросы будут мелькать в заголовках новостей и разбираться в судах.

Мы уже говорили об обнадеживающих результатах экспериментов с записью единичного воспоминания мыши. Возможно, к середине века мы научимся записывать воспоминания приматов и человека. Но для создания Шляпы, способной записать в полном объеме все раздражители, попадающие в мозг, нужно будет подключиться к потоку необработанных сенсорных данных, продвигающихся по спинному мозгу и попадающих в таламус. Сделать это, скорее всего, удастся не раньше конца века.

Социальные и юридические вопросы

Не исключено, что некоторые аспекты этой дилеммы проявятся еще при нашей жизни. С одной стороны, мы можем выйти на уровень, когда дифференциальное исчисление не нужно будет учить, а можно будет просто загрузить, как готовый навык. Система образования встанет с ног на голову, и, может быть, учителя смогут посвятить освободившееся время воспитанию учеников, в том числе индивидуальному, а также индивидуальным занятиям в тех областях знания, где не слишком важны навыки и которые невозможно загрузить в готовом виде. Количество зубрежки, необходимой будущим врачам, юристам и ученым, можно будет снизить во много раз.

В принципе этот метод может дать нам такие приятные мелочи, как память об отпуске, которого не было, премиях и наградах, которые мы никогда не получали, возлюбленных, которых мы никогда не любили, или о детях, которых у нас никогда не было. С его помощью можно будет скомпенсировать собственные недостатки и создать идеальный мир — жизнь, которой не было. Родители смогут преподать детям уроки, взятые из реальных воспоминаний. Спрос на такое устройство мог быть громадным. Некоторые специалисты по этике боятся, что поддельные воспоминания могут оказаться настолько живыми и яркими, что мы, вместо того чтобы жить реальностью, предпочтем раз за разом проживать чужие эмоции.

Безработные тоже выиграют: они получат возможность осваивать новые навыки и профессии путем загрузки воспоминаний. Из истории мы знаем, что каждая новая технология выбрасывает за борт миллионы работников, часто без всякого спасательного круга (и без золотых парашютов). Вот почему сейчас практически нет кузнецов или, к примеру, тележных мастеров. Они работают на автозаводах и других промышленных предприятиях. Но переподготовка отнимает много времени и требует усилий. Если бы навыки можно было имплантировать напрямую в мозг, это мгновенно сказалось бы на всей мировой экономической системе, поскольку нам не приходилось бы напрасно растрачивать так много человеческого капитала. (В какой-то степени, если навыки можно будет записать в мозг любого человека, ценность их может снизиться, но это компенсируется тем фактом, то число умелых работников и качество их работы резко возрастет.)

Индустрия туризма также испытает небывалый бум. Один из барьеров, мешающих развитию международного туризма, связан с трудностями освоения чужих обычаев и необходимостью общаться на иностранном языке. Туристы получат возможность заранее освоить опыт проживания в другой стране, а не мучиться с местными деньгами и особенностями транспортной системы. (Хотя загрузить в память полноценный язык с десятками тысяч слов и выражений сложно, а вот записать информацию для повседневного общения, скорее всего, будет возможно.)

Подобные записи воспоминаний неизбежно найдут путь в социальные сети. В будущем любой человек сможет записать свои воспоминания и выложить запись в Интернет, чтобы миллионы людей могли почувствовать и испытать то же, что и он. Ранее мы уже обсуждали брейн-нет, по которому можно будет посылать мысли. Но если мы научимся записывать и искусственно создавать воспоминания, то пересылать можно будет не только мысли, но и полноценные переживания. Если вы только что завоевали золото на Олимпийских играх, почему не поделиться со всеми сладкой мукой и счастьем победы, выложив в сеть свои воспоминания? Может быть, ваш опыт привлечет внимание, и миллиарды людей разделят с вами успех. (Дети самым активным образом осваивают видеоигры и социальные сети, они всегда в первых рядах пользователей; так и здесь у детей, возможно, войдет в привычку записывать воспоминания о ярких событиях и выкладывать их в Интернет. Как сегодня они снимают сотовым телефоном и выкладывают фотографии, так в будущем начнут выкладывать цельные впечатления. Для многих это станет главным увлечением. Для этого, правда, нужно будет, чтобы и у отправителя, и у получателя в

гиппокамп были введены почти невидимые проводки. Оттуда информация будет по беспроводной связи передаваться на сервер, где ее преобразуют в цифровой вид, пригодный для Интернета. Так что вы сможете заводить блоги, высказываться на форумах, заходить в социальные сети и чаты и вместо картинок и видео выкладывать свои воспоминания и эмоции.)

Библиотека душ

Можно предположить, что люди захотят иметь генеалогическую библиотеку воспоминаний. Просматривая документы своих предков, мы видим лишь одномерное изображение, размытые контуры их жизни. На протяжении всей истории человечества люди жили, любили и умирали, не оставляя почти никаких реальных свидетельств своего существования. По большей части нам известны лишь даты рождения и смерти родственников, а между ними — почти ничего. Сегодня мы оставляем за собой длинный след из электронных документов (история операций по кредитным картам, счета, электронные письма, банковские выписки и т. п.). Всемирная паутина по умолчанию становится гигантским хранилищем всевозможных документов, имеющих отношение к нашей жизни; правда, они мало что говорят о наших мыслях и чувствах. Возможно, в далеком будущем Всемирная сеть сможет стать гигантской библиотекой, хранящей подробности не только жизни, но и сознания людей.

Не исключено, что в будущем люди будут время от времени записывать свои воспоминания, чтобы потомки смогли понять их переживания и душевный опыт. Посетив библиотеку воспоминаний своего рода, вы смогли бы увидеть и прочувствовать, как жили предки, а заодно и понять, какое место вы занимаете в мире.

В такой ситуации любой мог бы заново проиграть жизнь другого человека, даже давно умершего: для этого достаточно лишь нажать на кнопку. Если мое предвидение верно, это означает, что у нас появится возможность «вызывать» предков на «поболтать», просто вставив в аппарат диск и включив воспроизведение.

С другой стороны, если вы захотите прикоснуться к жизни любимых исторических героев, наверное, сможете почувствовать то, что чувствовали они в критические моменты своей жизни. Если у вас есть кумир и вы хотите узнать, как он пережил и преодолел самые трудные моменты и самые серьезные поражения в своей жизни, вы сможете взять запись воспоминаний этого человека и заглянуть в его сознание. Представьте,

каково было бы испытать эмоции ученого — лауреата Нобелевской премии. При этом можно практически на собственном опыте получить представление о том, как делаются великие открытия. А можно разделить с великими политиками и государственными деятелями их переживания в момент принятия принципиальных решений, изменивших картину мира.

Доктор Мигель Николелис считает, что все вышеописанное когда-нибудь воплотится в жизнь. Он говорит: «Каждая из таких записей ценилась бы, как уникальная драгоценность, единственная в своем роде среди миллиардов других, тоже уникальных сознаний, которые когда-то жили, любили, страдали и процветали, пока не ушли в вечность, облекшись не в холодный молчащий мрамор могильных памятников, а оставшись с нами в виде живых мыслей, ярких историй любви и пережитых бед».

Темная сторона технологии

Некоторые размышляют об этических последствиях использования этой технологии. В медицине почти каждое новое открытие при внедрении вызывает этическую обеспокоенность, и так было всегда. Порой новшества приходится ограничивать или запрещать, когда проявляются вызванные ими побочные эффекты (как это было с талидомидом, вызывавшим, как оказалось, у беременных женщин пороки развития плода). Другие оказались настолько успешными, что изменили наши представления о себе самих (как «дети из пробирки»). Когда в 1978 г. родилась Луиза Браун, первая малышка из пробирки, в средствах массовой информации поднялся невероятный шум, и даже папа римский выпустил специальный документ с критикой этой технологии. Сегодня же вполне может оказаться, что ваша сестренка, ребенок, супруг или даже вы сами родились в результате экстракорпорального оплодотворения. Как и в других случаях, постепенно общество привыкнет к тому, что воспоминания можно записывать и распространять.

Некоторые специалисты по биоэтике беспокоятся о другом: что произойдет, если загрузить человеку что-нибудь в память без его согласия? Что случится, если эти воспоминания будут болезненными или деструктивными? И как насчет пациентов с болезнью Альцгеймера, которым помогла бы загрузка воспоминаний, но которые слишком больны и не могут сами дать согласия?

Покойного Бернарда Уильямса, философа из Оксфордского университета, тревожило, что такое устройство может нарушить

естественный порядок вещей, частью которого является забывание. Он считал, что «забывание — самый полезный процесс, какой только есть в нашем распоряжении».

Тот факт, что воспоминания можно внедрять, как компьютерные файлы (если это действительно так), мог бы до основания потрясти нашу правовую систему. Свидетельские показания — один из столпов юстиции, но кто сможет поручиться, что в память свидетеля не внедрены ложные или чужие воспоминания? Кроме того, если можно создать воспоминание о преступлении, то можно и внедрить его тайно в мозг невиновного. Или, если преступнику нужно алиби, он мог бы тайно внедрить соответствующее воспоминание в мозг другого человека, убедив его, что во время преступления они были вместе. Мало того, подозрительными сразу станут не только устные показания, но и юридические документы, ведь, подписывая показания под присягой, мы опираемся только на память.

Придется вводить какие-то предохранительные меры. Принимать законы, которые четко определяли бы пределы предоставления доступа к памяти и отказа в таком доступе. Точно так же как закон, который ограничивает право полиции или третьих сторон входить в ваш дом, должны быть законы, которые не позволяли бы проникать в вашу память без вашего позволения. Должен быть также способ помечать воспоминания, чтобы человек сам понимал, что они внедрены искусственно. Таким образом можно будет без опаски наслаждаться воспоминаниями о прекрасно проведенном отпуске, зная при этом, что на деле ничего подобного не было.

Возможность записи, хранения и загрузки воспоминаний позволила бы записывать прошлое и овладевать новыми умениями и навыками. Но такая возможность никак не повлияла бы на изначально присущую человеку способность к усвоению и обработке большого объема информации. Для этого нужен развитый интеллект. Прогресс в этом направлении сдерживается тем, что общепринятого определения интеллекта попросту не существует. Есть, однако, один пример интеллекта и даже гениальности, который никто не оспаривает, и это Альберт Эйнштейн. Замечательно, но даже сегодня, через шестьдесят лет после смерти Эйнштейна, его мозг по-прежнему помогает ученым добывать бесценные ключи к природе интеллекта.

Некоторые ученые полагают, что при помощи определенного сочетания электромагнитного воздействия, генетики и лекарственной терапии можно развить интеллект до уровня гениальности. Они приводят примеры, как случайная травма мозга (а такие случаи бывали) внезапно

превращает обычного человека в саванта[12] с беспрецедентными интеллектуальными или художественными способностями. Сегодня такое происходит очень редко и только случайно, но что будет, когда наука вмешается и раскроет тайны этого процесса?

6. Мозг Эйнштейна и повышение интеллекта

Ума пространство — больше неба, Ведь рядом их поставь — Одно с лихвой вместит другое, Тебе оставив пядь[13].

Эмили Дикинсон

Талант достигает цели, недостижимой для остальных, гений достигает цели, для остальных невидимой.

Артур Шопенгауэр

Мозг Альберта Эйнштейна пропал.

По крайней мере пропал на полвека, пока наследники доктора, который стащил его в 1955 г. вскоре после смерти обладателя, не вернули в 2010 г. мозг в Национальный музей здоровья и медицины. Не исключено, что анализ этого мозга поможет ответить на некоторые вопросы. Что есть гений? Как измерить интеллект, и как он соотносится с жизненным успехом? Есть и другие философские вопросы. Гений — функция генов или результат личной борьбы и личных достижений?

Наконец, не исключено, что мозг Эйнштейна поможет найти ответ на ключевой вопрос: можно ли подстегнуть интеллект обычного человека, наш собственный интеллект?

Слово «Эйнштейн» давно уже перестало быть именем собственным, относящимся к конкретному человеку. Сегодня оно означает просто гений. Это слово вызывает в сознании культовую и мгновенно узнаваемую картинку: мешковатые брюки, нимб белых волос, рассеянный вид.

Наследие Эйнштейна громадно. Когда в 2011 г. некоторые физики заговорили о том, что он, возможно, был неправ и что частицы могут преодолевать световой барьер, в научном мире поднялась буря споров, выплеснувшаяся и на страницы популярной прессы. Сама мысль о том, что теория относительности, ставшая краеугольным камнем современной физики, может быть опровергнута, заставила физиков всего мира скептически качать головами. Эксперимент был перепроверен, и оказалось — вполне ожидаемо, — что Эйнштейн был прав. Выступать против

Эйнштейна опасно.

Один из способов получить ответ на вопрос «Что есть гений?» заключается во всестороннем исследовании мозга великого ученого. Очевидно, под влиянием момента доктор Томас Харви, врач Принстонской больницы, проводивший вскрытие тела Эйнштейна, решил тайно, вопреки желанию родных ученого, сохранить его мозг.

Может быть, доктор Харви надеялся, что когда-нибудь этот мозг поможет разгадать тайну гения. Вероятно, он, как многие другие, думал, что в мозге ученого есть какая-то нестандартная часть, где размещается его обширный интеллект. Брайан Баррел в книге «Открытки из Музея мозга» говорит о том, что доктор Харви, возможно, «был захвачен величием гения и действовал под влиянием момента. Но быстро обнаружил, что отхватил кусок не по себе».

То, что произошло с мозгом Эйнштейна после, напоминает скорее комедию, чем рассказ о научных исследованиях. Несколько лет доктор Харви обещал опубликовать результаты своих исследований по мозгу Эйнштейна. Но он не был специалистом по мозгу и, вероятно, поэтому постоянно придумывал отговорки. Несколько десятков лет мозг хранился в холодильнике для пива в двух больших стеклянных банках с формальдегидом, поставленных в ящик из-под сидра. Доктор Харви пригласил специалиста, чтобы разрезать мозг на 240 частей, и иногда посылал понемногу ученым, выражавшим желание изучать его. Однажды фрагменты мозга были высланы по почте ученому в Беркли в контейнере из-под майонеза.

Сорок лет спустя доктор Харви повез мозг Эйнштейна через всю страну на обычной легковой машине в пластиковом контейнере, надеясь вернуть его внучке Эйнштейна Эвелин. Она отказалась принять мозг великого деда. После смерти доктора Харви мозг достался его наследникам с поручением передать надлежащим образом коллекцию срезов и фрагментов науке. История мозга Эйнштейна настолько необычна, что о ней даже был снят документальный фильм.

(Следует отметить, что мозг Эйнштейна — не единственный, сохраненный для потомков. Столетием раньше врач сохранил мозг одного из величайших математических гениев, Карла Фридриха Гаусса, которого нередко называли Князем математики. Тогда анатомия мозга была почти неизвестна, и единственное, что можно было сказать, — мозг этот имел необычно крупные извилины.)

Можно было бы ожидать, что мозг Эйнштейна будет далеко превосходить по параметрам обычный человеческий мозг, что он будет

громадных размеров или, возможно, какие-то отделы в нем будут аномально большими. Но выяснилось, что по размеру этот мозг чуть меньше среднего. В целом мозг Эйнштейна вполне обычен. Он, по видимости, совершенно не заинтересовал бы невролога, не знающего, что этот мозг принадлежал великому ученому.

Единственные отличия, обнаруженные в мозгу Эйнштейна, были не слишком существенными. Определенные части мозга, известные как угловые извилины, оказались несколько крупнее обычного, а нижние теменные области обоих полушарий — на 15 % шире среднего. Известно, что эти части мозга задействованы в абстрактном мышлении, в манипулировании символами (т. е. в письме и математике) и в обработке визуально-пространственных данных. Тем не менее все эти параметры укладываются в норму, так что неясно, был ли гений Эйнштейна обусловлен органической структурой его мозга или силой его личности, его взглядов, его времени, наконец. В свое время, когда я работал над биографией Эйнштейна, получившей название «Космос Эйнштейна», то ясно понял, что некоторые обстоятельства сыграли в его судьбе не меньшую роль, чем любые аномалии мозга. Может быть, сам Эйнштейн сказал об этом лучше всего: «У меня нет никаких особых талантов… Я просто ужасно любопытен». Более того, в юности, как он сам признавался, математика давалась ему с трудом. Одной группе школьников он признался даже: «Какие бы проблемы вы ни испытывали с математикой, мои проблемы были больше». Так почему же Эйнштейн стал Эйншейном?

Во-первых, большую часть времени Эйнштейн проводил за «мысленными экспериментами». Он был физиком-теоретиком, не экспериментатором, так что ему приходилось постоянно строить в голове сложные модели будущего. Иными словами, лабораторией для него было его собственное сознание.

Во-вторых, не секрет, что он мог до десяти лет работать над одним мысленным экспериментом. С 16 до 26 лет он думал о проблеме света и о том, можно ли обогнать световой луч. В результате появилась специальная теория относительности, которая со временем помогла открыть тайну звезд и дала нам атомную бомбу. С 26 до 36 лет он сосредоточенно занимался теорией гравитации, которая со временем дала нам черные дыры и теорию Большого взрыва. С 36 лет и до конца жизни он работал над созданием единой теории поля, которая могла бы объединить всю физику. Ясно, что способность десять и больше лет заниматься одной проблемой говорит о настойчивости, с которой он готов был проводить в голове модельные эксперименты.

В-третьих, важна и его личность. Эйнштейн был чужд условностей и естественным образом восставал против косности в физике. Не каждому физику хватило бы смелости и воображения бросить вызов господствовавшей на тот момент теории Исаака Ньютона, захватившей лидерство за двести лет до Эйнштейна.

В-четвертых, пришло время Эйнштейна. В 1905 г. мир ньютоновой физики готов уже был рассыпаться под давлением новых экспериментов, ясно показывавших, что вот-вот на свет должна появиться новая физика, и мир ждет только гения, который показал бы ей путь. К примеру, загадочное вещество под названием радий светилось в темноте само по себе, не ослабевая, будто энергия в нем появлялась ниоткуда, нарушая тем самым закон сохранения энергии. Иными словами, нужен был кто-то, кто изменит мир. Им и стал Эйнштейн. Если вдруг удастся клонировать Эйнштейна из клеток сохранившегося мозга, мне кажется, что клон не станет новым Эйнштейном. Для появления гения нужны соответствующие исторические обстоятельства.

Смысл в том, что гений — это, наверное, сочетание врожденных интеллектуальных способностей, упорства и энергии, направленной на достижение великих свершений. Сутью гения, по всей видимости, была его необычайная способность моделировать будущее при помощи мысленных экспериментов, выводя из этих картинок новые физические принципы. Сам Эйнштейн однажды сказал: «Подлинный признак интеллекта — не знание, а воображение». Воображение для него означало путь к расширению границ известного и проникновению в царство неизвестного.

Все мы рождаемся с определенными способностями, запрограммированными в генах и структуре мозга. Тут уж как повезет. Но организация собственных мыслей и опыта, как и моделирование будущего, — полностью в нашей власти. Чарльз Дарвин однажды написал: «Я всегда считал, что люди, за исключением глупцов, не слишком различаются интеллектом, только усердием и трудом».

Можно ли научиться быть гением?

Все это вновь приводит к вопросу о том, рождаются ли гениями или ими становятся. Как дебаты о роли природы и воспитания разрешают загадку интеллекта? Может ли обычный человек стать гением?

Клетки мозга, как известно, растут медленно, поэтому когда-то считалось, что интеллект полностью формируется к началу взрослой

жизни. Но новые исследования мозга все чаще приводят к мысли, что мозг, обучаясь, может меняться. Хотя количество клеток в коре при этом не увеличивается, связи между нейронами изменяются с решением каждой новой задачи.

К примеру, в 2011 г. ученые исследовали мозг лондонских таксистов, которым приходится запоминать 25 000 улиц сумасшедшего лабиринта, который представляет собой современный Лондон. Подготовка к этому сложнейшему тесту занимает 3–4 года, но проходит его лишь половина обучающихся.

Ученые из Университетского колледжа Лондона протестировали мозг водителей перед испытанием, а затем повторили исследование три-четыре года спустя. У тех из водителей, кто прошел тест, объем серого вещества в области, известной как задний и передний гиппокамп, оказался больше. А гиппокамп, как мы знаем, — та область мозга, где обрабатываются воспоминания. (Занятно, но исследования также показали, что эти водители хуже справляются с обработкой визуальной информации, так что, возможно, происходит равный обмен, и это цена, которую приходится платить за возможность усвоения больших объемов информации.)

«Человеческий мозг остается «пластичным» даже во взрослой жизни, и это позволяет ему адаптироваться, когда мы осваиваем новые навыки, — говорит Элеонор Мэгуайр из фонда Wellcome Trust, финансировавшего это исследование. — Этот факт должен поддержать взрослых, желающих освоить новые навыки в почтенном возрасте».

Точно так же мозг мыши, выполнившей множество заданий, слегка отличается от мозга мыши, которая никаких заданий не выполняла. Дело даже не в том, что изменилось количество нейронов; дело скорее в том, что процесс усвоения информации изменил природу нейронных связей. Иными словами, учение реально меняет структуру мозга.

Все это заставляет вспомнить старую истину: «Без ученья нет уменья». Канадский психолог доктор Дональд Хебб сделал важное открытие, касающееся структуры связей: чем больше мы практикуем определенные навыки, тем прочнее становятся определенные связи в мозгу и тем проще дается работа. В отличие от цифрового компьютера, который сегодня точно так же глуп, как и вчера, мозг представляет собой самообучающуюся систему, способную заново прокладывать нервные пути всякий раз, когда усваивается новая информация. В этом фундаментальное отличие цифрового компьютера от живого мозга.

Этот урок применим не только к лондонским таксистам, но и, к примеру, к профессиональным музыкантам. По мнению доктора Андерса

Эрикссона, который вместе с коллегами изучал мастерство скрипачей в элитной Берлинской академии музыки, лучшие студенты к двадцати годам набирают около 10 000 часов изнурительных занятий, практикуясь более чем по 30 часов в неделю. С другой стороны, крепкие студенты набирают к тому же возрасту всего по 8000 часов практики или даже меньше, а будущие учителя музыки — всего по 4000 часов. Невролог Дэниел Левитин говорит: «Из этих исследований напрашивается вывод, что для достижения уровня мастерства, соответствующего специалисту мирового уровня в чем угодно, требуется 10 000 часов практики… Одно исследование за другим, кто бы ни был объектом — наборщики, баскетболисты, писатели, конькобежцы, пианисты, шахматисты, профессиональные преступники, в конце концов, — результат получается один и тот же». Малкольм Гладуэлл в книге «Гении и аутсайдеры»[14] называет это «правилом 10 000 часов».

Как измерить интеллект?

Но как можно измерить интеллект? На протяжении веков любые рассуждения об интеллекте могли опираться только на слухи и анекдоты. Но теперь МРТ-исследования показали, что при решении математических головоломок активизируется участок мозга между префронтальной корой (где сосредоточены рациональные мысли) и теменными долями (где обрабатываются числа). Это согласуется и с анатомическими исследованиями мозга Эйнштейна, которые показали, что нижние теменные доли в нем крупнее обычного. Так что можно предположить, что математические способности связаны с усиленными информационными потоками между префронтальной корой и теменными долями. Но родился Эйнштейн таким или эти области его мозга увеличились в размерах благодаря усиленной работе? Ответа нет.

Ключевая проблема здесь в том, что не существует ни общепринятого определения интеллекта, ни согласия среди ученых относительно его происхождения. А ведь без этого о повышении интеллекта вряд ли можно говорить.

IQ-тесты и доктор Терман

Не секрет, что наиболее часто применяемый способ измерения интеллекта — это IQ-тест, который первым предложил доктор Льюис Терман из Стэнфордского университета; в 1916 г. он переработал более

ранний тест, придуманный Альфредом Бине для французского правительства. На несколько десятилетий этот тест стал золотым стандартом измерения интеллекта. Мало того, Терман всю свою жизнь утверждал, что интеллект можно измерить и унаследовать и что именно уровень интеллекта точнее всего предсказывает жизненный успех.

Пять лет спустя Терман начал знаковое исследование школьников под названием «Генетическое исследование гения». Это был амбициозный проект — в 1920-е гг. не было равных ему по охвату и продолжительности. Он задал тон исследованиям в этой области на целое поколение. В рамках этого проекта все успехи и неудачи участников на протяжении жизни методически регистрировались, а его результатом стали толстые папки со свидетельствами их достижений. Учащихся с высоким IQ, участвовавших в проекте, окрестили «термитами».

Поначалу идея доктора Термана, казалось, оправдывала себя. Его тест стал стандартным при определении интеллекта как детей, так и взрослых. Во время Первой мировой войны этот тест прошли 1,7 млн солдат. Но с годами, очень постепенно, начали проявляться совсем другие закономерности. Спустя несколько десятилетий дети, показавшие во время тестов на интеллект высокие результаты, оказались чуть более успешными, чем те, кто высоких результатов не показал. Терман мог с гордостью указывать на некоторых своих подопечных, продолжавших получать всевозможные премии и занимавших высокооплачиваемые должности. Но его все сильнее тревожили случаи (а их становилось все больше), когда умнейшие его учащиеся оказывались неудачниками, соглашались на черную или совершенно бесперспективную работу, становились преступниками или маргиналами. Такие результаты очень не нравились доктору Терману, который посвятил жизнь доказательству того, что высокий коэффициент интеллекта означает жизненный успех.

Жизненный успех и отложенное удовольствие

Иной подход применил в 1972 г. доктор Уолтер Мишел из Стэнфорда. Он проанализировал другую характеристику ребенка: способность откладывать удовольствие. Он первым ввел в практику «зефирный тест»: испытание на то, предпочтет ли ребенок взять один зефир прямо сейчас или подождать 20 минут и получить две конфеты. В этом эксперименте участвовали 600 детей в возрасте от четырех до шести лет. В 1988 г. Мишел вновь связался с участниками эксперимента и выяснил, что те, кто был

способен отложить удовольствие, добились большего, нежели те, кто был не в состоянии немного потерпеть.

В 1990 г. еще одно исследование показало прямую корреляцию между способностью отложить удовольствие и результатами выпускных экзаменов. А исследование 2011 г. продемонстрировало, что эта характеристика действует всю жизнь. Результаты этих и других исследований многим открыли глаза. Дети, способные потерпеть в ожидании удовольствия, получали более высокие показатели при измерении жизненного успеха: более высокие зарплаты, более низкий процент наркозависимости, лучшие оценки на экзаменах, лучшие образование и адаптация в обществе и т. п.

Но, что самое интригующее, сканирование мозга этих людей показало четкую закономерность. Выявилась заметная разница в том, как префронтальная кора взаимодействует с вентральным стриатумом — областью мозга, связанной с пристрастиями, в том числе и болезненными. (Это неудивительно, поскольку в вентральный стриатум входит так называемое прилежащее ядро, или «центр удовольствия». Так что здесь, судя по всему, имеет место борьба между ищущей удовольствий частью мозга и рациональной частью, стремящейся контролировать искушение, как мы видели в главе 2.)

Обнаруженная разница не была случайной. В последующие годы этот результат был многократно проверен множеством независимых групп, получивших почти идентичные результаты. Неоднократно подтверждена и разница во фронтально-стриарных связях мозга, которой, судя по всему, определяется отношение к отложенному удовольствию. Получается, что единственная характеристика, которую за много лет исследований удалось прочно связать с жизненным успехом, — именно способность отложить удовольствие.

Конечно, это гигантское упрощение, но снимки мозга показывают, что развитые связи между префронтальной и теменной долями мозга существенны для математического и абстрактного мышления, а связи между префронтальной долей и лимбической системой (включающей, помимо всего прочего, осознанный контроль над эмоциями и центром удовольствия) — для жизненного успеха.

Нейробиолог из Висконсинского университета в Мэдисоне доктор Ричард Дэвидсон делает вывод: «Ваши оценки в школе и на выпускных экзаменах значат меньше для жизненного успеха, чем склонность к сотрудничеству, способность отложить удовольствие и сосредоточить внимание. Эти умения гораздо важнее — все данные указывают на это —

для успеха в жизни, чем IQ или оценки».

Новые меры интеллекта

Очевидно, должны существовать и новые способы измерения интеллекта и жизненного успеха. IQ-тесты не бесполезны, но измеряют лишь одну сторону интеллекта. Доктор Майкл Суини, автор книги «Мозг: полное сознание» (Brain: The Complete Mind), замечает: «Тесты не измеряют мотивацию, настойчивость, навыки социализации и многие другие атрибуты хорошо прожитой жизни».

Проблема многих стандартизированных тестов состоит в том, что на их составлении сказывается, часто подсознательно, культурное влияние. Кроме того, тесты оценивают лишь конкретную форму интеллекта — то, что некоторые психологи называют конвергентным интеллектом, игнорируя более сложную его форму — дивергентную. Конвергентный интеллект всегда сосредоточивается на одном направлении мыслей, тогда как дивергентный оценивает разные факторы. К примеру, во время Второй мировой войны ВВС США заказали ученым разработать психологический тест, который помог бы оценить интеллект пилота и его способность справляться со сложными неожиданными ситуациями. Одним из вопросов теста был: если вас сбили над вражеской территорией и вам необходимо как-то выбраться обратно к своим, что вы сделаете? Результаты, казалось, противоречили здравому смыслу.

Большинство психологов ожидало, что при тестировании окажется, что пилоты с высоким коэффициентом интеллекта покажут высокие результаты и в этом тесте. На самом деле получилось наоборот. Самые высокие результаты показали пилоты с высоким уровнем дивергентного мышления, т. е. те, кто умел рассматривать параллельно множество разных вариантов. К примеру, пилоты, у которых это хорошо получалось, придумали множество нестандартных творческих способов выбраться из-за линии фронта.

Разница между конвергентным и дивергентным мышлением видна и в исследованиях пациентов с разделенным мозгом, которые ясно показывают, что каждое полушарие мозга изначально настроено на тот или иной вид мышления. Доктор Ульрих Крафт из Университета Фульды (Германия) пишет: «Левое полушарие отвечает за конвергентное мышление, а правое — за дивергентное. Левая сторона тщательно разбирает подробности, обрабатывает их логически и аналитически, но совершенно не чувствует

общих и абстрактных связей. Правая сторона более изобретательна и интуитивна и склонна работать холистически, собирая кусочки информационной головоломки в единое целое».

Я придерживаюсь позиции, что человеческое сознание включает способность создавать модель окружающего мира, а затем развивать эту модель в будущее, добиваясь своей цели. Пилоты, демонстрировавшие дивергентное мышление, способны были смоделировать множество возможных событий с большей точностью и сложностью, чем остальные. Точно так же дети, способные отложить удовольствие в знаменитом зефирном тесте, судя по всему, обладали повышенной способностью моделировать будущее, видеть будущие прибыли, а не только ближайшие перспективы и схемы быстрого обогащения.

Более хитрое испытание на интеллект, которое напрямую оценивало бы способность человека моделировать будущее, создать сложно, но возможно. Так, испытуемого можно попросить создать как можно больше реалистичных сценариев будущего, нацеленных на победу в какой-нибудь игре, а затем оценить их суммарно по количеству вариантов, которые испытуемый смог придумать, и числу причинно-следственных в каждой схеме. Такой метод позволяет определить способность человека манипулировать информацией и приспосабливать ее для достижения более масштабной цели, а не определять его способности к простому сбору информации. К примеру, можно попросить придумать способ бегства с необитаемого острова, полного диких зверей и ядовитых змей. Испытуемому пришлось бы перечислить все способы выжить, отбиться от опасных зверей и покинуть остров, создав при этом ветвистое дерево причинно-следственных связей, возможных результатов и исходов.

Мы видим, что красной нитью через все наши рассуждения проходит мысль о том, что интеллект, судя по всему, коррелирует с тем, насколько сложно мы способны моделировать будущие события, а это, в свою очередь, коррелирует с тем, что мы чуть раньше говорили о сознании.

В итоге, учитывая стремительное развитие исследований, связанных с электромагнитными полями, генетикой и лекарственной терапией, можно ли не просто измерить интеллект, но и повысить его? Иными словами, можно ли стать Эйнштейном?

Подстегнуть интеллект

Такая возможность рассматривается в романе «Цветы для

Элджернона» (1958), по которому позже (в 1968 г.) был снят фильм «Чарли». Мы становимся свидетелями печальной жизни Чарли Гордона — человека с низким коэффициентом интеллекта (IQ 68), работающего в булочной разнорабочим. Чарли живет простой жизнью и не понимает, что другие постоянно смеются над ним; он даже не знает, как пишется его собственное имя.

Его единственный друг — учительница Элис, которая жалеет его и пытается научить читать. Но однажды ученые совершают открытие и придумывают процедуру, при помощи которой можно обычную мышь сделать умной. Элис, узнав об этом, приводит Чарли к ученым, и те соглашаются попробовать новую процедуру на первом подопытном человеке. За несколько недель Чарли заметно меняется. Его словарь расширяется, он одну за другой глотает книги из библиотеки, приобретает популярность у девушек, а его комната заполняется современным искусством. Очень скоро он начинает читать о теории относительности и изучает квантовую теорию, вникает в самые передовые области физики. Мало того, он завоевывает любовь Элис.

Но через некоторое время врачи заметили, что мыши постепенно теряют новообретенные способности и умирают. Осознав, что он тоже может всего лишиться, Чарли начинает бешено работать. Он пытается, пользуясь своим интеллектом, найти средство от надвигающейся беды, но вместо этого ему приходится самому наблюдать свой неумолимый закат. Его словарь съеживается, он забывает математику и физику и медленно возвращается в прежнее состояние. В финальной сцене убитая горем Элис наблюдает, как Чарли играет с детьми.

И роман, и фильм производят сильное впечатление; критика приняла то и другое благосклонно, но вот чистой научной фантастикой их в то время не признали. Говорили, что сюжет, конечно, оригинален и трогает душу, но сама идея о повышении интеллекта противоречит здравому смыслу. Известно ведь, что нервные клетки не восстанавливаются, говорили ученые, поэтому развить интеллект невозможно.

Однако сегодня этот факт нельзя назвать неоспоримым.

Нет, развить интеллект пока еще по-прежнему невозможно, но исследования в области электромагнетизма, генетики и стволовых клеток продвигаются настолько стремительно, что когда-нибудь это может стать реальностью. В частности, сегодня научный интерес сосредоточен на «гениальных аутистах», обладающих феноменальными, сверхчеловеческими способностями, которые поражают воображение. И, что еще важнее, иногда при специфических травмах мозга обычные люди

очень быстро приобретают едва ли не чудесные возможности. Некоторые ученые даже считают, что эти поразительные способности можно пробудить при помощи электромагнитного поля.

Саванты: сверхгении?

Пуля прошила насквозь череп мистера Z, когда ему было девять лет от роду. Она не убила мальчика, как боялись врачи, но сильно повредила ему левую половину мозга, вызвав паралич правой половины тела и оставив его навсегда глухонемым.

Однако этим действие пули не ограничилось; она дала еще и невероятный побочный эффект. У мистера Z появились сверхспособности в механике и идеальная память, характерная, кстати говоря, для савантов.

Мистер Z не одинок. В 1979 г. бейсбольный мяч ударил десятилетнего мальчика по имени Орландо Серел по голове слева, оглушив его. После этого мальчик некоторое время жаловался на сильные головные боли, но потом боль ушла и оказалось, что теперь он может производить в уме серьезные математические вычисления и с почти фотографической точностью помнит некоторые события своей жизни. Так, он мог мгновенно вычислять даты на тысячи лет вперед.

Во всем мире среди населяющих его примерно 7 млрд человек известны около ста случаев подобных поразительных способностей. (Их число окажется значительно больше, если включить сюда тех, чьи способности можно назвать необычайными, но не сверхчеловеческими. Считается, что примерно 10 % аутистов демонстрируют какие-либо незаурядные способности.) Одаренность савантов, или гениальных чудаков, далеко выходит за пределы сегодняшних научных представлений.

В последнее время внимание ученых привлекли саванты нескольких типов. Известно, что примерно половина всех гениальных чудаков страдает от какой-либо формы аутизма (вторая половина демонстрирует другие душевные болезни или психологические расстройства). Такие люди часто испытывают трудности в социальном взаимодействии, что ведет к их практически полной изоляции.

Кроме того, существует «приобретенный синдром саванта», при котором человек, прежде совершенно нормальный, приобретает необычные черты после серьезной черепно-мозговой травмы (к примеру, от удара головой о дно бассейна, от удара бейсбольным мячом или пулей) почти всегда с левой стороны. Некоторые, правда, предполагают, что это различие

искусственно и что у всех савантов необычные способности являются приобретенными. А поскольку саванты-аутисты начинают демонстрировать свои способности в возрасте трех-четырех лет, то, возможно, источником способностей у них является именно аутизм.

Ученые расходятся во мнениях о происхождении этих необычайных способностей. Некоторые считают, что эти люди просто родились такими, а потому представляют собой уникальные аномалии. Способности, даже если для их пробуждения понадобилась пуля, зашиты в их мозг с рождения. Если так, то эти таланты, скорее всего, невозможно ни освоить, ни передать.

Другие утверждают, что получение таких способностей от рождения противоречит теории эволюции, которая работает постепенно, на больших промежутках времени. Если саванты-гении существуют, то и остальные должны обладать аналогичными способностями, хотя бы латентными. Означает ли это, что когда-нибудь мы научимся включать эти чудесные умения по собственному желанию? Некоторые считают, что да; есть даже научные публикации, в которых утверждается, что в каждом из нас спят некоторые качества савантов и что их можно пробудить при помощи магнитных полей, которые генерирует аппарат электромагнитного сканирования. Или же эти поразительные способности имеют генетическую основу, и тогда их можно извлечь на свет божий посредством генной терапии. Не исключено также, что можно выращивать стволовые клетки, которые позволили бы расти и размножаться нейронам префронтальной коры и других ключевых центров мозга. В этом случае мы тоже могли бы развить свои интеллектуальные ресурсы.

Все перечисленные направления исследований являются источником многочисленных спекуляций. В перспективе они не только позволят врачам устранять последствия таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера, но и дадут нам всем возможность развить интеллект. В общем, перспективы чрезвычайно интересны.

Первый достоверный случай саванта описал в 1789 г. доктор Бенджамин Раш; его пациент казался умственно неполноценным, но, когда его спросили, сколько секунд он прожил (а этому человеку было на тот момент 70 лет, 17 дней и 12 часов), то всего через полторы минуты был дан верный ответ: 2 210 500 800.

Доктор Дарольд Трефферт, врач из штата Висконсин, посвятил много времени изучению савантов. Так, он описал случай слепого саванта, которому задали простой вопрос. Если положить на первую клетку шахматной доски одно кукурузное зернышко, на вторую — два, на третью

— четыре и так далее с постоянным удвоением, сколько зернышек окажется на последней, 64-й клетке? Этому человеку потребовалось всего 45 секунд, чтобы дать верный ответ: 18 446 744 073 709 551 616.

Наверное, самым известным савантом был покойный Ким Пик, послуживший прототипом героя фильма «Человек дождя» с Дастином Хоффманом и Томом Крузом в главных ролях. Ким Пик, безусловно, был умственно неполноценен — он не мог жить самостоятельно, с трудом завязывал шнурки и застегивал рубашку; в то же время он знал наизусть около 12 000 книг и мог цитировать их, строчка за строчкой, с любой страницы. Чтобы прочесть страницу текста, ему требовалось около 8 секунд. (Он мог запомнить книгу примерно за полчаса, но читал он весьма необычно — обе страницы разворота одновременно, двумя разными глазами.) Он был невероятно застенчив, но со временем вошел во вкус и полюбил выступать перед любопытными зрителями, задававшими каверзные вопросы, и демонстрировать чудеса счета.

Ученым, конечно, приходится отличать подлинные способности савантов от простых навыков запоминания. Вообще, саванты демонстрируют не только математические способности; они могут достигать невероятных высот как музыканты, художники или механики. Поскольку саванты-аутисты с большим трудом выражают свои мысли словами, ученые предпочитают изучать людей с синдромом Аспергера — более легкой формой аутизма. Синдром Аспергера признан отдельным психологическим заболеванием лишь в 1994 г., так что серьезных исследований его пока очень мало. Подобно аутистам, люди с синдромом Аспергера испытывают трудности в социальном взаимодействии с окружающими, однако при надлежащем обучении они способны освоить социальные навыки в достаточной степени, чтобы работать и выражать словами свои мысли. Часть из них тоже саванты, т. е. обладают замечательными способностями. Некоторые специалисты даже считают, что многие великие ученые страдали синдромом Аспергера. В принципе, этим можно было бы объяснить странный, склонный к затворничеству характер таких физиков, как Исаак Ньютон и Поль Дирак (один из основателей квантовой теории). Ньютон, в частности, был патологически не способен поддерживать светскую беседу.

Я имел удовольствие брать интервью у одного такого человека — Дэниела Таммета, написавшего бестселлер «Рожденный в синий день» (Born on a Blue Day). Дэниел чуть ли не единственный среди савантов, кто способен формулировать свои мысли в книгах, теле— и радиоинтервью. Для человека, который в детстве испытывал трудности в общении, на

сегодняшний день он великолепно владеет коммуникационными навыками.

Дэниел — обладатель мирового рекорда по заучиванию числа π, фундаментального для геометрии. Он сумел запомнить 22 514 десятичных знаков этого числа. Я спросил, как он готовился к этому достижению, и он ответил, что каждая цифра для него ассоциируется с каким-нибудь цветом или текстурой. Тогда я задал Дэниелу ключевой вопрос: если каждая цифра имеет свой цвет или текстуру, то как он запоминает сразу тысячи цифр? Грустно, но на это он ничего не смог ответить. Сказал, что не знает. Это приходит само. Числа стали его жизнью с самого детства, так что они просто появляются в голове, и все. Его сознание в любой момент времени представляет собой смесь чисел и цветовых оттенков.

Синдром Аспергера и Кремниевая долина

До сих пор обсуждение шло в самом общем плане и не имело вроде бы непосредственного отношения к повседневной жизни. Но влияние людей с мягкой формой аутизма или синдромом Аспергера может оказаться более серьезным и обширным, чем считалось ранее, особенно в некоторых высокотехнологичных отраслях.

В популярном телесериале «Теория Большого взрыва» мы попытались проследить за приключениями нескольких молодых ученых, в основном яйцеголовых физиков, в неуклюжих поисках женского общества. В каждом эпизоде происходит какой-нибудь забавный инцидент, наглядно демонстрирующий, насколько беспомощны и жалки молодые люди в этом отношении.

Через все серии красной нитью проходит невысказанная мысль о том, что великолепные интеллектуальные способности этих людей можно сравнить только с их же социальной неуклюжестью. Давно замечено, что среди технических гуру в Кремниевой долине процент людей, имеющих проблемы с социальными навыками, выше среднего. (Среди девушек, обучающихся в высокоспециализированных технических университетах, где отношение числа юношей к числу девушек, безусловно, в их пользу, ходит поговорка «Выбирай — не хочу, только выбрать-то некого».)

Ученые решили проверить это подозрение. Гипотеза состоит в том, что люди с синдромом Аспергера и другими легкими формами аутизма обладают мыслительными способностями, идеально подходящими для некоторых сфер, таких как ИТ-индустрия. Исследователи из Университетского колледжа Лондона протестировали 16 человек с легкой

формой аутизма и сравнили их с 16 обычными людьми. Обеим группам показывали слайды со случайными числами и буквами, организованными с возраставшей по мере просмотра сложностью.

Результаты показали, что аутисты лучше умеют сосредоточиться на задании. Более того, по мере усложнения заданий зазор между интеллектуальными возможностями той и другой группы постепенно начал расти, причем аутисты справлялись с заданиями существенно лучше контрольной группы. (Однако тест показал также, что аутисты легче отвлекаются на посторонние шумы и мигающие огоньки, чем испытуемые из контрольной группы.)

Доктор Нилли Лави говорит: «Это исследование подтверждает нашу гипотезу о том, что люди, страдающие аутизмом, обладают более высокими, чем в среднем у населения, перцептивными способностями… Аутисты способны воспринимать значительно больше информации, чем типичный человек».

Это, разумеется, не означает, что все люди, обладающие блестящим интеллектом, страдают какой-то формой синдрома Аспергера. Но результаты исследования указывают, что в областях, где необходимо умение сосредоточиться, возможно, работает более высокий процент таких людей.

Сканирование мозга савантов

Тема савантов во все времена была окружена слухами и невероятными историями, передававшимися из уст в уста. Но в последнее время, с изобретением МРТ и других методов сканирования мозга, все переменилось.

Мозг Кима Пика, к примеру, был достаточно необычным. МРТ-сканирование показало, что в нем отсутствовало мозолистое тело, соединяющее левое и правое полушария; вероятно, именно поэтому он мог читать две страницы одновременно. Слабые моторные навыки, скорее всего, были связаны с деформацией мозжечка — области мозга, отвечающей за равновесие. К несчастью, по МРТ-снимкам невозможно определить конкретный источник его необычайных способностей и фотографической памяти. Но в целом, как показывает сканирование, многие из тех, у кого наблюдается приобретенный синдром саванта, получили травму левого полушария мозга.

В частности, интерес ученых в настоящее время сосредоточен на

левой передней части височной доли и орбитофронтальной коры. Некоторые считают, что способности всех савантов (приобретенные, связанные с аутизмом или синдромом Аспергера), возможно, возникают из-за повреждения одной конкретной точки в левой височной доле. Эта область мозга может выступать в качестве «цензора», который время от времени удаляет ненужные воспоминания. Но после повреждения левого полушария правое начинает постепенно брать на себя его функции. Правое полушарие работает намного точнее, чем левое, которое часто искажает реальность и что-то придумывает. Более того, считается, что из-за травмы левого полушария правое должно работать интенсивнее, чем обычно, и что способности савантов развиваются именно по этой причине. К примеру, известно, что правое полушарие намного артистичнее левого. В обычных обстоятельствах левое полушарие ограничивает и сдерживает талант. Но если левое полушарие получает определенного вида травму, могут высвободиться артистические способности, дремлющие в правом полушарии, и тогда произойдет взрывное развитие художественного дара. Так что ключ к высвобождению савантских способностей, вполне возможно, заключается в том, чтобы слегка «пригасить» левое полушарие, чтобы оно не сковывало естественные таланты правого. Иногда об этом говорят так: «Повреждение левого полушария компенсирует правое».

В 1998 г. доктор Брюс Миллер из Калифорнийского университета в Сан-Франциско провел серию исследований, подтвердивших, на первый взгляд, эту идею. Он и его сотрудники вели наблюдение за пятью обычными людьми с начальными признаками лобно-височной деменции. Как только деменция начинала развиваться, параллельно стали проявляться и савантские способности. Деменция усиливалась, и некоторые из испытуемых начали демонстрировать еще более необычные художественные способности, хотя прежде никто из них не проявлял в этой области каких бы то ни было талантов. Более того, проявившиеся способности были типично савантскими — они были визуальными, а не аудиальными, а произведения этих людей, хотя и замечательные, были всего лишь копиями: ни оригинальности, ни абстрактности, ни символизма в них не было. (Одной пациентке в ходе исследования даже стало лучше, но вследствие этого и савантские способности у нее ослабли. Это позволяет предположить тесную связь между нарастающим расстройством левой височной доли мозга и проявлением способностей саванта.)

Анализ доктора Миллера, судя по всему, показывает, что дегенерация левого височного и орбитофронтального участков коры снижает торможение визуальных систем в правом полушарии, проявляя таким

образом художественные способности. Точно так же повреждение левого полушария в определенном месте вынуждает правое полушарие брать на себя новые функции и развиваться.

Кроме савантов МРТ-исследованиям подвергались и люди с гипертиместическим синдромом, также имеющие фотографическую память. Эти люди не страдают аутизмом или психическими расстройствами, но тоже, бывает, обладают необычными способностями. На США, надо сказать, приходится всего четыре достоверных случая истинной фотографической памяти. Один из них — Джил Прайс, школьный администратор из Лос-Анджелеса. Она точно помнит, что делала в каждый конкретный день десятилетия назад, но при этом жалуется на трудности борьбы с ненужными мыслями. В самом деле, ее мозг, кажется, «работает на автопилоте». Она сравнивает свою память с взглядом на мир через двойной экран, на котором прошлое и настоящее постоянно состязаются за ее внимание.

Начиная с 2000 г. ученые из Калифорнийского университета в Ирвине несколько раз сканировали мозг Джил, и выяснилось, что он необычен. Некоторые области в нем крупнее нормальных; среди таких областей можно назвать, к примеру, хвостатое ядро (участвующее в формировании привычек) и височную долю (где складываются факты и числа). Предполагается, что эти две области, работая вместе, и образуют ее фотографическую память. Таким образом, мозг Джил отличается от мозга савантов, страдающих от травмы левой височной доли. Причина не ясна, но эти данные указывают еще на один путь получения фантастических ментальных способностей.

Можно ли стать савантом?

В связи с вышесказанным возникает мысль: а нельзя ли намеренно деактивировать некоторые части левого полушария мозга и таким образом повысить активность правого полушария, вынудив его проявить способности саванта?

Известно, что методом транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) можно эффективно подавлять деятельность отдельных частей мозга. Так почему бы нам не заглушать время от времени при помощи ТМС ту левую височную долю и орбитофронтальную кору и обрести таким образом савантскую гениальность по собственному желанию?

И эта идея была опробована. Доктор Аллан Снайдер из Университета

Сиднея (Австралия) несколько лет назад попал в заголовки газет. Он тогда заявил, что применение ТМС к определенному участку мозга позволяет его испытуемым внезапно показывать достижения, достойные савантов. Направив низкочастотные магнитные волны в левое полушарие мозга, в принципе можно «выключить» доминантную область мозга, чтобы управление перешло к правому полушарию. Доктор Снайдер и его коллеги поставили эксперимент на 11 добровольцах-мужчинах. Они применяли ТМС к левой передневисочной области головы испытуемых, когда те выполняли задания, связанные с чтением и рисованием. Это не разбудило в добровольцах способности савантов, но двое из них научились гораздо лучше, чем прежде, проверять текст на грамотность и замечать повторы слов. В другом эксперименте доктор Р. Л. Янг с коллегами провел с 17 испытуемыми целую серию психологических тестов, предназначенных специально для выявления савантских талантов. (В подобных тестах анализируется способность человека запоминать факты, манипулировать числами и датами, рисовать или исполнять музыку.) Пятеро испытуемых после ТМС-воздействия показали улучшение способностей.

Доктор Майкл Суини заметил: «Показано, что при приложении к префронтальным долям ТМС повышает скорость и активность когнитивных процессов. Импульсы ТМС действуют подобно локальным дозам кофеина, но никто точно не знает, как именно они работают». Эксперименты позволяют предположить, но ни в коем случае не доказывают, что подавление деятельности части левой передневисочной области мозга может инициировать развитие каких-то особых способностей. Конечно, эти способности в подметки не годятся способностям настоящих савантов; кроме того, следует заметить, что были попытки повторить описанные эксперименты, но результаты неоднозначны. Впереди еще много работы, и окончательные выводы делать рано.

ТМС-зонды — простейший и самый удобный инструмент для подобных экспериментов, поскольку с их помощью можно избирательно глушить работу отдельных частей мозга, не дожидаясь травм и несчастных случаев. Но следует отметить также, что сегодняшние ТМС-зонды грубы и подавляют не один миллион нейронов разом. Магнитные поля, в отличие от электродов с током, не сосредоточены в точке, а распространяются на несколько сантиметров во все стороны. Нам известно, что левая передняя височная доля и орбитофронтальная области коры у савантов повреждены и, вероятно, это повреждение является, по крайней мере частично, причиной их уникальных способностей, но не исключено, что на самом

деле глушить нужно гораздо меньшую область. Но тогда получается, что каждый импульс ТМС невольно деактивирует какие-то участки, которые для проявления настоящих савантских способностей должны функционировать нормально.

В будущем мы, вероятно, постараемся при помощи ТМС-зондов точнее определить область мозга, связанную с инициацией савантских способностей. После этого можно будет сделать следующий шаг: научиться при помощи высокоточных электрических зондов, вроде тех, что используются для глубокой стимуляции мозга, гасить деятельность этих областей более точно и целенаправленно. Тогда можно будет одним нажатием кнопки отключать крохотный участок мозга и извлекать талант на свет божий.

Фотографическая память, или когда мозг забывает забывать

Предположим, что повреждение левого полушария мозга (вызывающее компенсаторное развитие правого полушария) действительно может инициировать способности саванта, но это никак не объясняет механизм реализации этих чудесных способностей правым полушарием. Каким нейронным механизмом, например, запускается фотографическая память? Не исключено, что ответ на этот вопрос определит, может ли обычный человек стать савантом.

До недавнего времени считалось, что фотографическая память обусловлена особой способностью конкретного мозга. Если это так, то обычному человеку, скорее всего, трудно было бы освоить навыки такой памяти — ведь на это способен не каждый. Но в 2012 г. новое исследование показало, что дело, возможно, обстоит строго наоборот.

Не исключено, что ключом к фотографической памяти служит не способность выдающегося мозга усваивать информацию, а наоборот, неспособность забывать. Если это так, то может оказаться, что фотографическая память — не такая уж загадочная штука.

Исследование, о котором идет речь, провели ученые из Исследовательского института Скриппса во Флориде, работавшие с плодовыми мушками. Они выяснили, как обучаются эти мушки, и эта информация может перевернуть с ног на голову тщательно лелеемые представления о том, как формируются и забываются воспоминания. Дрозофил помещали в атмосферу с различными запахами, а затем давали им подкрепление (положительное — пищей или отрицательное —

электрошоком).

Ученым было известно, что серьезную роль в формировании воспоминаний играет нейромедиатор дофамин. Они обнаружили, к немалому своему удивлению, что дофамин активно участвует не только в запоминании, но и в забывании. Оказалось, что в процессе создания воспоминаний активируется рецептор dCA1, а забывание инициируется активацией рецептора DAMB.

Прежде считалось, что забывание — всего лишь деградация воспоминаний со временем, происходящая пассивно, сама по себе. Однако новое исследование показывает, что забывание — активный процесс, требующий участия дофамина.

Чтобы доказать это, исследователи продемонстрировали, что можно произвольным образом изменить способность дрозофил запоминать и забывать, вмешавшись в действие рецепторов dCA1 и DAMB. Так, мутация рецептора dCA1 отрицательно сказывается на способности мушек запоминать, а мутация рецептора DAMB снижает их способность забывать.

Исследователи говорят о том, что этот эффект, в свою очередь, может иметь отношение к савантским навыкам. Возможно, у савантов нарушена способность забывать. Джейкоб Берри, один из участвующих в проекте аспирантов, утверждает: «У савантов прекрасная память. Но, может быть, дело здесь вовсе не в памяти; возможно, у них плохо действует механизм забывания. Может быть, именно в этом направлении следует идти в поисках лекарств для улучшения когнитивных способностей и памяти. Как насчет лекарств, которые подавляют механизм забывания и укрепляют тем самым когнитивные механизмы?»

Если такой результат подтвердится в экспериментах на людях, вероятно, это подтолкнет ученых к созданию новых лекарств и нейромедиаторов, способных подавить процесс забывания. И можно будет, нейтрализуя процесс забывания, селективно и по желанию включать фотографическую память. При этом нам не придется постоянно сражаться с лавиной бесполезной информации, сдерживающей развитие мышления людей с синдромом саванта.

Интересно, что проект BRAIN, продвигаемый администрацией Обамы, вероятно, сможет отыскать конкретные нейронные пути, связанные с приобретенным синдромом саванта. Транскраниальные магнитные поля пока слишком грубы, чтобы выделить нужную горсточку нейронов. Но не исключено, что использование нанозондов и новейших технологий сканирования мозга позволит нам выделить конкретные одиночные нейронные маршруты, отвечающие за фотографическую память и

невероятные вычислительные, художественные или музыкальные навыки. Миллиарды долларов в ближайшее время будут потрачены на определение конкретных нервных путей, связанных с психическими расстройствами и другими недугами мозга; не исключено, что одновременно будет раскрыта и тайна савантских способностей. Затем, я надеюсь, можно будет из обычного человека сделать саванта. В прошлом такое происходило чисто случайно, после несчастного случая. В будущем это, возможно, станет несложной и прекрасно отработанной медицинской процедурой. Время покажет.

До сих пор ни один из методов, о которых мы говорили, не был направлен на изменение природы человеческого мозга или тела. Речь пока идет всего лишь о том, чтобы раскрыть при помощи магнитных полей спящие способности, которые потенциально уже имеются в нашем мозгу. Считается, что в каждом из нас дремлет савант и достаточно слегка изменить нейронные сети мозга, чтобы его разбудить и вытащить скрытые таланты на свет божий.

Но существует и другой подход, в котором речь идет о непосредственном изменении мозга и генов с привлечением генетики и биологии мозга. Один из многообещающих методов в этой области — стволовые клетки.

Стволовые клетки для мозга

Догма о том, что нервные клетки не восстанавливаются, жила много десятилетий. Казалось, что починить старые, умирающие клетки мозга невозможно, как невозможно и вырастить новые, а значит, невозможно и подстегнуть мыслительные способности конкретного человека. Все изменилось в 1998 г., когда ученые выяснили, что взрослые стволовые клетки можно обнаружить в гиппокампе, в обонятельной луковице и в хвостатом ядре. Если очень коротко, то стволовые клетки представляют собой «мать всех клеток». Например, зародышевые стволовые клетки с готовностью развиваются в любые другие разновидности клеток. Хотя каждая клетка нашего тела содержит генетический материал, необходимый для строительства человеческого организма, только зародышевые стволовые клетки реально способны дифференцироваться, превращаясь в клетки любого типа из тех, что присутствуют в организме.

Взрослея, стволовые клетки теряют хамелеоновы способности, но по-прежнему могут воспроизводиться и заменять старые, умирающие клетки.

Если говорить об улучшении памяти, особый интерес представляют взрослые стволовые клетки в гиппокампе. Оказывается, каждый день естественным образом рождаются тысячи новые клеток гиппокампа, но большая их часть быстро погибает. Однако было показано, что у крыс, освоивших новые навыки, сохраняется больше новых клеток. Увеличить долю выживших новых клеток можно при помощи комбинации специальных упражнений и лекарственных препаратов, поднимающих настроение. Стресс же, напротив, ускоряет гибель новых нейронов.

В 2007 г. произошло знаковое событие: ученые из штата Висконсин и Японии сумели превратить обычные клетки человеческой кожи в стволовые клетки, для чего пришлось перепрограммировать их гены. Будем надеяться, что когда-нибудь можно будет взять стволовые клетки — естественные или перекодированные при помощи генной инженерии — и ввести их в мозг человека с болезнью Альцгеймера для замены умирающих клеток. (Хотя эти новые клетки не будут иметь нужных связей и не смогут сами встроиться в существующую нейронную архитектуру мозга. Это означает, что человеку для включения свежих нейронов в готовую структуру придется заново осваивать некоторые умения.)

Работа со стволовыми клетками на данный момент представляет собой одно из наиболее активных направлений изучения мозга. «Исследование стволовых клеток и регенеративная медицина в настоящий момент находятся на интереснейшем этапе развития. Мы очень быстро накапливаем знания, и многочисленные новообразованные компании начинают клинические исследования в различных областях», — говорит Йонас Фризен из Каролинского института в Швеции.

Генетика интеллекта

Помимо изучения стволовых клеток развивается и другое направление исследований: выделение генов, отвечающих за человеческий интеллект. Биологи отмечают, что генетически мы на 98,5 % идентичны шимпанзе, но при этом живем вдвое дольше; кроме того, за последние 6 млн лет у нас наблюдается взрывное развитие интеллекта. Выходит, среди горстки несовпадающих генов должны быть те, что дали нам человеческий мозг. Через несколько лет ученые получат полную карту всех генетических различий, и тогда секрет человеческого долгожительства и повышенного интеллекта нужно будет искать в пределах этого небольшого набора генов. Ученые уже сосредоточили свое внимание на нескольких генах, которые,

вероятно, и послужили движущей силой эволюции человеческого мозга.

Не исключено, что ключ к тайнам интеллекта лежит в изучении наших обезьяноподобных предков. Тогда возникает еще один вопрос: может ли такое исследование воплотить в жизнь сюжет «Планеты обезьян»?

В этой серии фильмов, снимавшихся на протяжении длительного времени, сюжет строится на том, что ядерная война уничтожает современную цивилизацию. Человечество ввергается в варварство, но зато радиация каким-то образом ускоряет эволюцию других приматов, которые и становятся на планете доминирующим видом. Они создают продвинутую цивилизацию, в то время как люди, превратившиеся в лохматых, дурно пахнущих дикарей, бродят полуобнаженными по лесам или в лучшем случае попадают в зоопарки. Люди и приматы поменялись местами, и теперь человекообразные обезьяны глазеют на нас снаружи из-за прутьев решетки.

В недавнем фильме «Восстание планеты обезьян» ученые занимаются поиском лекарства от болезни Альцгеймера и попутно натыкаются на вирус, неожиданным побочным действием которого оказывается повышение интеллекта шимпанзе. К несчастью, одному из таких поумневших шимпанзе не везет: он попадает в приют для приматов и подвергается там жестокому обращению. Пользуясь новообретенными способностями, шимпанзе вырывается на свободу и заражает тем же вирусом других лабораторных животных, чтобы повысить их интеллект; после этого он освобождает всех животных из клеток. Вскоре на мосту Золотые Ворота появляется целый караван вопящих умных обезьян, которые устраивают настоящий хаос и ошеломляют местную полицию. Происходит кровавая схватка с полицейскими. Фильм заканчивается тем, что приматы находят убежище в заповеднике, который становится для них домом.

Реалистичен ли такой сценарий? В ближайшей перспективе нет, но подобное развитие событий в будущем исключить невозможно, поскольку уже очень скоро ученые смогут каталогизировать все генетические изменения, приведшие к возникновению вида *Homo sapiens*. Но до появления умных приматов нужно будет еще найти ответы на множество загадок.

Среди ученых, увлеченных не научной фантастикой, а вопросом о том, что делает нас людьми, можно назвать доктора Катерину Поллард, специалиста в области биоинформатики — дисциплины, возникшей совсем недавно и практически не существовавшей еще десять лет назад. В этой области биологии ученые, вместо того чтобы резать животных и выяснять,

как они устроены, используют громадные возможности компьютерной техники для математического анализа генов животных. Доктор Поллард находится в первых рядах тех, кто ищет гены, отличающие нас от человекообразных обезьян. Серьезный шанс на успех она получила еще в 2003 г., только-только защитив диссертацию.

«Я страшно обрадовалась возможности присоединиться к международной команде, работавшей над определением последовательности ДНК-оснований, или «букв», в геноме обыкновенного шимпанзе», — вспоминает она. У нее была вполне определенная ясная цель. Она знала, что только 15 млн пар оснований, или «букв», образующих наш геном (из 3 млрд пар оснований), отличают нас от шимпанзе — наших ближайших генетических родичей. (Каждая «буква» нашего генетического кода обозначает нуклеиновую кислоту, которых существует четыре типа — A, T, C и G. Так что наш геном состоит из 3 млрд букв, стоящих в определенном порядке: ATTCCAGGG…)

«Я решила найти их все», — пишет она.

Выделение этих генов имело бы громадное значение для нашего будущего. Зная, какие гены определяют *Homo sapiens*, мы смогли бы определить, как шла эволюция человека. Вероятно, в этих генах и кроется тайна разума. Не исключено даже, что с их помощью можно ускорить эволюционный путь и даже повысить интеллект. Но 15 млн пар оснований — огромное число, и их анализ потребует много времени. Как отыскать горсточку генетических иголок в этом генетическом стоге сена?

Доктор Поллард знала, что большую часть нашего генома составляет «мусорная» ДНК, не содержащая никаких генов и практически не затронутая эволюцией. Эта мусорная ДНК медленно мутирует с известной частотой (за 4 млн лет изменяется приблизительно 1 %). Поскольку известно, что наша ДНК отличается от ДНК шимпанзе на 1,5 %, то можно сделать вывод: мы и шимпанзе разошлись в своем развитии около 6 млн лет назад. Следовательно, в каждой нашей клетке присутствуют «молекулярные часы». А поскольку эволюция увеличивает скорость мутаций, анализ точки, где произошло ускорение, позволяет сказать, какие именно гены послужили двигателями эволюции.

Доктор Поллард решила, что если бы ей удалось написать компьютерную программу, которая определяла бы, в каком месте генома сосредоточено большинство этих ускоренных изменений, то можно было бы выделить те гены, которые положили начало виду *Homo sapiens*. Через несколько месяцев работы она наконец ввела свою программу в гигантские компьютеры, которыми располагает Калифорнийский университет в Санта-

Крус, и стала с нетерпением ожидать результатов.

Когда появилась распечатка, на ней были все необходимые сведения. В нашем геноме 201 область, демонстрирующая ускоренные изменения. Но ее внимание привлекла первая же запись в списке.

«Вместе с моим наставником Дэвидом Хаусслером, заглядывавшим через плечо, я посмотрела на первую же запись — 118 оснований, которые все вместе получили известность как HAR1 (Human Accelerated Region)», — вспоминает доктор Поллард.

Она была рада без памяти. Эврика!

«Нам повезло сорвать банк», — написала позже она. Мечта сбылась.

Перед ней был участок генома, включавший всего лишь 118 оснований, с максимальной концентрацией мутаций, отличающих нас от человекообразных обезьян. Из этих пар оснований лишь 18 мутаций изменились с тех пор, как мы стали людьми. Замечательное открытие доктора Поллард показало, что за подъем человечества из трясины генетического прошлого отвечает, возможно, крохотная горстка мутаций.

Далее доктор Поллард с коллегами попыталась расшифровать точную природу этого загадочного кластера — HAR1. Выяснилось, что в течение миллионов лет HAR1 оставался на удивление стабильным. Приматы разошлись в своем развитии с курами около 300 млн лет назад, но различают их в области HAR1 всего две пары оснований. Можно сказать, что область HAR1 практически не менялась в течение нескольких сотен миллионов лет (изменились всего две буквы — G и C). А всего за 6 млн лет в HAR1 произошло 18 мутаций — гигантское ускорение эволюции.

Еще загадочнее оказалась роль, которую HAR1 играет в управлении общим расположением коры мозга, знаменитой своими извилинами. Дефект в области HAR1 вызывает расстройство, известное как лиссэнцефалия, или гладкий мозг; при этом заболевании кора мозга укладывается неправильно. (Кроме того, дефекты в этой области связаны с шизофренией.) Кора нашего мозга не только отличается значительными размерами; одной из главных ее характеристик является сильная морщинистость и извитость, которая сильно увеличивает площадь поверхности коры и, соответственно, ее вычислительные способности. Работа доктора Поллард показала, что за это, одно из серьезнейших и определяющих генетических изменений в истории человечества, сильно повысившее наш интеллект, отчасти ответственно изменение всего лишь 18 «букв» нашего генома. (Вспомним, кстати, что мозг Карла Фридриха Гаусса, одного из величайших математиков в истории, был сохранен после его смерти и оказался особенно морщинистым.)

Список доктора Поллард этим не ограничивался: было определено еще несколько сотен участков, в которых наблюдаются ускоренные изменения, причем некоторые из этих участков были известны и раньше. FOX2, к примеру, принципиально важен для развития речи — еще одного ключевого признака человека. (Люди с дефектным геном FOX2 испытывают трудности с движениями лицевых мускулов, необходимыми для членораздельной речи.) Еще один участок, известный как HAR2, придает нашим пальцам гибкость и ловкость, необходимые для пользования тонкими инструментами.

Более того, не так давно удалось секвенировать геном неандертальца, поэтому можно сравнить наш генетический аппарат с аппаратом вида, еще более близкого к нам, чем шимпанзе. (Анализ гена FOX2 показал, что этот ген у нас и неандертальцев идентичен. Значит, вполне возможно, что неандертальцы, как и мы, могли пользоваться речью.)

Еще один очень важный ген получил название ASMP; считается, что именно он отвечает за взрывной рост возможностей нашего мозга. Некоторые ученые считают, что этот и другие гены, возможно, подскажут нам, почему человек стал разумным, а высшие приматы — нет. (Люди с дефектным вариантом ASMP часто страдают микроцефалией — тяжелой формой умственной отсталости, — поскольку имеют очень маленький череп, примерно такой же, как у австралопитека, одного из наших предков.)

Ученые отследили мутации гена ASPM и выяснили, что за последние 5–6 млн лет (с тех пор, как разошлись наши дороги с шимпанзе) он мутировал около 15 раз. Самые недавние мутации этого гена, похоже, соответствуют важным вехам нашей эволюции. К примеру, одна такая мутация произошла более 100 000 лет назад, когда в Африке появился современный человек, внешне неотличимый от нас. А последняя мутация имела место 5800 лет назад, что совпадает с появлением письменности и земледелия.

Поскольку эти мутации совпадают с периодами стремительного роста интеллекта, появляется сильное искушение сделать вывод, что ASPM принадлежит к той горстке генов, которая и отвечает за интеллект. Если это действительно так, то, вполне возможно, удастся определить, активны ли сегодня эти гены и будут ли они и в дальнейшем определять эволюцию человека.

Все эти данные поднимают вопрос: можно ли, манипулируя горсткой генов, повысить интеллект?

Вполне возможно.

Ученые стоят на пороге точного определения механизма, посредством

которого эти гены способствовали росту интеллекта. В частности, генетические области и такие гены, как HAR1 и ASPM, могли бы помочь нам разрешить загадку мозга. Если в геноме человека приблизительно 23 000 генов, то каким образом эти гены могут контролировать связи между миллиардом нейронов (ведь там примерно квадриллион — единица с пятнадцатью нулями — связей)? С чисто математической точки зрения это представляется невозможным. Геном человека примерно в триллион раз меньше, чем нужно для кодирования всех нейронных связей. Так что математически наше существование представляется невозможным.

Но, возможно, ответ в том, что природа при создании мозга пользуется многочисленными уловками. Во-первых, многие нейроны соединены случайным образом, так что детальный план просто не нужен; и это означает, что случайным образом соединенные области после рождения ребенка самоорганизуются и начинают сами взаимодействовать с внешним миром.

Во-вторых, природа, помимо всего прочего, использует модули, повторяющиеся снова и снова. Наткнувшись один раз на что-нибудь полезное, она потом часто повторяет эту находку. Возможно, именно поэтому за большую часть взрывного роста нашего интеллекта на протяжении последних 6 млн лет отвечает лишь горсточка генетических изменений.

Следовательно, в данном случае размер имеет значение. Если мы слегка подправим ASPM и некоторые другие гены, наш мозг может стать больше и сложнее, а, следовательно, появится возможность для развития интеллекта. (Просто увеличить размер мозга недостаточно, поскольку принципиально важно и то, как этот мозг организован. Но увеличение объема серого вещества — необходимое предварительное условие для улучшения интеллекта.)

Приматы, гены и гении

Исследование доктора Поллард было сосредоточено на участках генома, общих для человека и шимпанзе, в которых у человека имеются мутировавшие гены. Но возможно, что у нас в геноме есть области, характерные только для человека и отсутствующие у приматов. В ноябре 2012 г. был открыт один такой ген. Международная команда ученых, возглавляемая сотрудниками Эдинбургского университета, выделила ген miR-941 — единственный встречающийся только у *Homo sapiens* и ни у

кого больше. Кроме того, генетики смогли показать, что этот ген появился в период от 6 до 1 млн лет назад (уже после разделения линий человека и шимпанзе около 6 млн лет назад.)

К несчастью, это открытие породило в научных рассылках и блогах гигантскую волну ошибочной информации, что неудивительно — слишком уж двусмысленными получились заголовки. Появились восторженные статьи, в которых утверждалось, что ученые нашли ген, способный в принципе сделать шимпанзе разумными. Наконец-то удалось выделить на генетическом уровне самую суть понятия «человек», кричали заголовки.

Ученые вмешались в дело и попытались снизить ажиотаж. По всей видимости, за человеческий разум отвечает целая серия генов, действующих совместно в сложном взаимодействии. Ни один ген не может сам по себе, в одиночку, дать шимпанзе человеческий разум, говорили они.

Заголовки, конечно, сильно преувеличивали, но одновременно ставили серьезный вопрос: насколько реалистична ситуация, описанная в «Планете обезьян»?

Вообще-то существует целая серия сложностей и препятствий. Если гены HAR1 и ASPM изменились бы таким образом, что размер и структура мозга шимпанзе внезапно увеличились, то пришлось бы менять еще целую серию других генов. Во-первых, необходимо было бы усилить мышцы шеи обезьяны и увеличить размер тела, чтобы оно могло поддерживать более крупную голову. Но крупный мозг был бы бесполезен, если бы не мог управлять пальцами, пригодными для тонких операций. Так что пришлось изменять и ген HAR2, увеличивая тем сам гибкость и ловкость рук. Но шимпанзе частенько опираются при ходьбе на руки, так что пришлось бы задействовать еще один ген, который выпрямил бы позвоночник, чтобы вертикальное положение тела высвободило руки. Интеллект бесполезен, если шимпанзе не будут способны правильно общаться между собой. Поэтому пришлось бы менять ген FOX2, отвечающий за членораздельную речь. И наконец, если вы хотите получить вид разумных обезьян, вам придется что-то делать с родовыми путями, поскольку сейчас у самок приматов они недостаточно широки и не пропустят крупный череп. Варианта два: либо делать каждый раз кесарево сечение и доставать младенца в обход родовых путей, либо генетически менять строение тела самок, чтобы выросший череп не мешал деторождению.

После всех необходимых генетических изменений мы получим существо, довольно похожее на нас. Иными словами может оказаться, что создать разумных обезьян, как в кино, анатомически невозможно без того, чтобы они не превратились в нечто похожее на человека.

Итак, ясно, что создание разумных обезьян — дело непростое. Конечно, в Голливуде разумный примат — это либо человек в костюме обезьяны, либо образ, созданный с помощью компьютерной графики, поэтому на реальные проблемы этого процесса никто не обращает внимания. Но если бы ученые всерьез попытались создать разумных обезьян методами генной терапии, то результат сильно напоминал бы нас самих: руки таких обезьян были бы пригодны для пользования орудиями, голосовые связки позволяли пользоваться речью, позвоночник поддерживал бы прямое положение тела, а шейные мускулы — голову. В общем, все как у нас.

Помимо прочего при этом возникают и этические проблемы. Общество допускает генетическое исследование человекообразных обезьян, но манипулирование разумными существами, способными чувствовать боль и страдание, не потерпит. В конце концов, эти существа будут достаточно разумны и научатся выражать свои мысли, а значит, смогут пожаловаться на свою участь, и их голос будет услышан обществом.

Эта область биоэтики молода и неразвита, но это не удивительно. Технология еще не разработана, но в ближайшие десятилетия, когда мы найдем все гены, отличающие нас от человекообразных обезьян, и определим их функции, вопрос о том, как обращаться с такими «улучшенными» животными, может встать остро.

Понятно, что рано или поздно все крохотные генетические различия между нами и шимпанзе будут тщательно секвенированы, проанализированы и интерпретированы, — это лишь вопрос времени. Но это не дает ответа на более глубокий вопрос: какие эволюционные силы снабдили нас таким генетическим наследием после того, как мы отделились от других высших приматов? Почему такие гены, как ASPM, HAR1 и FOX2, вообще возникли? Иными словами, генетика позволит нам разобраться в том, как мы стали разумными, но не объяснит, почему так произошло.

Ответ на этот вопрос, если мы сможем его найти, даст ключ к пониманию того, как человечество могло бы развиваться в будущем. А это возвращает нас к главному вопросу современных дебатов: откуда взялся разум?

Истоки разума

Со времен Дарвина выдвинуто множество теорий, объясняющих,

почему человек стал разумнее других.

По одной из теорий эволюция человеческого мозга происходила в несколько этапов, причем толчком к первой ее фазе послужили климатические изменения в Африке. Наступило похолодание, и леса начали отступать, вынуждая наших предков выходить на открытые равнины, где они подвергались опасности со стороны хищников и ударам стихий. Чтобы выжить в новом враждебном окружении, предки людей вынуждены были охотиться и ходить вертикально, что высвободило их руки с отстоящими большими пальцами для использования орудий. Это, в свою очередь, сделало полезным большой мозг, способный координировать изготовление таких орудий. Согласно этой теории, древний человек не просто изготавливал орудия — «орудия сделали человека человеком».

Однако дело не в том, что наши предки вдруг взяли в руки некие предметы и стали разумными. Все было как раз наоборот. Те из них, кто взял в руки орудия, смогли выжить на равнинах, а те, кто этого не сделал, постепенно вымерли. Выжили те, кто в результате мутаций были искуснее в изготовлении орудий, а для этого требовался более крупный мозг.

Другая теория придает особое значение социальной, коллективистской природе человека. Человек с легкостью может координировать поведение более чем сотни других людей, занятых охотой, земледелием, войной и строительством; люди объединяются в гораздо более многочисленные коллективы, чем те, что мы видим у приматов; это дает человеку преимущество перед другими животными. Согласно этой теории, для оценки и управления поведением такого большого числа индивидуумов требуется более крупный мозг. (Оборотная сторона теории заключается в том, что более крупный мозг требуется также для интриг, заговоров, обмана и манипулирования другими разумными существами своего племени. Те, кто может разобраться в мотивах других людей, а затем и использовать их, получает преимущество перед теми, кто этого не может. Такова макиавеллиева, если так можно выразиться, теория разума.)

Еще одна теория утверждает, что развитие языка способствовало расцвету интеллекта. С языком приходит абстрактное мышление и способность к планированию, организации общества, созданию карт и т. д. Человеческая речь отличается от языков животных обширным словарем; словарный запас среднего человека насчитывает десятки тысяч слов. Язык позволяет координировать и сосредоточивать усилия многих десятков индивидуумов; кроме того, он позволяет манипулировать абстрактными понятиями и идеями. Наличие языка гарантировало, что человек сможет организовать совместные действия групп на охоте, а это, согласитесь,

немалое преимущество, если речь идет об охоте на мамонта. При помощи языка человек мог рассказать сородичам о том, где много дичи или где охотников подстерегает опасность.

Существует также теория «сексуальной революции», суть которой заключается в том, что самки предпочитали спариваться с более умными самцами. В животном царстве, например в волчьей стае, альфа-самец поддерживает порядок и единство грубой силой. Любого, кто отваживается бросить вызов альфа-самцу, тот усмиряет зубами и когтями, задавая хорошую трепку. Но несколько миллионов лет назад люди постепенно становились разумнее, и одной лишь силы было недостаточно, чтобы удержать племя в подчинении. Всякий, кто обладал хитростью и интеллектом, мог устроить засаду, соврать или обмануть либо настроить племя против альфа-самца. В результате в новое поколение альфа-самцов попадали не обязательно самые сильные. Со временем лидерами стали становится самые умные и хитрые. Вероятно, именно поэтому женщины выбирают умных мужчин (не обязательно самых умных, но «второго эшелона» точно). В свою очередь, сексуальный отбор ускорил эволюцию интеллекта. Движителем этого процесса стали женщины, которые выбирали мужчин, способных стратегически планировать, становиться вождями племени и переигрывать других мужчин при помощи интеллекта, для чего, естественно, необходим большой мозг.

Это всего лишь некоторые из теорий возникновения интеллекта, и у каждой из них есть свои аргументы за и против. Но судя по всему, общей темой для всех теорий является способность моделировать будущее. К примеру, в обязанности вождя входит выбор верного направления движения для племени. Это означает, что любой вождь должен разбираться в намерениях других членов племени, потому что без этого невозможно планировать стратегию на будущее. Следовательно, способность моделировать будущее была, наверное, одной из основных движущих сил эволюции мозга и интеллекта. А человек, который лучше других умел это делать, умел к тому же плести интриги, планировать, читать мысли своих соплеменников, т. е. и мог выиграть у сородичей-мужчин.

Точно так же можно сказать, что язык позволяет человеку моделировать будущее. Животные тоже обладают рудиментарным языком, но работает он преимущественно в настоящем времени. Их язык может предупредить об угрозе — скажем, о притаившемся среди деревьев хищнике. Однако в языке животных, судя по всему, нет ни будущего, ни прошедшего времени. Животные не спрягают свои глаголы. Может быть, способность отразить в речи прошлое и будущее время как раз и стала

ключевым моментом в развитии интеллекта.

Психолог из Гарварда доктор Дэниел Гилберт пишет: «Первые несколько миллионов лет после появления на планете наш мозг был заперт в вечном настоящем, это верно и сегодня для большинства обладающих мозгом существ. Но не для вас и не для меня, потому что два или три миллиона лет назад наши предки начали великий исход из здесь и сейчас…»

Будущее эволюции

До сих пор мы говорили о том, что у ученых есть интересные результаты, указывающие на то, что можно улучшить память и интеллект человека, в основном путем повышения эффективности мозга и максимизации его естественных возможностей. В процессе исследования и проверки находится множество различных способов достижения этой цели, начиная от лекарственных препаратов и генетических методов и заканчивая применением современных приборов (таких как ТЭС, например), способных, в принципе, улучшить деятельность нейронов.

Так что концепция изменения размеров мозга и улучшения способностей человекообразных обезьян — возможность реальная, хотя это и сложно. От генной терапии в таких масштабах нас отделяет по крайней мере несколько десятков лет. Но здесь возникает еще один сложный вопрос: как далеко мы можем зайти? Можно ли бесконечно расширять интеллект конкретного организма? Или существует лимит на модификацию мозга, установленный законами природы?

Как ни удивительно, на этот вопрос можно ответить положительно. Законы природы действительно устанавливают верхний предел на то, что можно сделать с человеческим мозгом при помощи модификации генов. Чтобы увидеть этот предел, полезно для начала посмотреть, продолжает ли расти человеческий интеллект в процессе эволюции, и если да, то что можно сделать для ускорения этого естественного процесса.

В популярной культуре господствует представление о том, что эволюция в будущем даст нам большой мозг и маленькое безволосое тело. Точно такими часто изображают космических пришельцев (считается, что они должны стоять на более высокой ступени развития). Чтобы убедиться в этом, достаточно заглянуть в любой сувенирный магазинчик: вы увидите неземное лицо с выпуклыми глазами, громадную голову и зеленую кожу.

На деле, судя по некоторым признакам, человеческая эволюция (т. е.

основные телесные характеристики и интеллект) в основном прекратилась. В поддержку такой точки зрения имеется несколько свидетельств. Во-первых, поскольку мы — двуногие прямоходящие млекопитающие, то существуют ограничения на максимальный размер черепа младенца, способного пройти через родовые пути. Во-вторых, развитие современных технологий устранило многие из тех жестких эволюционных ограничений, с которыми сталкивались наши предки.

Однако на генетическом и молекулярном уровне эволюция продолжается. Это трудно увидеть невооруженным глазом, но есть свидетельства, что биохимия человека изменилась, приспосабливаясь к меняющимся условиям среды; в частности, это относится к сопротивляемости малярии в тропических регионах. Кроме того, человек не так давно приобрел ферменты для переваривания лактозы (молочного сахара); произошло это после того, как мы одомашнили корову и начали пить молоко. Приспособление к рациону питания, связанному с оседлостью и земледелием, тоже не обошлось без мутаций. Более того, люди и сегодня выбирают более сильных и здоровых сексуальных партнеров, так что эволюция и на этом уровне продолжает выбраковывать негодные гены. Однако ни одна из перечисленных мутаций не изменила строение тела человека и не увеличила размер его мозга. (Современные технологии тоже в какой-то мере влияют на ход эволюции. Отметим, к примеру, что близорукость уже не является фактором эволюционного давления, поскольку сегодня любой может обзавестись очками или контактными линзами.)

Физика мозга

Итак, с эволюционной и биологической точки зрения эволюция уже не отбирает более умных, по крайней мере не так быстро, как это происходило тысячи лет назад.

Кроме того, законы природы указывают на то, что мы достигли максимального естественного уровня интеллекта, и любые улучшения теперь должны опираться на внешние источники. Физики, изучавшие нейроны мозга, говорят, то существует система сдержек и компромиссов, которая не позволит нам сильно поумнеть. Всякий раз, представляя себе более крупный, более плотный или более сложный мозг, мы натыкаемся на какие-то негативные последствия.

Первый принцип физики, который можно применить к мозгу, — это

закон сохранения вещества и энергии, т. е. закон, согласно которому суммарное количество вещества и энергии в системе должно оставаться неизменным. В частности, чтобы выполнить невероятные трюки умственной гимнастики, мозг вынужден экономить энергию, и ему приходится применять множество уловок. Как показано в главе 1, то, что мы видим собственными глазами, на самом деле слеплено на скорую руку при помощи энергосберегающих фокусов. На тщательный и вдумчивый анализ каждого кризиса потребовалось бы слишком много времени и энергии, поэтому мозг, чтобы эту энергию сэкономить, производит мгновенную оценку ситуации в форме эмоций. Забывание — еще один способ экономии энергии. Человеческое сознание имеет доступ лишь к крохотной доле воспоминаний, хранящихся в мозгу.

Возникает вопрос: если увеличить размеры мозга или плотность нейронов в нем, станем ли мы умнее?

Вероятно, нет. «Нейроны серого вещества работают с аксонами, достаточно близкими по своим характеристикам к физическому пределу», — говорит доктор Саймон Лафлин из Кембриджского университета. Существует несколько способов повысить разумность мозга с использованием законов физики, но для каждого из них характерны свои проблемы:

• Можно увеличить размер мозга и удлинить нейроны. Но мозг при этом будет потреблять больше энергии. В процессе работы будет выделяться больше тепла, что опасно для жизни. Если мозг потребляет больше энергии, он разогревается, и в критических случаях начинается разрушение тканей. (Химические реакции и обмен веществ в человеческом организме должны проходить при температурах, лежащих в узком диапазоне.) Кроме того, при более длинных нейронах прохождение сигналов в мозгу будет занимать больше времени; следовательно, мыслительный процесс замедлится.

• Можно упаковать в то же пространство больше нейронов, сделав их тоньше. Но в этом случае сложные электрохимические реакции, которые должны протекать внутри аксонов, начнут сбоить, и у нейронов будет чаще наблюдаться ложное срабатывание. Дуглас Фокс пишет в журнале *Scientific American*: «Можно назвать это матерью всех ограничений, но так называемые ионные каналы, т. е. белки, при помощи которых нейроны генерируют электрические импульсы, по природе своей нестабильны».

• Можно увеличить скорость сигнала, сделав нейроны толще. Но это тоже приведет к росту энергопотребления и выделению дополнительного тепла. Кроме того, это увеличит размеры мозга, а значит, и время,

необходимое сигналам на дорогу.

• Можно увеличить число соединений между нейронами. Но это тоже повысит энергопотребление и выделение тепла, сделав к тому же мозг больше, да и работать он будет медленнее.

Таким образом, что бы мы ни делали с мозгом, мы все равно оказываемся в тупике. Похоже, сами законы природы указывают, что мы уже достигли максимального уровня интеллекта. И если нам не удастся внезапно увеличить размеры черепа или изменить саму природу нейронов мозга, мы, вероятно, не сможем и повысить интеллект физическими методами. Если это вообще возможно, то делать это придется, добиваясь большей эффективности мозга (при помощи лекарственных препаратов, генетических методов или, может быть, аппаратов типа ТЭС).

Заключительные мысли

Подведем некоторые итоги. Не исключено, что в ближайшие десятилетия мы научимся влиять на свой интеллект при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Сегодня исследования, призванные раскрыть тайны разума и определить, как можно этот разум модифицировать или изменить, ведутся в нескольких направлениях. Но что произойдет с обществом, если мы действительно научимся развивать свой интеллект и «подстегивать мозг»? Наука в этом направлении развивается стремительно, и специалисты по этике очень серьезно рассматривают этот вопрос. Главное опасение состоит в том, что для общества это может стать точкой бифуркации: только богатые и власть имущие получат доступ к новой технологии и воспользуются ею, чтобы дополнительно закрепить свое и без того высокое положение. А у бедных, не получивших возможности развития разума, вообще не будет шанса подняться по социальной лестнице.

Это, конечно, серьезный повод для тревоги, но вся история техники противоречит такому сценарию. Многие технологии прошлого поначалу тоже были уделом богатых и власть имущих, но со временем массовое производство, конкуренция, развитие транспорта и собственно технологии сбивали цены, и очередное достижение цивилизации становилось доступным обычному человеку. (К примеру, мы не видим ничего странного в том, что едим на завтрак то, что король Британии не мог себе позволить еще столетие назад. Деликатесы со всего мира, которым позавидовали бы викторианские аристократы, теперь можно купить в любом супермаркете, и

это тоже заслуга новых технологий.) Так что если и появится метод повышения интеллекта, то цена этой услуги со временем упадет. Технологии не могут вечно оставаться привилегией богатых. Рано или поздно изобретательность, труд и простые рыночные механизмы снизят цены.

Существуют, правда, опасения, что род человеческий может разделиться на тех, кто хочет повысить интеллект, и на тех, кто предпочтет остаться прежним; в результате возникнет ситуация, когда класс суперумных браминов правит массами менее талантливых людей.

Но опять же, вполне возможно, что страх перед повышением интеллекта преувеличен. Среднему человеку совершенно неинтересно решать сложные тензорные уравнения, описывающие черную дыру. Он не видит толка в изучении математики гиперпространственных измерений или квантовой теории. Наоборот, среднему человеку подобные занятия могут показаться скучными и бесполезными. Так что большинство из нас не станут математическими гениями, если получит такую возможность, потому что это вообще не в характере человека, и мы не видим в подобном никакой выгоды для себя.

Не забывайте, что в обществе уже есть класс состоявшихся математиков и физиков; при этом платят им значительно меньше, чем зарабатывает обычный бизнесмен, да и власти у них меньше, чем у среднего политика. Большой ум не гарантирует финансового успеха. Более того, лишний ум может поставить вас в глазах общества, которое больше ценит спортсменов, кинозвезд, комедиантов и шоуменов, на один из нижних уровней социальной пирамиды.

Никому еще не удалось разбогатеть, занимаясь теорией относительности.

К тому же многое зависит от того, какие конкретно черты будут усилены. Существуют и другие формы интеллекта, помимо математического мышления. (Некоторые утверждают, что интеллект должен включать и художественный гений. В этом случае при помощи таланта можно хотя бы прилично заработать.)

Беспокойные родители старшеклассников, конечно, могут захотеть увеличить IQ своих детей, чтобы помочь им лучше сдать выпускные экзамены. Но коэффициент интеллекта, как мы видели, совсем не обязательно соответствует жизненному успеху. Точно так же многие захотят улучшить память, однако фотографическая память, как у савантов, может стать как благословением, так и проклятием. Но в обоих случаях подстегивание мозга вряд ли расколет общество надвое.

Мир в целом, однако, может выиграть от этой технологии. Работники с более высоким интеллектом были бы лучше подготовлены к конкуренции на вечно меняющемся рынке труда. Переподготовка работников и обучение их новым профессиям перестанут быть тяжким грузом для общества. Более того, публика будущего сможет принимать взвешенные решения по принципиально технологическим вопросам (к примеру, связанным с изменениями климата, ядерной энергией, исследованиями космоса), поскольку будет лучше понимать их.

К тому же эта технология может помочь нам уравнять шансы. Сегодня дети, которые посещают частные школы и занимаются с частными педагогами, лучше подготовлены к конкуренции на рынке труда, поскольку у них больше возможностей овладеть сложным материалом. Но если бы интеллект всех детей стал выше, границы в общество стерлись бы. И тогда успех в жизни у каждого будет зависеть в основном от его собственного драйва, честолюбия, воображения и упорства, а не от случайности рождения.

Плюс ко всему развитие интеллекта, возможно, ускорит технический прогресс. Более высокий интеллект означал бы улучшение способности моделировать будущее, а это бесценно для научных исследований. Нередко наука в той или иной области застаивается просто из-за недостатка свежих идей, которые сформировали бы новые направления исследований. Поэтому способность моделировать возможные варианты будущего сильно повысила бы частоту научных открытий.

Открытия в науке, в свою очередь, инициируют развитие промышленности, они способны обогатить общество. В результате возникают новые рынки, новые рабочие места и появляются новые возможности. История полна технологических прорывов, порождавших совершенно новые отрасли, которые в результате облагодетельствовали не избранных, а общество в целом (вспомните транзистор и лазер, ставших сегодня основой мировой экономики).

Однако в научной фантастике нередко встречается тема суперпреступника, который использует свой великолепный интеллект для всевозможных преступлений и победы над супергероем. У каждого Супермена есть свой Лекс Лютер, у каждого Человека-паука — свой Зеленый Гоблин. Конечно, нельзя исключить, что какой-нибудь криминальный талант воспользуется развитым интеллектом для создания супероружия и планирования преступления века, но поймите, полиция ведь тоже развивает свой интеллект, чтобы переиграть злодея. Суперпреступники опасны только в том случае, если станут обладать

монополией на интеллект.

До сих пор мы рассматривали возможность улучшения или изменения ментальных способностей при помощи телепатии, телекинеза, загрузки воспоминаний или стимулирования мозга. Иными словами, речь шла об изменении и усилении ментальных способностей сознания. При этом неявно подразумевалось, что наше обычное сознание — единственное в своем роде, но стоит задуматься, не существует ли других форм сознания. Если это так, то могут существовать и другие способы мышления, что приводит к совершенно иным результатам и последствиям. Я думаю об измененных состояниях сознания, таких как сон, наркотическая галлюцинация и психическое расстройство. Есть еще нечеловеческое сознание, сознание роботов и даже сознание космических пришельцев[15]. Стоит отказаться от шовинистического представления о том, что иного сознания, кроме человеческого, не существует. Модель мира можно создать разными способами, и моделировать будущее тоже можно по-разному.

Сны, к примеру, представляют собой одну из старейших форм сознания; их изучали еще в древности, но до недавнего времени в понимании их природы почти не было прогресса. Может быть, сны — не случайные события, которые спящий мозг зачем-то собирает в кучу, а феномены, при помощи которых можно проникнуть в суть и смысл сознания. Они могут оказаться ключом к пониманию измененных состояний сознания.

Книга III
Измененное сознание

Будущее принадлежит тем, кто верит в красоту своей мечты.

Элеанор Рузвельт

7. В ваших сновидениях

Сны способны определить судьбу.

Может быть, самый знаменитый сон античности относится к 312 г. н. э., когда римский император Константин вступил в одну из величайших баталий своей жизни. Оказавшись перед лицом армии, вдвое превосходящей по численности его собственную, он понял, что, скорее всего, погибнет завтра в бою. Но ангел, явившийся императору в ту ночь во сне с образом креста, произнес судьбоносные слова: «Сим победиши!» Проснувшись, Константин сразу же приказал украсить щиты своих воинов символом креста.

История свидетельствует, что на следующий день он вышел из боя победителем, закрепив тем самым за собой трон Римской империи. Он поклялся отдать долг крови относительно незаметной на тот момент религии — христианству, — которую до него не одно столетие преследовали римские императоры и приверженцев которой регулярно скармливали львам на арене Колизея. И Константин подписал законы, благодаря которым христианство со временем стало официальной религией одной из крупнейших империй мира.

Тысячи лет короли и королевы, точно так же как воры и бродяги, пытались разгадать смысл сновидений. Древние считали сны предвестниками будущего, поэтому предпринимались бесчисленные попытки их интерпретировать. В Библии, в 41-й главе книги «Бытие», описано возвышение Иосифа, который сумел верно разгадать сон египетского фараона. Было это несколько тысяч лет назад. Фараону приснились семь жирных коров, за которыми следовали семь тощих коров; этот образ так взволновал его, что он повелел книжникам и жрецам своего царства разъяснить его смысл. Никто из них не смог дать убедительного толкования, пока не появился Иосиф и не объяснил значение сна: он означал, что Египет ждали семь урожайных лет, а затем семь лет засухи и голода. Поэтому, сказал Иосиф, Египту необходимо запасти зерно и подготовиться таким образом к годам нужды и отчаяния. Когда все сбылось, Иосифа сочли пророком.

Сны издавна связывали с пророчествами, но позже они приобрели и другую известность: они стимулировали научные открытия. Мысль о том, что нейромедиаторы обеспечивают прохождение информации через синапс, посетила фармаколога Отто Леви во сне. Точно так же в 1865 г. Август

Кекуле увидел во сне формулу бензола, в которой связи между атомами углерода образовали цепочку, превращавшуюся в кольцо, подобно змее, кусающей собственный хвост. Этот сон помог разгадать атомную структуру молекулы бензола. «Нужно научиться видеть сны», — сделал вывод Кекуле.

Кроме того, сновидения также интерпретируют как окно в наши подлинные мысли и намерения. Великий писатель и моралист эпохи Возрождения Мишель де Монтень однажды написал: «Я уверен, что сновидения суть верная интерпретация наших наклонностей, но нужно умение, чтобы разобраться и понять их». Позже Зигмунд Фрейд предложил теорию, объясняющую происхождение сновидений. В известной работе «Толкование сновидений» он утверждал, что сновидения — это проявление наших подсознательных желаний, часто подавленных на уровне сознания, но каждую ночь вырывающихся на волю. Сновидения, по Фрейду, не просто случайные фантазии нашего перегретого воображения; на самом деле они могут раскрыть нам глубокие тайны и истины о нас самих. «Сновидения — это царская дорога к познанию бессознательного», — писал он. С тех пор люди собрали громадные энциклопедии, в которых будто бы раскрывается скрытое значение каждого образа в сновидениях в свете теории Фрейда.

Голливуд успешно использует наш интерес к сновидениям. Во многих фильмах присутствует сцена, в которой герой видит жуткий сон и внезапно просыпается в холодном поту. В блокбастере «Начало» Леонардо Ди Каприо играет мелкого мошенника, который похищает личные секреты людей из самого невероятного места — из их сновидений. При помощи нового изобретения он может проникать в чужие сны и обманом вынуждать людей раскрывать свои финансовые секреты. Корпорации тратят миллионы долларов на защиту промышленных секретов и патентов. Миллиардеры ревностно хранят свое богатство, изобретая хитроумные шифры. Работа героя фильма — красть их. Интрига набирает обороты, когда герои проникают в сновидения, в которых человек засыпает и снова видит сны. Поэтому преступникам приходится погружаться во все более глубокие слои подсознания.

Но хотя сновидения всегда мистифицировали нас, только в последнее десятилетие или около того ученые смогли наконец сдернуть с них покров тайны. Более того, ученые сегодня могут делать то, что прежде считалось абсолютно невозможным: они способны делать грубые фотографии и видеозаписи сновидений при помощи аппаратов МРТ. Не исключено, что когда-нибудь вы сможете посмотреть видеозапись своего вчерашнего сна и

понять, что подсказывает вам подсознание. А после надлежащей подготовки, вероятно, даже сможете сознательно управлять природой своих снов. Или, подобно герою Ди Каприо, проникать в чужие сновидения.

Природа сновидений

Сновидения, какими бы загадочными они ни были, — это вовсе не излишняя роскошь и не бесполезные навязчивые воспоминания бездействующего мозга. Строго говоря, сновидения необходимы для выживания. Методы сканирования мозга позволяют показать, что у некоторых животных такая активность мозга тоже наблюдается. Лишенные сновидений, эти животные часто умирают даже быстрее, чем умерли бы от голода, поскольку подобная депривация серьезно подрывает их метаболизм. Увы, наука до сих пор не знает в точности, почему так происходит.

Кроме того, сновидения — существенная часть цикла сна. Мы проводим за сновидениями примерно два часа каждую ночь, когда спим, причем каждое сновидение длится от пяти до двадцати минут. Если разобраться, то в среднем за жизнь мы примерно шесть лет занимаемся только тем, что смотрим сны.

Кроме того, известно, что сновидения универсальны для всего рода человеческого. Ученые находят общие темы сновидений в самых разных культурах. За сорок лет профессор психологии Кельвин Холл записал 50 000 сновидений; к ним он добавил тысячу рассказов о сновидениях, написанных студентами колледжа. Он обнаружил, и это не удивительно, что большинство видит во сне примерно одно и то же: к примеру, сюжеты на темы личных переживаний предыдущих дней или недель. (Однако животные, судя по всему, видят другие сны. Так, у дельфина полушария мозга спят по очереди и никогда не спят одновременно, чтобы не потерять контроля и не утонуть, — ведь дельфин млекопитающее и дышит легкими, а не жабрами, как рыба. Так что если дельфины и видят сны, то тоже, вероятно, только одним полушарием.)

Мозг, как вы понимаете, не цифровой компьютер, скорее, это нейронная сеть определенного типа, которая перекоммутируется при усвоении новой информации и освоении новых навыков. Но ученые, работающие с нейронными сетями, заметили кое-что интересное. При избытке информации такие системы часто переходят в режим насыщения и вместо того, чтобы и дальше обрабатывать информацию, входят в

состояние «сновидения», в котором, пока нейронная сеть пытается переварить весь новый материал, случайные воспоминания могут плавать, сходиться, смешиваться и иногда объединяться. Так что сновидения, возможно, отражают процесс «уборки», при котором мозг пытается более рационально организовать воспоминания. (Если это так, то, вполне возможно, все нейронные сети всех способных к обучению организмов время от времени впадают в режим сна, цель которого — привести в порядок память. Вероятно, сновидения служат именно этой цели. Некоторые ученые даже предполагают, что самообучающиеся роботы со временем тоже будут видеть сны.)

Похоже, что неврологические исследования подтверждают такую точку зрения. Эксперименты показали, что сохранность воспоминаний можно повысить, если между событием и испытанием уделять достаточно времени сну. На снимках можно было видеть, что во время сна активны те же области мозга, что и при освоении новых навыков. Возможно, сновидения полезны для консолидации и закрепления этой новой информации.

Сновидения могут также включать события, имевшие место несколько часов назад, непосредственно перед сном. В основном, однако, в них фигурируют воспоминания давностью в несколько дней. К примеру, эксперименты показали, что если человек станет носить розовые очки, то его сновидения окрасятся в розовый цвет лишь через несколько дней.

Снимки сновидений

В настоящее время снимки (сканы) мозга раскрывают перед нами некоторые загадки сновидений. В обычных условиях ЭЭГ показывает, что мозг в состоянии бодрствования испускает стабильные электромагнитные волны. Когда же мы постепенно засыпаем, волны электрической энергии исходят из мозгового ствола вверх и поднимаются к коре, в первую очередь к визуальной ее части. Тем самым подтверждается, что визуальные образы являются важным компонентом сновидений. Наконец, мы входим в состояние сновидения, и помимо мозговых волн возникают быстрые движения глаз (БДГ). (У некоторых млекопитающих фаза быстрого сна тоже присутствует, из чего мы можем сделать вывод о том, что они тоже видят сны.)

Пока визуальные области мозга активны, деятельность остальных областей, отвечающих, в частности, за обоняние, вкус и осязание, в

основном подавляется. Почти все образы и ощущения, которые обрабатывает при этом организм, генерируются в нем же и происходят от электромагнитных колебаний в мозговом стволе, а не от внешних раздражителей. Тело при этом в основном изолировано от внешнего мира. Кроме того, когда мы видим сны, мы в значительной мере парализованы. (Возможно, этот паралич бережет нас от физических действий в состоянии сна, которые могут привести к катастрофическим последствиям. Около 6 % людей страдает от расстройства, известного как сонный паралич, при котором они, просыпаясь после сновидения, все еще находятся в состоянии ступора. Часто такие люди просыпаются в ужасе и в полной уверенности, что кто-то давит им на грудь, держит руки и ноги. На картинах Викторианской эпохи можно увидеть женщин, которые просыпаются и видят у себя на груди жуткого гоблина, наблюдающего за ними. Некоторые психологи считают, что именно сонным параличом можно объяснить происхождение историй о похищении людей инопланетянами.)

Когда мы спим, гиппокамп активен, и это позволяет предположить, что сновидения вытаскивают из хранилища какие-то воспоминания. Мозжечковая миндалина и передняя поясная кора также активны, а значит, сновидения могут порождать всплеск эмоций, и в них часто присутствует страх.

Еще интереснее посмотреть, какие области мозга при этом бездействуют: в их числе дорсолатеральная часть префронтальной коры (командный центр мозга), орбитофронтальная кора (которая может проверять факты и осуществлять цензуру) и височно-теменная область (она занимается обработкой сенсорно-моторных сигналов и пространственными ощущениями).

Когда дорсолатеральная префронтальная кора бездействует, мы не можем рассчитывать на рациональное плановое начало. Вместо этого мы бесцельно дрейфуем в своих сновидениях, а визуальный центр снабжает нас образами без всякого рационального контроля. Орбитофронтальная кора — то место, где проверяются факты — при этом тоже неактивна. Поэтому сюжет сновидения развивается свободно, без оглядки на законы природы или здравый смысл. Бездействует также височно-затылочная доля, которая помогает нам координировать ощущение своего положения в пространстве при помощи зрения и внутреннего уха; именно этим могут объясняться случаи внетелесных переживаний во сне.

Как мы уже подчеркивали, человеческое сознание в основном представляет мозг, который непрерывно строит модели внешнего мира и прогнозирует их поведение. Если это так, то сновидения представляют

иной способ моделирования будущего, при котором законы природы и социальные взаимодействия временно отставляются в сторону.

Как мы видим сны?

Но это оставляет открытым еще один вопрос: откуда берутся сновидения? Что их генерирует? Одним из крупнейших в мире специалистов по сновидениям является доктор Аллан Хобсон, психиатр Гарвардской медицинской школы. Он утверждает, что сновидения, особенно в фазе БДГ, можно изучать на неврологическом уровне и что сновидения возникают, когда мозг пытается разобраться в случайных по большей части сигналах, исходящих от мозгового ствола.

Когда я брал у него интервью, доктор Хобсон рассказал, что после нескольких десятилетий сбора и каталогизации сновидений он выделил в них пять базовых характеристик:

1. Интенсивные эмоции — благодаря активизации мозжечковой миндалины, вызывающей эмоции, в частности, страх.
2. Алогичное содержание — сновидения могут мгновенно переключаться с одной сцены на другую вопреки всякой логике.
3. Ложные сенсорные ощущения — сновидения дают нам ложные ощущения, которые на самом деле генерируются непосредственно в мозгу.
4. Некритичное восприятие событий сна — мы принимаем все на веру, алогичная природа сновидения кажется нам естественной.
5. Трудность вспоминания — сновидения быстро, буквально через несколько минут после пробуждения, забываются.

Доктор Хобсон (совместно с доктором Робертом Маккарли) вошел в историю, предложив первый серьезный пересмотр теории сновидений Фрейда, известной как «теория активации-синтеза». В 1977 г. они выдвинули идею, согласно которой сновидения возникают от случайных срабатываний нейронов мозгового ствола, которые направляются вверх в кору, которая затем, в свою очередь, пытается разобраться в этих случайных сигналах.

Ключ к сновидениям лежит в узлах, обнаруженных в мозговом стволе — самой древней его части; она выделяет особые химические вещества, получившие название адренергиков, помогающих сохранять внимание. Засыпая, мозговой ствол активирует другую систему — холинергическую; та, в свою очередь, выделяет химические вещества, вводящие нас в

состояние сновидения.

Пока мы видим сны, холинергические нейроны мозгового ствола начинают срабатывать, испуская хаотичные импульсы электрической энергии, известные как понто-геникуло-затылочные волны (волны PGO). Эти волны идут вверх по мозговому стволу и попадают в зрительную кору, стимулируя ее и побуждая создавать сновидения. Клетки зрительной коры начинают резонировать сотни раз в секунду, но нерегулярно; вероятно, именно этим можно объяснить бессвязную иногда природу сновидений.

Эта система также выделяет химические вещества, разделяющие те части мозга, что отвечают за разум и логику. Рваную и бессвязную природу сновидений можно объяснить недостатком проверок со стороны префронтальной и орбитофронтальной коры, а также невероятной чувствительностью мозга в эти моменты к случайным мыслям.

Исследования показали, что можно войти в холинергическое состояние и без сна. Доктор Эдгар Гарсия-Рилл из Арканзасского университета утверждает, что такое состояние может быть вызвано медитацией, тревогой или полной изоляцией от всяких шумов. Пилоты и водители, по много часов подряд наблюдающие монотонную картину за лобовым или ветровым стеклом, тоже иногда впадают в такое состояние. В ходе экспериментов доктор Гарсия-Рилл обнаружил, что в мозговом стволе шизофреников содержится необычно большое число холинергических нейронов; именно этим, по его мнению, могут объясняться их галлюцинации.

Для большей эффективности исследований доктор Аллан Хобсон надевал на испытуемых специальный ночной колпак, ведущий во время сновидения автоматическую запись данных. Один из сенсоров этого головного убора регистрировал движение головы человека (поскольку человек обычно двигает головой, когда сон заканчивается); другой измерял движение век (поскольку во время быстрой фазы сна веки спящего движутся). Проснувшись, испытуемые сразу же записывали все, что видели во сне, и эти рассказы вместе с информацией с датчиков вводились в компьютер.

Таким образом доктор Хобсон собрал громадное количество информации о сновидениях. «Так в чем же смысл сновидений?» — спросил я его. Он уверенно отбрасывает «мистику судьбы в интерпретации сновидений», как он это называет, и не видит в них никаких тайных посланий из космоса.

Он считает, что после того, как понто-геникуло-затылочные волны поступают из мозгового ствола в различные области коры, кора пытается

разобраться в этих беспорядочных сигналах и как-то их осмыслить, в результате чего складывается связная (или не очень) история на их основе — сновидение.

Как сфотографировать сновидение

В прошлом большинство ученых избегало участвовать в исследовании сновидений, поскольку они очень субъективны и связаны давними историческими ассоциациями с мистикой и парапсихологией. Но теперь с появлением метода МРТ-сканирования мозга сновидения потихоньку открывают ученым свои тайны. Мало того, поскольку сновидениями управляют почти те же самые мозговые центры, что и зрением, появляется возможность сфотографировать сновидение. Новаторские исследования на эту тему ведутся в Киото (Япония) специалистами Лаборатории вычислительной нейробиологии ATR.

Сначала испытуемого помещают в аппарат МРТ и показывают ему 400 черно-белых изображений, каждое из которых представляет собой серию точек в квадрате десять на десять. Картинки появляются последовательно, по одной, а аппарат регистрирует реакцию мозга на каждый набор точек. Как и в других подобных исследованиях, экспериментаторы постепенно создают энциклопедию изображений, где каждому набору точек соответствует конкретный МРТ-кадр. Здесь ученые могут идти от обратного и верно восстанавливать по МРТ-снимку, сделанному во время сна испытуемого, сгенерированный автоматически образ.

Руководитель научной группы ATR Юкияси Камитани говорит: «Такую технологию можно применять и к другим чувствам, не только к зрению. В будущем, возможно, мы научимся читать чувства и сложные эмоциональные состояния». Вообще-то таким способом можно получить изображение любого ментального состояния мозга, включая и сновидения, достаточно найти однозначное соответствие между конкретными ментальными состояниями и параметрами МРТ-снимков.

Ученые из Киото сосредоточились на анализе неподвижных фотографий, сгенерированных мозгом. В главе 3 упоминался аналогичный подход, разрабатываемый доктором Джеком Галлантом, когда вокселы трехмерного МРТ-снимка мозга используются для реконструкции при помощи сложной формулы реального изображения, увиденного глазом. Мало того, аналогичный процесс позволил доктору Галланту и его команде приблизительно воссоздать видео сновидения. В лаборатории в Беркли я

разговаривал с одним из сотрудников, доктором Синдзи Нисимото, который позволил мне посмотреть видео одного из своих сновидений — одного из самых первых записанных сновидений. Я увидел серию лиц, сменяющих друг друга на компьютерном экране; это означало, что субъекту (в данном случае самому доктору Нисимото) снились люди, а не животные или неодушевленные предметы. Это было поразительно. К несчастью, технология пока недостаточно разработана, чтобы можно было рассмотреть конкретные черты мелькающих лиц, так что следующим шагом, вероятно, будет увеличение числа пикселов, чтобы можно было разбирать более сложные картинки. Еще одним шагом, вероятно, будет замена черно-белых образов цветными.

Затем я задал доктору Нисимото главный вопрос: «Откуда вы знаете, что ваше видео соответствует действительности? Откуда вы знаете, что машина не выдумывает попросту эти картинки?» Он немного сконфузился и ответил, что в этом заключается слабое место его исследований. Обычно у человека есть всего несколько минут, сразу после пробуждения, когда он может записать свой сон. После этого большинство сновидений пропадает в тумане сознания, так что проверить результаты эксперимента непросто.

Доктор Галлант сказал мне, что эксперименты по записи сновидений на видеопленку пока идут, и, в частности, поэтому его результаты еще не готовы к публикации. Ученым предстоит еще многое сделать, прежде чем мы сможем посмотреть вчерашние сновидения в записи.

Осознанные сновидения

Кроме того, ученые исследуют тип сновидений, который когда-то считался несуществующим. Речь идет об осознанных сновидениях, или сновидениях, которые человек видит при не полностью выключенном сознании. Звучит довольно нелепо, поскольку одно слово откровенно противоречит другому, но само явление подтверждается результатами сканирования мозга. В осознанных сновидениях человек не только понимает, что спит и видит сон, но и сознательно контролирует развитие сюжета. Наука лишь недавно начала экспериментировать с осознанными сновидениями, но рассказы об этом явлении известны с древности. В буддизме, к примеру, есть книги, в которых рассказывается о людях, умеющих контролировать сновидения, и о том, как при помощи специальных тренировок стать таким человеком. За последние столетия несколько человек в Европе подробно описали свои осознанные

сновидения.

Сканирование мозга людей, видящих осознанные сновидения, показывает, что это явление реально; в фазе быстрого сна у них дорсолатеральный участок префронтальной коры, который при обычном сне бездействует, активен. Это означает, что человек, видя сны, частично остается в сознании. Более того, чем ярче и осознаннее сновидение, тем активнее дорсолатеральный участок префронтальной коры. А поскольку дорсолатеральная префронтальная кора представляет сознательную часть мозга, человек, по идее, должен осознавать свое состояние.

Доктор Хобсон рассказал, что при помощи определенных техник любой человек может научиться осознанным сновидениям. В частности, тем, кто уже видит такие сновидения, следует обязательно вести записи. Прежде чем ложиться спать, им следует напоминать себе, что в середине сновидения они «проснутся» и поймут: то, что они видят, происходит в мире сновидений. Очень важно заранее соответствующим образом настроиться. Тело в фазе быстрого сна практически парализовано, поэтому спящему сложно подать сигнал о начале осознанного сновидения. Однако доктор Стивен Лаберг из Стэнфордского университета исследует людей (включая и его самого), которые видят осознанные сновидения и при этом способны во время сна подавать сигналы окружающему миру.

В 2011 г. ученые впервые воспользовались аппаратами МРТ и ЭЭГ для изучения содержания сновидений и даже для связи со спящим человеком. В Институте Макса Планка в Мюнхене и Лейпциге подобрали несколько человек, способных видеть контролируемые сновидения, и установили на их головах датчики ЭЭГ, чтобы точно определять момент входа в фазу быстрого сна. Затем испытуемых поместили в аппарат МРТ. Предварительно с ними была согласована система сигналов (движения глаз и ритм дыхания) — что-то вроде азбуки Морзе. Испытуемым сказали, что с началом контролируемого сновидения им следует в течение десяти секунд попеременно сжимать кулаки — сначала правый, потом левый, чтобы таким образом подать сигнал о том, что они видят сон.

Ученые обнаружили, что после входа в состояние контролируемого сновидения у испытуемых активировалась чувственно-моторная кора мозга (отвечающая за движения, такие как сжимание кулаков). По МРТ можно было определить, что кулаки сжимаются; мало того, можно было определить, какой кулак сжимается первым. Затем при помощи другого датчика (спектрометра ближнего инфракрасного диапазона) ученые смогли убедиться в том, что активность той области мозга, где происходит планирование движений, тоже повысилась.

«Таким образом, наши сновидения — не «кино», где мы просто пассивно наблюдаем за происходящими событиями. В них задействована активность областей мозга, влияющих на содержание сновидения», — говорит Майкл Чиж, руководитель группы в Институте Макса Планка.

Как попасть в сновидение

Если можно обмениваться информацией со спящим человеком, то можно ли изменить чье-то сновидение? Думаю, это возможно.

Во-первых, как мы уже видели, первые шаги к видеозаписи сновидений уже сделаны, и в ближайшие годы, скорее всего, появится возможность гораздо более точной фото— и видеофиксации сновидений. Поскольку ученым уже удалось установить связь между реальным миром и спящим, находящимся в фантастическом мире контролируемого сновидения, то в принципе у них должна быть и возможность намеренно изменить характер сновидения. Представьте, что ученые могут просматривать видеозапись сновидения, получаемую с аппарата МРТ, в реальном времени. Пока спящий бродит по миру своих грез, ученые смотрят, куда он направляется, и подсказывают ему, куда лучше двигаться.

Так что не исключено, что в ближайшем будущем можно будет смотреть в реальном времени сон человека и реально влиять на общее направление сюжета. Но в фильме «Начало» герой Леонардо Ди Каприо заходит гораздо дальше — он умеет не только смотреть чужие сны, но и проникать в них. Возможно ли такое?

Ранее мы уже видели, что во время сна человек недвижим и не может реализовать фантазии, возникшие в сновидении (и это хорошо, ведь подобные действия могли бы привести к катастрофическим последствиям). Однако если человек ходит во сне, то глаза его при этом часто открыты, хотя и кажутся остекленевшими. Получается, что «лунатики» живут в двух мирах одновременно — в мире реальном и в мире сновидений. Есть много документально подтвержденных свидетельств, как люди ходят вокруг дома, водят машину, рубят дрова и даже кончают жизнь самоубийством, находясь в состоянии такого сна, где неразрывно смешаны реальность и фантазия. Следовательно, вполне может оказаться, что физические образы, которые глаз действительно видит, могут свободно взаимодействовать с воображаемыми образами, которые мозг генерирует во время сновидения.

Таким образом, чтобы попасть в чужое сновидение, потребуется, возможно, надеть контактные линзы на глаза спящего, способные

проецировать изображения непосредственно на сетчатку. Прототипы подобных линз уже разрабатываются в Университете Вашингтона в Сиэтле. Так что, если наблюдателю понадобится проникнуть в чужой сон, сначала ему нужно будет пойти в студию и сняться на видео. Затем его изображение нужно будет спроецировать на сетчатку спящего, создав таким образом композитное изображение (при этом образ наблюдателя наложится на воображаемую картинку, сгенерированную мозгом спящего).

Интересно, что наблюдатель, попав в чужой сон, мог бы тоже видеть это сновидение, ведь на нем тоже будут интернет-линзы. На его линзы будет посылаться МРТ-изображение сна после компьютерной расшифровки.

Более того, при желании вы могли бы изменить содержание сна, в который проникли. Бродя по пустой студии, вы будете видеть в своих контактных линзах, как разворачивается сновидение, а значит, сможете взаимодействовать с предметами и людьми, которые в нем появляются. Это будет очень необычный опыт, ведь фон будет меняться без предупреждения, образы будут появляться и пропадать без всякой на то причины, а о законах природы вообще можно будет забыть. Во сне может произойти всякое.

Не исключено, что еще через какое-то время появится возможность проникать в чужие сны путем непосредственного соединения двух спящих людей. Мозг каждого нужно будет соединить с МРТ-сканерами, подключенными к центральному компьютеру, который будет создавать из двух сновидений одно общее. Сначала компьютер расшифрует оба МРТ-сигнала, превратив их в видеоизображение. Затем отправит сновидение одного участника в сенсорные области мозга второго, и наоборот; смешивание сновидений будет происходить уже в мозгах участников. Однако для того, чтобы такое стало возможным, необходимы технологии видеозаписи и расшифровки сновидений весьма высокого уровня.

Но возникает еще один вопрос: если можно изменить чужое сновидение, не означает ли это, что можно управлять не только сновидениями другого человека, но и вообще его сознанием? Во времена холодной войны такой вопрос рассматривался весьма серьезно: и СССР, и США вели смертельную игру, пытаясь при помощи психотехник взять под контроль волю человека.

8. Можно ли контролировать сознание?

Сознание — это просто то, что делает мозг.

Марвин Мински

Разъяренного быка выпускают на пустую арену испанской Кордовы. На протяжении многих поколений предки этого свирепого животного проходили строгий отбор, целью которого было максимально усилить их агрессивность. Затем на ту же арену спокойно выходит профессор Йельского университета. Вместо твидового пиджака на нем традиционный наряд отчаянного матадора: расшитая золотом куртка и алый плащ. Он дразнит плащом быка, провоцируя нападение. Профессор не убегает в ужасе, он спокоен, смотрит уверенно и даже слегка отрешенно. Стороннему наблюдателю может показаться, что профессор сошел с ума и хочет покончить с собой.

Бык в ярости следит за профессором и вдруг бросается, нацелив на него свои страшные рога. Профессор не убегает в страхе; в руке у него какая-то маленькая коробочка. Бык уже близко. Под прицелом теле— и кинокамер профессор нажимает кнопку, и бык останавливается как вкопанный. Профессор настолько уверен в себе, что не боится рискнуть жизнью ради того, чтобы доказать свою правоту: он сумел подчинить сознание бешеного быка.

Йельский профессор — это доктор Хосе Дельгадо, на многие годы опередивший свое время. В 1960-е гг. он первым начал серию замечательных, но действующих на нервы экспериментов с животными: вживлял им в мозг электроды и пытался с их помощью контролировать движения подопытных. Чтобы эффектно остановить быка, он заранее вживил электроды в полосатое тело подкорковых узлов, расположенных в основании мозга и участвующих в координации движений.

Кроме того, он провел серию экспериментов на обезьянах, чтобы посмотреть, удастся ли ему при помощи кнопки изменить их общественную иерархию. Вживив электроды в хвостатое ядро (область, связанную с управлением движениями) альфа-самца группы, Дельгадо смог снизить агрессивные наклонности лидера. Без исходящей от лидера угрозы наказания дельта-самцы начали самоутверждаться, захватывая территорию и привилегии, обычно зарезервированные для альфа-самца.

Сам же альфа-самец тем временем, похоже, совершенно потерял интерес к защите своей территории.

Затем Дельгадо нажал другую кнопочку — и альфа-самец вернулся в свое обычное состояние: с прежней агрессивностью взялся за наведение порядка и восстановление власти. Дельта-самцы в страхе расползлись по углам.

Дельгадо первым в истории показал, что таким образом можно контролировать сознание животных. Профессор превратился в кукловода, дергающего за ниточки своих живых кукол.

Как и ожидалось, ученое сообщество с беспокойством приняло работу Дельгадо. К тому же в 1969 г. он написал книгу с провокационным названием «Физический контроль сознания. На пути к психоцивилизованному обществу» (Physical Control of the Mind: Toward a Psychocivilized Society). Возник тревожный вопрос: если за ниточки дергают такие ученые, как Дельгадо, то кто управляет кукловодом?

Работа доктора Дельгадо четко высветила громадные перспективы и опасности этой технологии. В руках беспринципного диктатора она может быть использована для обмана и подчинения подданных. Но она же может освободить миллионы людей, томящихся в тисках болезни, мучимых галлюцинациями или сломленных страхами. (Много лет спустя один из журналистов спросил доктора Дельгадо, для чего тот начал свои противоречивые эксперименты. Ученый ответил, что хотел исправить жуткую несправедливость по отношению к душевнобольным. В их лечении часто применяли радикальную лоботомию, при которой префронтальную кору просто перемешивали специальным ножом, напоминающим пику для колки льда, который молотком загоняли в мозг над глазницей. Подобная операция часто приводила к трагичным результатам, некоторые из них описаны в романе Кена Кизи «Пролетая над гнездом кукушки» и показаны в фильме по этому роману с Джеком Николсоном в главной роли. Одни пациенты действительно успокаивались и даже возвращались к нормальной жизни, но другие становились похожи на зомби: вечно сонные, безразличные к боли, потерявшие нормальные человеческие чувства, эмоционально опустошенные. Практика лоботомии распространилась настолько широко, что в 1949 г. Антонио Мониц за разработку этого метода был удостоен Нобелевской премии. По иронии судьбы, в 1950 г. Советский Союз запретил лоботомию, заявив, что она «противоречит принципам гуманности». Лоботомия, утверждал СССР, превращает «больного человека в идиота». Всего, по некоторым оценкам, только в США за 20 лет было сделано около 40 000 лоботомий.)

Управление сознанием и холодная война

Еще одной причиной, по которой работа доктора Дельгадо была встречена с неприязнью, был политический климат того времени. Холодная война была в разгаре, а воспоминания о том, как во время Корейской войны пленных американских солдат выводили к журналистам и снимали на телекамеры, были свежи в памяти и весьма болезненны. Пленные с остановившимся взглядом признавались в страшных военных преступлениях и выполнении шпионских заданий, проклинали американский империализм.

Чтобы как-то объяснить происходящее, пресса придумала термин «промывание мозгов»: идея состояла в том, что коммунисты якобы изобрели секретные препараты и методики, позволяющие превращать американских солдат в зомби. В этой напряженной политической обстановке Фрэнк Синатра в 1962 г. снялся в триллере «Манчжурский кандидат», в котором его герой пытался разоблачить тайного «спящего» агента коммунистов, получившего задание убить президента США. Но в сюжете есть неожиданный поворот. На самом деле убийца — не внушающий никаких подозрений американский солдат, герой войны; но он побывал в плену, и коммунисты «промыли» ему мозги. У семьи этого «крота» хорошие связи, да и сам он на первый взгляд вне всяких подозрений, поэтому его почти невозможно остановить. «Манчжурский кандидат» отразил тревоги многих американцев того времени.

Эти страхи, помимо прочего, подпитывались пророческим романом Олдоса Хаксли «О дивный новый мир» (Brave New World), написанным в 1931 г. В этой антиутопии рассказывалось о громадных фабриках по выращиванию детей, точнее, клонов, где, избирательно ограничивая подачу кислорода зародышам, «создают» людей с различной степенью повреждения мозга. На вершине местной социальной лестницы находятся альфы, получавшие достаточно кислорода и развивавшиеся полноценно; их с самого детства готовят к управлению обществом. На самом дне общества — эпсилоны, чей мозг серьезно пострадал; они используются как покорные безответные работники, расходный материал. В промежутке есть еще несколько уровней рабочих и чиновников. Элита управляет обществом, наводняя его изменяющими сознание препаратами, стимулируя свободную любовь и постоянно промывая мозги. Таким образом в обществе поддерживаются мир, спокойствие и гармония, но роман задает тревожный вопрос, который звучит актуально даже сегодня: какую часть своей

свободы и основных человеческих прав мы готовы принести в жертву во имя мира и социального порядка?

Эксперименты ЦРУ по управлению сознанием

Истерия холодной войны постепенно поднялась до высших уровней ЦРУ. Управление, убежденное в том, что Советы далеко обогнали Запад в науке «промывания мозгов» и в применении неортодоксальных научных методов, пустилось в разработку целого комплекса секретных проектов, вроде начатого в 1953 г. проекта MKULTRA по исследованию пограничных идей. (В 1973 г., после того как паника от Уотергейтского скандала охватила правительство, директор ЦРУ Ричард Хелмс закрыл проект MKULTRA и поспешно приказал уничтожить все документы, имевшие к нему отношение. Однако 20 000 документов каким-то образом уцелели при чистке и в 1977 г. были рассекречены согласно Закону о свободе информации; поэтому сегодня мы знаем об этом масштабном проекте.)

Известно, что с 1953 по 1973 г. проект MKULTRA финансировал 80 научных учреждений, включая 44 университета и колледжа, а также десятки больниц, фармацевтических компаний и тюрем, где часто проводились эксперименты на ничего не подозревающих людях без их согласия; всего было проведено 150 секретных операций. В какой-то момент на MKULTRA выделялось не менее 6 % всего бюджета ЦРУ.

Среди проектов по управлению сознанием можно назвать:

• разработку «сыворотки правды», заставлявшую пленников выбалтывать все свои секреты;

• стирание памяти; этому был посвящен проект ВМФ США под названием Subproject 54;

• использование гипноза и широкого спектра препаратов, таких как ЛСД, для управления поведением;

• изучение возможности применения препаратов управления сознанием к иностранным лидерам, к примеру Фиделю Кастро;

• отработка различных методов допроса;

• разработка смертельного препарата, который бы действовал быстро и не оставлял следов;

• изменение личности человека при помощи препаратов, делающих его послушным.

Некоторые ученые сомневались в ценности подобных исследований, но другие с удовольствием в них участвовали. В этих работах были

задействованы специалисты из различных областей, в том числе экстрасенсы, физики и компьютерщики: они экспериментировали с изменяющими сознание препаратами, такими как ЛСД, определяли с помощью экстрасенсов положение советских подлодок, патрулирующих океан, и т. п. Однажды произошла печальная история: одному ученому армии США тайно дали ЛСД. Если верить докладам, он настолько потерял ориентацию в пространстве, что погиб, просто вывалившись из окна.

В обоснование большинства этих экспериментов говорилось, что Советы уже обогнали США в вопросе управления сознанием. Сенату США был представлен секретный доклад о том, что Советы экспериментируют с микроволновым излучением, облучая непосредственно мозг испытуемых. Вместо того чтобы разоблачить псевдонаучную практику, США увидели в ней «большой потенциал для развития системы дезориентации или нарушения поведенческих схем военного или дипломатического персонала». Армия США даже утверждала, что существует принципиальная возможность посылать в мозг противника целые слова и даже речь: «Одна из концепций отвлечения внимания и дезинформации… состоит в том, чтобы на расстоянии создавать шум в головах персонала, подвергая их действию импульсных микроволн низкой мощности… Путем выбора надлежащих характеристик импульсов можно создать членораздельную речь… Таким образом, можно будет «говорить» с отдельными противниками таким способом, который максимально выводил бы их из равновесия», — сообщалось в докладе.

К несчастью, эти эксперименты не подвергались экспертной оценке и рецензированию, так что миллионы долларов налогоплательщиков были потрачены на подобные проекты, противоречившие законам природы, поскольку человеческий мозг не в состоянии принимать микроволновое излучение и, что еще важнее, не способен расшифровывать микроволновые послания. Биолог из Открытого университета доктор Стив Роуз назвал эти планы «нейробиологически невозможными».

Судя по всему, миллионы долларов, потраченные на эти «черные проекты», не дали ни единого достоверного научного результата. Изменяющие сознание препараты действительно порождали у испытуемых дезориентацию и даже панику, но Пентагон не сумел добиться главной цели: получить контроль над бодрствующим сознанием человека.

Кроме того, если верить психологу Роберту Лифтону, коммунистическое «промывание мозгов» давало не слишком длительный эффект. Большинство пленных, разоблачавших США во время Корейской войны, вскоре после освобождения вернулись в нормальное состояние. К

тому же исследование людей, мозги которых были промыты во время пребывания в общинах некоторых культов, тоже показывает, что после выхода из культа их личность приходит в норму. Так что, судя по всему, промывание мозгов не затрагивает основ личности.

Конечно, военные были отнюдь не первыми, кто экспериментировал с воздействием на чужое сознание. Еще в древности колдуны и пророки утверждали, что если дать пленному солдату волшебное зелье, то он заговорит или вообще пойдет воевать против своих. Одним из древнейших методов добиться подобных результатов был гипноз.

Вы засыпаете…

В детстве, помню, как-то видел научно-популярный фильм, посвященный гипнозу. В одном эпизоде человека погружали в гипнотический транс и говорили ему, что, проснувшись, он будет курицей. Аудитория пораженно ахала, когда человек начинал кудахтать и размахивать руками. Конечно, выглядит такая демонстрация впечатляюще, но на самом деле это всего лишь образец «сценического гипноза». Из книг, написанных профессиональными иллюзионистами и шоуменами, можно узнать, что они используют все возможности: заранее подготовленных «подсадных уток» в аудитории, силу внушения и даже готовность «жертвы» подыграть артисту.

Однажды мне довелось играть роль ведущего в документальном фильме «Время», снятом Би-би-си и каналом Discovery, и там, в частности, зашла речь о давно забытых событиях. Можно ли пробудить отдаленные и почти утраченные воспоминания при помощи гипноза? А если это возможно, то можно ли навязать другому человеку свою волю? Чтобы проверить некоторые из этих идей, я подвергся гипнозу перед телекамерой.

Для начала Би-би-си пригласила профессионального гипнотизера. Меня попросили лечь на кушетку в тихой затененной комнате. Гипнотизер заговорил со мной медленно и мягко, заставляя постепенно расслабиться. Через некоторое время он попросил меня мысленно вернуться в прошлое, может быть, к какому-нибудь особенно запомнившемуся месту или событию. Затем он попросил меня заново войти в то место, заново все увидеть, услышать и ощутить запахи. Интересно, но я действительно начал видеть места и лица людей, о которых прочно и давно забыл. Я как будто смотрел размытую видеозапись, которая постепенно проявлялась и становилась резкой. Но затем процесс остановился, из глубин памяти

перестали всплывать воспоминания. Очевидно, был достигнут предел возможностей гипноза.

ЭЭГ— и МРТ-снимки показывают, что во время гипноза сенсорные области коры испытуемого получают извне минимум сенсорных стимулов. Таким образом, гипноз позволяет добраться до некоторых глубоко укрытых воспоминаний, но определенно не может изменить личность человека, его цели или желания. Это подтверждает и секретный документ Пентагона, датированный 1966 г.; в нем объясняется, что гипноз невозможно применять как оружие из-за его ненадежности. «Вероятно, неслучайно в долгой истории гипноза, притом что о его потенциальной применимости в разведке было известно всегда, нет никаких достоверных данных о его эффективном использовании какой бы то ни было разведкой мира», — говорится в докладе.

Следует также отметить, что, судя по снимкам мозга, гипноз — не новое состояние сознания, как сон со сновидениями или быстрая фаза сна. Если мы определим человеческое сознание как процесс непрерывного построения моделей окружающего мира и проектирование их развития в будущем для достижения определенной цели, то мы увидим, что гипноз не в состоянии изменить ход этого фундаментального процесса. Гипноз может подчеркнуть определенные аспекты сознания и помочь извлечь из памяти определенные события, но он не может заставить вас кудахтать, как курица, без вашего на то позволения.

Препараты, изменяющие сознание, и «сыворотки правды»

Одной из задач проекта MKULTRA было создание «сыворотки правды», которая заставляла бы шпионов и пленных раскрывать все свои тайны. Проект был закрыт в 1973 г., но инструкции ЦРУ и армии США по методам допроса, рассекреченные Пентагоном в 1996 г., по-прежнему рекомендовали использовать сыворотку правды (хотя Верховный суд США постановил, что такое признание «получено неконституционным путем» и потому не может быть принято в суде).

Всякий, кто смотрел голливудские фильмы, знает, что пентотал натрия — любимая сыворотка правды всех шпионов (как в фильмах «Правдивая ложь» с Арнольдом Шварценеггером и «Знакомство с Факерами» с Робертом де Ниро). Пентотал натрия относится к классу барбитуратов — седативных и гипнотических средств, способных обойти гематоэнцефалический барьер, не позволяющий наиболее вредным

химическим веществам крови проникнуть в мозг.

Большинство изменяющих сознание веществ, таких как алкоголь, оказывает на нас столь мощное действие именно потому, что может проникать за этот барьер, и это не удивительно. Пентотал натрия подавляет активность префронтальной коры, в результате чего человек расслабляется, становится разговорчивым и несдержанным. Однако это не означает, что он при этом непременно говорит правду. Напротив, под действием пентотала натрия, как и под действием алкоголя, человек вполне способен лгать. «Тайны», потоком льющиеся из человека под действием этого препарата, могут оказаться чистым вымыслом, так что ЦРУ в конце концов отказалось от использования подобных веществ.

Однако нельзя исключить, что в один прекрасный день будет найдено «чудесное» средство, которое позволит изменить основы человеческого сознания. Вероятно, это средство будет работать путем изменения синапсов между нервными волокнами, а действовать будет на нейромедиаторы, без которых синапсы не работают (такие как дофамин, серотонин или ацетилхолин). Если представить себе синапсы как группу пунктов оплаты за проезд по магистрали, то получится, что некоторые вещества (к примеру, стимуляторы, такие как кокаин) способны открывать шлагбаумы и пропускать послания без задержки. Внезапный кайф, который испытывают наркоманы, возникает, когда все шлагбаумы открываются одновременно, вызывая настоящий информационный потоп. Но после одновременного срабатывания всех синапсов возникает пауза; снова они смогут сработать лишь через несколько часов. Все шлагбаумы закрываются, и возникает пробка — внезапная депрессия после кайфа. Стремление организма еще раз испытать кайф вызывает привыкание и наркотическую зависимость.

Как наркотики изменяют сознание

В те времена, когда ЦРУ впервые начало ставить эксперименты на ничего не подозревающих людях, биохимическая основа действия изменяющих сознание препаратов не была известна, но на сегодняшний день молекулярная основа наркотической зависимости изучена в подробностях. Исследования на животных наглядно демонстрируют, насколько могущественно это пристрастие: крысы, мыши и приматы готовы, если есть возможность, принимать наркотики, такие как кокаин, героин и амфетамины, до тех пор, пока не упадут от истощения или не умрут от наркотика.

Чтобы проиллюстрировать, насколько серьезна на сегодняшний день эта проблема, напомним, что к 2007 г. 13 млн американцев в возрасте 12 лет или старше (или 5 % подросткового и взрослого населения США) пробовали метамфетамины или уже пристрастились к ним. Наркомания не просто губит жизни, она систематически разрушает мозг. МРТ-снимки мозга метамфетаминовых наркоманов показывают уменьшение на 11 % размеров лимбической системы, отвечающей за обработку эмоций, и потерю 8 % тканей гиппокампа, который служит воротами памяти. МРТ-снимки показывают, что в некоторых отношениях поражение сравнимо с тем, что наблюдается при болезни Альцгеймера. Но, как бы сильно метамфетамины ни разрушали мозг, наркоманы всеми силами стремятся их заполучить, поскольку испытывают при их приеме кайф вдесятеро более сильный, чем удовольствие от вкусной пищи или даже секса.

По существу, кайф от наркотиков обусловлен тем, что препарат искусственно стимулирует центр удовольствия и подкрепления, расположенный в лимбической системе мозга. Этот центр очень примитивен и сформировался миллионы лет назад; тем не менее он по-прежнему чрезвычайно важен для выживания человека, поскольку обеспечивает поощрение за полезное поведение и наказание за вредное. Однако, если этот центр оказывается во власти наркотиков, результатом становится общий хаос. Сначала эти препараты проникают сквозь гематоэнцефалический барьер и вызывают перепроизводство нейромедиаторов, таких как дофамин; эти нейромедиаторы наводняют прилежащее ядро — крохотный центр удовольствия, расположенный глубоко в толще мозга возле мозжечковой миндалины. Дофамин, в свою очередь, производится специальными клетками мозга в вентральной области покрышки, известными как клетки VTA.

Все наркотические препараты работают примерно одинаково: нарушают деятельность цепочки VTA — прилежащее ядро, контролирующей приток дофамина и других нейромедиаторов в центр удовольствия. Наркотики различаются только тем, как именно происходит этот процесс. Существует по крайней мере три основных вещества, стимулирующих центр удовольствия в мозгу: это дофамин, серотонин и норадреналин; все они рождают ощущение удовольствия, эйфории и ложной уверенности, а также всплеск энергии.

Кокаин и другие стимуляторы, к примеру, оказывают двоякое действие. Во-первых, они непосредственно стимулируют клетки VTA на производство дополнительного дофамина, вызывая таким образом прилив нейромедиатора в прилежащее ядро. Во-вторых, они не позволяют клеткам

VTA «выключаться» и заставляют их непрерывно производить дофамин. Кроме того, они затрудняют использование серотонина и норадреналина. Одновременное наводнение нервных цепей всеми тремя нейромедиаторами порождает сильный кайф.

Героин и другие опиаты, напротив, нейтрализуют клетки VTA, способные снижать производство дофамина, и таким образом заставляют VTA производить его намного больше.

Препараты, подобные ЛСД, действуют путем стимуляции производства серотонина, порождая чувство удовлетворения, цели и приязни. Но, помимо этого, они активируют области височной доли мозга, участвующие в создании галлюцинаций. (Для возникновения галлюцинаций достаточно всего лишь 50 мкг ЛСД. Надо отметить, что этот наркотик действует настолько мощно, что дальнейшее увеличение дозы не дает никакого эффекта[16].)

Со временем ЦРУ пришло к пониманию того, что изменяющие сознание препараты — не то волшебное средство, поисками которого они занимались. Галлюцинации и наркотическая зависимость, которыми сопровождается применение этих средств, делает их слишком нестабильными и непредсказуемыми; в деликатной политической ситуации их применение может принести больше вреда, чем пользы.

(Следует отметить, что в последние годы МРТ-исследования мозга наркоманов указали ученым на совершенно новый способ возможного излечения или по крайней мере облегчения некоторых форм наркотической зависимости. Случайно было замечено, что человеку, пережившему инсульт с поражением островковой доли мозга, или «островка», расположенного глубоко в теле мозга между префронтальной и височной долями коры, намного проще отказаться от курения, чем обычному курильщику. Этот результат был также проверен на людях с наркотической зависимостью, употребляющих кокаин, алкоголь, опиаты и никотин. Если он подтвердится, то в будущем, возможно, наркоманию будут лечить путем подавления активности «островка» при помощи электродов или магнитных стимуляторов. «Нам впервые удалось показать, что повреждение конкретной области мозга может полностью устранить проблему наркотической зависимости. Это поразительно», — говорит доктор Нора Волкоу, директор Национального института наркологии. В настоящее время никто не знает, почему так получается, поскольку «островок» участвует в реализации множества разных функций мозга, включая восприятие, управление движениями и самосознание. Но если результат подтвердится, ситуация в исследованиях наркотической зависимости, возможно,

полностью изменится.)

Зондирование мозга при помощи оптогенетики

Описанные эксперименты по управлению сознанием проводились в основном еще в то время, когда мозг представлялся загадкой, а методики вырабатывались путем проб или ошибок, и далеко не всегда удачно. Однако взрывное развитие аппаратуры для зондирования мозга дало нам новые возможности, которые должны помочь, с одной стороны, разобраться в устройстве и функционировании мозга, а с другой — научиться управлять им.

Оптогенетика, как мы уже видели, — это одно из наиболее динамично развивающихся направлений современной науки. Основная ее цель — определить точно, какой нервный путь соответствует тому или иному поведению. Оптогенетика начинается с гена под названием опсин[17], достаточно необычного тем, что он чувствителен к свету. (Считается, что с появлением этого гена сотни миллионов лет назад связано возникновение первого глаза. Согласно этой теории, простой клочок кожи, чувствительной к свету благодаря опсину, со временем эволюционировал в сетчатку глаза.)

Если внедрить ген опсина в нейрон и осветить, нейрон сработает. Щелкнув выключателем, можно мгновенно определить нейронный путь, отвечающий за определенное поведение, поскольку белки, которые вырабатывает опсин, проводят электричество, — и нейрон сработает.

Однако трудность в том, чтобы точно внедрить этот ген в конкретный нейрон. Для этого используется технология, заимствованная из генной инженерии. Ген опсина внедряется в безвредный вирус (из которого удалены все опасные гены); потом при помощи предельно точных инструментов этот вирус вводится в конкретный нейрон. Затем вирус уже сам заражает нейрон, внедряя свои гены в его ДНК. В результате, когда на нервную ткань направляют луч света, этот нейрон включается. Таким образом можно установить точный маршрут, по которому проходят определенные сообщения.

Но оптогенетика не только определяет нервные пути, освещая их, она позволяет ученым управлять поведением подопытных. Этот метод оказался успешным. Ученые давно подозревали, что за то, что плодовые мушки улетают от опасности, отвечает какой-то простой нейронный контур. Оптогенетические методы позволили наконец определить, какой именно. Теперь достаточно осветить мушек, чтобы они снялись с места и дружно

улетели.

Кроме того, ученые теперь могут лучом света заставить червя прекратить извиваться, а в 2011 г. был достигнут еще один прорыв. Ученые из Стэнфорда сумели внедрить ген опсина в точно заданный участок мозжечковой миндалины мыши. Эти мыши были специально выращены робкими и всегда сидели, съежившись, в уголке своей клетки. Но когда пучок света вспыхивал в мозгу такой мыши, она внезапно теряла робость и начинала исследовать свою клетку.

Из этого эксперимента можно сделать далеко идущие выводы. Если поведение дрозофил может быть основано на простом рефлекторном механизме, в котором задействована горстка нейронов, то мышь обладает полноценной лимбической системой, аналог которой имеется и в человеческом мозге. Хотя многие эксперименты, успешно работающие с мышами, не переносятся на людей, существует все же вероятность, что когда-нибудь ученым удастся отыскать конкретные нервные пути, связанные с определенными психическими заболеваниями, а затем и научиться лечить их без каких бы то ни было побочных эффектов. Как говорит доктор Эдвард Бойден из МТИ, «если вы хотите выключить какой-то контур мозга, а альтернативой этому служит хирургическое удаление участка мозга, то имплантация оптоволокна может показаться предпочтительной».

Одно из первых практических применений оптогенетики связано с лечением болезни Паркинсона. Как мы уже видели, ее можно лечить при помощи глубокой стимуляции мозга, но, поскольку мы не умеем пока размещать электроды в мозгу с достаточной точностью, всегда остается опасность инсульта, кровотечения, инфекции и т. п. Глубокая стимуляция мозга может также вызвать побочные эффекты, такие как головокружение и бесконтрольное сокращение мышц: ведь электроды могут случайно стимулировать и другие нейроны. При помощи оптогенетики можно улучшить метод глубокой стимуляции мозга, определив точно на уровне отдельных нейронов, какие нервные цепи срабатывают не вовремя.

Не исключено, что жертвам паралича эта новая технология тоже будет полезна. Как мы видели в главе 4, уже проводились опыты по подключению парализованных людей к компьютеру как средству управления механической рукой, но, поскольку тактильные ощущения у человека при этом отсутствуют, он часто роняет или ломает предметы, который хочет взять. «Передавая информацию с размещенных на кончиках пальцев протеза датчиков непосредственно в мозг при помощи оптогенетических методов, можно в принципе обеспечить высокоточное

чувство прикосновения», — говорит доктор Кришна Шеной из Стэнфорда.

Кроме того, оптогенетика поможет прояснить вопрос о том, какие нервные пути связаны с поведением человека. Уже готовы планы экспериментов с этой технологией на человеческом мозге, в первую очередь в связи с лечением болезней психики. Разумеется, препятствий впереди немало. Во-первых, технология требует вскрытия черепа, а если нейроны, которые намечено исследовать, расположены глубоко в толще мозга, то и более травмирующей процедуры. Наконец, в мозг необходимо вживить тонкие волокна, через которые можно будет осветить модифицированные нейроны и запустить таким образом желаемое поведение.

После того как нейронные пути расшифрованы, вы можете их стимулировать, заставляя животных вести себя по меньшей мере странно (например, мыши будут бегать кругами, пока вы их не остановите). Ученые только начинают трассировку нервных путей, управляющих простым поведением животных, но в будущем, вероятно, появится целая энциклопедия подобных схем поведения, в том числе и человека. Однако, попав не в те руки, оптогенетика может быть использована для управления поведением человека.

В целом положительные стороны оптогенетики значительно перевешивают ее отрицательные стороны. Оптогенетика может буквально вскрывать перед учеными нервные пути мозга, позволяя помогать тем, кто страдает от проблем с психикой и других болезней. Возможно, когда-нибудь это даст ученым инструменты, при помощи которых можно будет исправлять нанесенный ущерб, а возможно, и излечивать болезни, которые прежде считались неизлечимыми. Таким образом, в ближайшем будущем от оптогенетики следует ждать только благ. Но в более отдаленной перспективе, когда будут изучены пути, определяющие человеческое поведение, оптогенетику можно будет использовать для управления поведением человека или по крайней мере для его изменения.

Управление сознанием и будущее

В целом попытки ЦРУ использовать наркотики и гипноз закончились неудачей. Эти техники оказались слишком нестабильными и непредсказуемыми, чтобы принести пользу военным. С их помощью можно вызвать у человека галлюцинации и зависимость, но стереть память, сделать человека более сговорчивым или вынудить его делать что-то

против его воли никому пока не удавалось. Правительства, конечно, и дальше не оставят таких попыток, но их цель слишком расплывчата. На данный момент химические препараты слишком неизбирательны, чтобы дать нам возможность контролировать чье-то поведение.

Но этот рассказ должен послужить предупреждением. Карл Саган упоминает один кошмарный сценарий, который в принципе может претвориться в жизнь. Представьте себе диктатора, который вживляет электроды детям в мозг в центры боли и удовольствия. Затем эти электроды можно будет подключить к компьютерам, чтобы диктатор мог одним нажатием кнопки управлять подданными.

Еще один кошмарный сценарий предусматривает зонды, помещенные в мозг таким образом, чтобы можно было подавлять наши желания и перехватывать контроль над мышцами, вынуждая нас делать то, что мы делать не хотим. Работа доктора Дельгадо, конечно, груба, но она ясно продемонстрировала, что подача электрических импульсов в двигательные области мозга может взять верх над сознательными мыслями, и тогда мышцы выходят из-под нашего контроля. Он сумел определить лишь несколько простых схем поведения у животных, которыми можно управлять при помощи электрических зондов. Но не исключено, что в будущем ученые смогут отыскать множество самых разных поведенческих схем, которыми можно будет управлять при помощи простого выключателя.

Если бы под таким контролем оказались вы, то ощущение, скорее всего, было бы не из приятных. Вы, конечно, можете считать себя хозяином собственного тела, но тут мышцы начали бы работать без вашего разрешения и делать какие-то вещи против вашей воли. Электрический импульс, поданный в мозг, может оказаться сильнее, чем те импульсы, что вы сознательно посылаете мышцам, и будет казаться, что кто-то попросту завладел вашим телом. Ваше собственное тело превратится в чужеродный объект.

В принципе, какой-то вариант этого кошмара действительно может стать реальностью в будущем. Но есть несколько факторов, которые, в свою очередь, могут этому воспрепятствовать. Во-первых, эта технология находится в зачаточном состоянии, и неизвестно, получится ли применить ее к человеку, так что у нас пока есть время, чтобы следить за ее развитием и, может быть, найти какие-то средства защиты, которые не дадут возможности использовать эту технологию во зло. Во-вторых, диктатор может решить, что пропаганда и силовое давление — обычные методы управления населением — дешевле и эффективнее, чем вживление

электродов миллионам детей (а это дорогая и инвазивная процедура). И, в-третьих, в демократическом обществе, вероятно, не обойдется без энергичных публичных дебатов о перспективах и недостатках этой технологии. Придется принять законы, которые не позволили бы использовать эти методы во зло, но при этом не снизили бы их способность уменьшать страдания людей. Очень скоро наука даст нам несравненную возможность заглянуть в мозг и подробно познакомиться с нервными путями. Необходимо четко отличать те технологии, что способны облагодетельствовать человечество, от тех, что позволят взять его под контроль. Но принять такие законы можно только в высокообразованном и хорошо информированном обществе.

Настоящим следствием появления такой технологии будет, я убежден, освобождение, а не закрепощение сознания. Она принесет надежду тем, кто страдает от психического заболевания. Хотя надежного и действенного лекарства от болезней психики по-прежнему не существует, новые методы позволяют нам глубоко разобраться в том, как возникают и развиваются подобные расстройства. Когда-нибудь мы научимся при помощи генетики, лекарственных препаратов и сочетания различных высокотехнологичных методов сначала контролировать, а затем и излечивать эти заболевания.

Как обычно, любые новые знания о мозге ученые пытаются применить к различным историческим личностям. Возможно, современная наука поможет нам объяснить душевное состояние человека, жившего много веков назад. И одной из самых загадочных фигур, которую многие сегодня пытаются анализировать, является Жанна д’Арк.

9. Измененные состояния сознания

У всех влюбленных, как у сумасшедших, Кипят мозги: воображенье их Всегда сильней холодного рассудка. Безумные, любовники, поэты — Все из фантазий созданы одних.

Уильям Шекспир. Сон в летнюю ночь

Она была неграмотной крестьянской девушкой, утверждавшей, что слышит голоса посланников Божьих. Жанне д'Арк суждено было подняться из безвестности и повести деморализованную армию к победам, которые изменили судьбы наций и сделали ее одной из самых загадочных, героических и трагичных фигур в истории.

В хаосе Столетней войны, когда почти вся северная Франция была захвачена английскими войсками, а французские монархи жили в изгнании, юная девушка из Орлеана вдруг заявила, что получила божественный приказ повести французскую армию к победе. Карл VII, терять которому было нечего, отдал под ее команду часть своих войск. К общему изумлению, Жанна одержала целую серию побед над англичанами, и слух об этой замечательной девушке стремительно разошелся по стране. С каждой победой слава ее росла, а сама Жанна стала героиней народных сказаний и объединила вокруг себя французов. Французские войска, находящиеся на грани разгрома, вскоре одержали несколько решающих побед, что позволило возвести на трон нового короля.

Однако Жанну предали, и она попала в руки англичан. Те понимали, какую опасность она для них представляет, — ведь она стала для французов символом победы и следовала, по ее словам, указаниям самого Господа Бога. Англичане устроили показательный суд над Жанной, признали ее виновной в ереси и сожгли в 1431 г., когда ей было всего 19 лет.

За прошедшие с той поры столетия были предприняты сотни попыток понять эту замечательную девушку. Кем она была — пророчицей, святой или сумасшедшей? В последние десятилетия ученые пытаются рассматривать этот случай, как и действия других исторических фигур, с позиций современной психиатрии и нейробиологии.

Мало кто подвергает сомнению искренность утверждений Жанны о

том, что она получала божественное вдохновение. Однако многие ученые писали, что девушка, возможно, страдала шизофренией, раз слышала голоса. Другие подвергали этот факт сомнению, поскольку на страницах сохранившихся протоколов процесса видна совсем другая Жанна — рационально мыслящий человек с правильной и разумной речью. Англичане приготовили для девушки несколько теологических ловушек. К примеру, ей задали вопрос, лежит ли на ней благодать Господня. Если бы она ответила «да», то была бы еретичкой, поскольку никто не может знать наверняка, что на нем лежит благодать Господня. Если бы она ответила «нет», то признала бы собственную вину и созналась в мошенничестве. Так или иначе, ее ждало поражение.

Но ответ Жанны поразил всех присутствующих. Она сказала: «Если нет на мне благодати, то пусть Господь возложит ее на меня; если же есть, то пусть Господь сохранит ее для меня». Секретарь суда в официальном протоколе записал: «Допрашивавшие ее были поражены».

Вообще, протоколы ее допросов настолько замечательны, что Джордж Бернард Шоу включил их буквальный перевод в свою пьесу «Святая Иоанна».

Не так давно появилась новая теория об этой исключительной женщине: может быть, на самом деле она страдала от височной эпилепсии (она затрагивает височную долю мозга). У людей, страдающих этим заболеванием, иногда случаются припадки, но, помимо этого, у некоторых из них наблюдается интересный побочный эффект, который может пролить некоторый свет на основы человеческих верований. Такие пациенты страдают гиперрелигиозностью и абсолютно уверены в том, что за каждым предметом или событием стоит дух или божественное провидение, что случайные события не случайны, а несут в себе глубокий религиозный смысл. Некоторые психологи считают, что многие известные в истории пророки страдали подобными нарушениями функции височной доли мозга, поскольку были убеждены, что говорят с Богом. Нейробиолог Дэвид Иглмен говорит: «Какая-то часть исторических пророков, мучеников и вождей, судя по всему, страдала височной эпилепсией. Возьмите хотя бы Жанну д’Арк, шестнадцатилетнюю девчонку, которая сумела повернуть ход Столетней войны, потому что верила (и убедила французских солдат), что слышит голоса архангела Михаила, святой Катерины Александрийской, святой Маргариты и святого Гавриила».

Этот интересный эффект был замечен еще в 1892 г., когда в учебниках по душевным болезням отмечалась связь между религиозной эмоциональностью и эпилепсией. Такой случай впервые клинически

описал в 1975 г. невролог Норман Гешвинд из Бостонского госпиталя Управления по делам ветеранов Вооруженных сил. Он заметил, что те эпилептики, у которых неправильно срабатывали нейроны левой височной доли, часто рассказывали о своих религиозных переживаниях; он предположил, что их религиозная одержимость может каким-то образом вызываться электрическими бурями в мозгу.

По оценке доктора Рамачандрана, от 30 до 40 % всех пациентов, страдающих височной эпилепсией, которых ему приходилось видеть, страдали гиперрелигиозностью. Он отмечает: «Иногда это был их персональный Бог, иногда более неопределенное чувство единения с космосом. Все кажется такому человеку полным смысла. Он может сказать: «Я понял наконец, в чем дело, доктор. Я по-настоящему понял Бога. Я понял свое место во Вселенной — весь космический замысел»».

Доктор Рамачандран отмечает также, что многие из этих людей чрезвычайно тверды в своей вере и очень убедительны. Он говорит: «Мне иногда кажется, что пациенты с височной эпилепсией имеют доступ к другому измерению реальности, своего рода проходу в параллельную вселенную. Но я обычно не говорю об этом со своими коллегами, боюсь, что они усомнятся в моем душевном здоровье». Он проводил эксперименты с участием таких больных, и эти эксперименты подтвердили, что у этих людей наблюдается сильная эмоциональная реакция только на слово «Бог»; нейтральные слова никакой реакции не вызывают. Это означает, что связь между гиперрелигиозностью и височной эпилепсией реальна, а не выдумана досужими авторами анекдотов.

Психолог Майкл Персингер утверждает, что при помощи определенного типа транскраниальной электростимуляции, известной как транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), можно искусственно создать тот же эффект, который вызывают эпилептические припадки. Если это так, то, может быть, при помощи магнитных полей можно изменить религиозные верования человека?

В исследовании доктора Персингера испытуемый надевал на голову шлем, напоминающий «шлем Бога» и содержащий в себе устройство, способное посылать магнитные волны в определенные участки мозга. После этого, когда испытуемого расспрашивали об испытанных ощущениях, он нередко утверждал, что чувствовал присутствие какого-то великого духа. Дэвид Бьелло пишет в *Scientific American*: «Во время трехминутных сеансов стимуляции испытуемые, на которых это подействовало, переводили это ощущение божественного на привычный культурный и религиозный язык — и называли его Богом, Буддой, добрым

духом или чудом Вселенной». Результат эксперимента несложно воспроизвести, и он указывает на то, что в мозгу, возможно, изначально «прошита» каким-то образом реакция на религиозные чувства.

Некоторые ученые пошли дальше и рассуждают о существовании «гена Бога», который делает мозг предрасположенным к религиозности. Большинство обществ в истории человечества создало религию того или иного рода, и поэтому представляется вполне вероятным, что способность человека отзываться на религиозные чувства может оказаться генетически запрограммированной в нашем геноме. (А пока некоторые теоретики эволюции пытаются объяснить эти факты ссылкой на то, то религия увеличивала шансы на выживание для древних людей. Религия помогала связать индивидуумов в одно сплоченное племя с общей мифологией; это увеличивало шансы на то, что люди будут держаться вместе и выживут.)

Может ли эксперимент вроде описанного поколебать религиозные воззрения человека? И можно ли записать при помощи МРТ-аппарата деятельность мозга человека, переживающего пробуждение религиозного чувства?

Чтобы проверить эти идеи, доктор Марио Боргар из Монреальского университета привлек к исследованиям группу из 15 монахинь-кармелиток, согласившихся засунуть головы в аппарат МРТ. По условиям эксперимента, каждая из них должна была «иметь опыт живого единения с Богом».

Первоначально доктор Боргар надеялся, что монахини будут мистически общаться с Богом непосредственно в лаборатории. Однако пребывание в аппарате МРТ, где человека окружают тонны магнитных катушек из проволоки и всевозможного высокотехнологического оборудования, не слишком располагает к религиозным откровениям. Максимум, на что они были способны, — это вспоминать предыдущий религиозный опыт. «Бога невозможно вызвать, когда захочется», — пояснила одна из монахинь.

Окончательные результаты эксперимента получились путаными и неопределенными, но некоторые области мозга активизировались очень заметно. Это были:

• хвостатое ядро, связанное с усвоением знаний и, вероятно, с влюбленностью. (Может быть, монахини проявляли любовь к Господу, как дети?);

• островок, отслеживающий телесные ощущения и социальные эмоции. (Может быть, монахини ощущали близость с сестрами, когда тянулись душой к Богу?);

• теменная доля мозга, участвующая в обработке пространственных

ощущений. (Может, монахини чувствовали физическое присутствие Бога?).

Доктор Боргар вынужден был признать, что во время эксперимента активировалось слишком много областей мозга, интерпретировать эти результаты можно как угодно, поэтому нет возможности сделать достоверный вывод о том, можно ли искусственно вызвать гиперрелигиозность. Однако ему было ясно, что религиозные чувства монахинь отражались на снимках мозга.

Но поколебал ли этот эксперимент веру монахинь в Бога? Нет. Мало того, они уверены, что Бог поместил это «радио» в мозгу человека, чтобы мы могли общаться с Ним.

Из этого они сделали вывод, что Бог создал человека именно таким и что мозг обладает божественной антенной, при помощи которой можно ощущать Его присутствие. Дэвид Бьелло заключает: «Хотя атеисты могли бы возразить, что из обнаружения духовности в мозгу следует, что религия — это всего лишь божественное заблуждение, монахини были в восторге от снимков своего мозга по совершенно противоположной причине: с их точки зрения, снимки подтверждали, что Бог общается с ними». Доктор Боргар делает вывод: «Если вы атеист и сталкиваетесь с переживанием определенного рода, вы объясняете происходящее великолепием Вселенной. Если вы верующий, то свяжете свое переживание с Богом. Кто знает, может быть, это одно и то же».

Доктор Ричард Докинз, биолог из Оксфордского университета и откровенный атеист, тоже однажды надел «шлем Бога», чтобы посмотреть, не изменятся ли его религиозные воззрения.

Ничего не изменилось.

В заключение скажем, что, хотя гиперрелигиозность может быть вызвана височной эпилепсией и даже магнитным полем, не существует убедительных доказательств, что магнитные поля способны изменить религиозные воззрения человека.

Душевные болезни

Но существует и другое измененное состояние сознания, приносящее огромные страдания как самому человеку, так и его близким. Речь идет о душевных болезнях. Могут ли высокие технологии и сканирование мозга раскрыть причину и происхождение этой напасти и — чего на свете не бывает! — помочь в излечении? Если да, то можно надеяться, что будет устранен один из серьезнейших источников человеческих страданий.

Так, на протяжении всей истории человечества шизофрению если и лечили, то очень грубыми методами. Люди, страдающие этим изматывающим душевным расстройством (а это около 1 % населения), нередко слышат воображаемые голоса и страдают от параноидальных иллюзий и расстройства мышления. В прежние времена их считали «одержимыми» дьяволом, а потому изгоняли, убивали или держали под замком. В готических романах порой присутствуют странные безумные родственники героев, живущие в полумраке тайной комнаты или в подвале. В Евангелии даже есть эпизод, когда Иисус встречает двух одержимых бесами. Бесы упросили Иисуса переселить их при изгнании в стадо свиней. Иисус так и сделал, а когда бесы перебрались в свиней, все стадо ринулось вниз по берегу и утонуло в море.

Даже сегодня можно увидеть, как люди с классическими симптомами шизофрении спорят сами с собой. Первые признаки болезни обычно проявляются в возрасте около двадцати лет: чуть раньше у мужчин, чуть позже у женщин. Некоторые шизофреники ведут нормальную жизнь и даже достигают немалых успехов, прежде чем голоса в голове окончательно берут над ними верх. Самый известный случай такого рода — это лауреат Нобелевской премии по экономике 1994 г. Джон Нэш, которого в фильме «Игры разума» сыграл Рассел Кроу. В двадцать с небольшим Нэш занимался экономикой, теорией игр и чистой математикой в Принстонском университете и считался восходящей звездой. Один из консультантов написал молодому человеку рекомендацию, состоящую из одной фразы: «Этот человек — гений!» Интересно, что он работал на высочайшем интеллектуальном уровне даже в те периоды, когда болезнь прогрессировала. В 31 год после нервного срыва он был наконец госпитализирован. После этого провел много лет в специализированных учреждениях или в странствиях по свету; он ужасно боялся, что коммунистические агенты отыщут его и убьют.

В настоящее время не существует общепринятого способа точной диагностики психических заболеваний. Но можно надеяться, что когда-нибудь ученые возьмут устройства для сканирования мозга и другие высокотехнологичные приборы и создадут на их основе точные диагностические инструменты. Понятно, что исторически методы лечения психических заболеваний развивались очень медленно и тяжело. Первые признаки надежды и облегчения жертвы шизофрении получили лишь в 1950-е гг., когда случайно были открыты так называемые антипсихотические препараты, или нейролептики, способные чудесным образом устранять преследующие душевнобольных голоса.

Считается, что эти препараты регулируют уровень некоторых нейромедиаторов, таких как дофамин. Если говорить более конкретно, то, согласно теории, эти препараты блокируют действие рецепторов D2 в определенных нервных клетках, снижая таким образом уровень дофамина. (Эта теория, согласно которой галлюцинации отчасти вызываются избытком дофамина в лимбической системе и префронтальной коре, объясняет также, почему прием амфетаминов порождает аналогичные галлюцинации.)

Дофамин играет важнейшую роль в работе синапсов мозга, поэтому в нем ищут причину и других психических расстройств. По одной из теорий, болезнь Паркинсона усугубляется недостатком дофамина в синапсах, а синдром Туретта может быть запущен его переизбытком. (Люди с синдромом Туретта страдают различными тиками, в том числе лицевыми, а некоторые — еще и копролалией, т. е. периодически начинают неконтролируемо ругаться или сыпать неприличными и оскорбительными замечаниями.)

Недавно ученые выделили еще одного возможного виновника психических расстройств: отклоняющийся от нормы уровень глутамата в мозгу. Одна из причин того, почему это вещество попадает под подозрение, заключается в том, что фенциклидин («ангельская пыль»), как известно, порождает галлюцинации, напоминающие галлюцинации шизофреников, путем блокирования глутаматового рецептора NMDA. Клозапин — относительно новый препарат для лечения шизофрении, стимулирующий производство глутамата, представляется весьма перспективным.

Однако антипсихотики — не панацея. Примерно в 20 % случаев их применение полностью устраняет все симптомы. Примерно две трети пациентов ощущают лишь некоторое облегчение, а на остальных они совершенно не действуют. (По одной из теорий, антипсихотические препараты по своему воздействию подобны природному веществу, которого недостает в мозге шизофреников, но не являются его точной копией. Поэтому пациенту приходится пробовать различные препараты и подбирать подходящий практически методом проб и ошибок. Более того, у этих препаратов могут быть неприятные побочные эффекты, поэтому больные часто прекращают их принимать — и получают рецидив болезни.)

Не так давно исследования мозга больных шизофренией, проведенные во время звуковых галлюцинаций, помогли кое-что понять об этой древней болезни. Так, когда мы мысленно разговариваем сами с собой, определенные части мозга активизируются, что видно на МРТ-снимках; особенно отчетливо это видно в височной доле (в частности, в области

Вернике). Когда шизофреник слышит голоса, включаются те же самые области мозга. Мозг работает в полную силу, чтобы состряпать непротиворечивый сюжет, и больные пытаются извлечь из этих голосов хоть какой-то смысл; иногда они верят, что голоса исходят из какого-то необычного источника: к примеру, марсиане таким образом посылают мысли им в голову. Доктор Майкл Суини из Университета штата Огайо пишет: «Нейроны, задача которых — воспринимать звук, срабатывают сами по себе; примерно так самовоспламеняются пропитанные бензином тряпки в жарком темном гараже. При отсутствии зрелищ и звуков в действительности мозг шизофреника сам создает убедительную иллюзию реальности».

Следует отметить, что эти голоса кажутся исходящими из внешнего источника, который нередко отдает больному команды, чаще всего совершенно обыденные, но иногда странные и даже агрессивные. Тем временем центры моделирования в префронтальной коре, судя по всему, работают «на автопилоте», так что в определенном смысле сознание шизофреника точно так, как сознание любого из нас, моделирует будущее, но делает это без согласия хозяина. Человек фактически разговаривает сам с собой, не сознавая того.

Галлюцинации

Разум постоянно порождает собственные галлюцинации, но по большей части их несложно контролировать. Мы видим образы, которых не существует на деле, и якобы слышим звуки, но без участия передней поясной коры отличить реальное от поддельного практически невозможно. Эта часть мозга помогает отделить внешние раздражители от тех, которые порождает сам мозг.

Однако считается, что у шизофреников эта система повреждена, поэтому человек не в состоянии отличить реальные голоса от воображаемых. (Передняя поясная кора так важна, потому что находится в стратегически важном месте — между префронтальной корой и лимбической системой. Связь между этими двумя областями — одна из важнейших в мозгу, поскольку одна из них контролирует рациональное мышление, а вторая — эмоции.)

В определенной степени галлюцинации можно вызывать по требованию. Они возникают естественным образом, если поместить человека в совершенно темную или звуконепроницаемую комнату, а также

в жуткую обстановку с непонятными звуками. В подобных ситуациях говорят, что «глаза нас обманывают». На самом деле мозг обманывает себя сам, формируя ложные образы, пытаясь разобраться в окружающем мире и распознать опасность. Такой эффект получил название парейдолии. Всякий раз, посмотрев на облака в небе, мы различаем в них образы животных, людей или любимых героев мультиков. У нас нет выбора, мы делаем это помимо собственной воли. Это зашито в мозг.

В каком-то смысле все, что мы видим, — и реальное, и виртуальное — представляет собой галлюцинации, поскольку мозг непрерывно создает ложные образы, чтобы «заполнить пробелы». Как мы уже видели, даже реальные образы отчасти сфабрикованы мозгом. Но у душевнобольных отдельные области мозга, такие как передняя поясная кора, могут оказаться повреждены, поэтому мозг путает реальность и фантазию.

Одержимость

Еще одна болезнь, при которой наркотики могут помочь, — это обсессивно-компульсивное расстройство, или невроз навязчивых состояний. Как мы уже видели, сознание человека, функционируя, уравновешивает множество обратных связей. Иногда, однако, механизм обратной связи «заклинивает» в активном состоянии.

Неврозом навязчивых состояний страдает каждый сороковой американец. Расстройство может быть мягким, и тогда человек, к примеру, выходя из дома, обязательно возвращается и проверяет, не забыл ли он закрыть дверь. Таким расстройством страдает, например, детектив Адриан Монк из телесериала «Дефективный детектив». Но расстройство может быть и очень серьезным, и тогда человек обдерет руки до крови, просто пытаясь их отмыть. Известны случаи, когда пациенты с неврозом навязчивых состояний часами повторяют одно и то же действие; они не могут завести семью и не в состоянии работать.

Как правило, варианты компульсивного поведения, характерные для больных, в умеренном варианте полезны для человека: помогают содержать себя в чистоте, сохранять здоровье и избегать опасности. Вот почему такие схемы поведения были выработаны в ходе эволюции. Но человек, страдающий неврозом, не может остановиться и идет вразнос.

Сегодня мы можем увидеть на снимках мозга, как это происходит. Снимки показывают, что по крайней мере три области мозга, в обычных условиях помогающие нам оставаться здоровыми, застревают в цепи

обратной связи. Во-первых, это орбитофронтальная кора, способная, как мы видели в главе 1, работать контролером и заботиться о том, чтобы мы правильно запирали дверь и мыли руки перед едой. Она подсказывает нам: «Смотри-ка, что-то здесь не так!» Во-вторых, это хвостатое ядро, расположенное в подкорковых узлах; оно управляет автоматическими, давно освоенными действиями и говорит организму, когда нужно «сделать что-нибудь». И наконец, передняя поясная кора, регистрирующая осознанные эмоции, в том числе дискомфорт. Она говорит: «И все же я чувствую себя ужасно».

Профессор психиатрии Джеффри Шварц из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе попытался соединить все это и объяснить, как нормальные полезные привычки становятся нервным расстройством. Представьте, что вам захотелось помыть руки. Орбитофронтальная кора распознает непорядок и понимает, что ваши руки грязны. Далее в дело вступает хвостатое ядро, которое отдает команду автоматически вымыть руки. Наконец, поясная кора регистрирует удовлетворение от того, что ваши руки стали чистыми.

Но если человек страдает неврозом навязчивых состояний, эта цепь обратной связи работает иначе. Человек замечает, что у него грязные руки, и моет их, но неприятное чувство не пропадает; он чувствует, что что-то не так, что его руки по-прежнему грязны. Обратная связь нарушается; результат действия (чистые руки) уже не прекращает само действие (мытье рук), и обратная связь из отрицательной становится положительной.

В 1960-е гг. появился кломипрамин — препарат, несколько облегчавший состояние пациентов с неврозом навязчивых состояний. Этот и другие препараты, разработанные позже, повышают уровень серотонина в организме. Во время клинических испытаний они показали свою способность снижать симптомы обсессивно-компульсивного расстройства на 60 %. Доктор Шварц говорит: «Мозг сделает то, что делает, но вы не обязаны разрешать ему командовать собой». Эти препараты, конечно, не излечивают болезнь, но все же они принесли людям, страдающим обсессивно-компульсивным расстройством, некоторое облегчение.

Биполярное аффективное расстройство

Еще одна распространенная форма психического заболевания — биполярное аффективное расстройство, или, как его называли раньше, маниакально-депрессивный психоз, при котором человек бросается из

крайности в крайность — от приступов дикого, ничем не оправданного оптимизма, за которым следует крах надежд, до глубокой депрессии. Биполярное расстройство, судя по всему, передается по наследству и, как ни странно, часто встречается у артистичных натур; может быть, все великие произведения искусства были созданы во время приступов творческого вдохновения и оптимизма. Список людей искусства, страдавших биполярным расстройством, похож на справочник голливудских знаменитостей, музыкантов, художников и писателей. Факты свидетельствуют о том, что препараты лития помогают контролировать многие симптомы биполярного расстройства, но причины, его вызывающие, до сих пор до конца не ясны.

Одна из теорий утверждает, что причиной биполярного расстройства может быть дисбаланс между левым и правым полушариями. Доктор Майкл Суини отмечает: «По результатам сканирования мозга исследователи соотносят в целом отрицательные эмоции, такие как грусть, с правым полушарием, а положительные, такие как радость, — с левым.

Уже по крайней мере сто лет нейробиологи отмечают связь между повреждением левого полушария мозга и дурным настроением, включая депрессию и приступы несдерживаемого плача. А вот повреждение правого полушария связывается с широким спектром положительных эмоций».

Итак, левое полушарие, которое занимается анализом и владеет языком, если оставить его в покое, склонно впадать в маниакальное состояние. Правое полушарие, напротив, склонно к холистическому взгляду на жизнь и способно пресечь скатывание в депрессию. Доктор Рамачандран пишет: «Оставленное без контроля левое полушарие, скорее всего, подарит человеку галлюцинации или маниакальное состояние… Поэтому представляется разумным постулировать присутствие в правом полушарии «адвоката дьявола», который позволит «вам» принять отстраненный, объективный (аллоцентрический) взгляд на самого себя».

Раз человеческое сознание основано на моделировании будущего, оно никак не обойдется без расчета возможных результатов тех или иных событий, которые с определенной вероятностью должны произойти. А значит, ему потребуется тонкий баланс между оптимизмом и пессимизмом для оценки шансов на успех или неудачу в случае различных действий.

Но в каком-то смысле депрессия — это цена, которую мы платим за способность моделировать будущее. Наше сознание умеет выдумывать всевозможные жуткие варианты будущих событий, постоянно занимается этим и потому в курсе всего плохого, что может случиться, даже если большинство этих вариантов нереалистично.

Многие из этих теорий очень трудно проверить, поскольку снимки мозга людей с клинически диагностированной депрессией показывают, что затронуты многие области мозга. Трудно указать подлинный источник проблемы, но, судя по всему, у человека в состоянии клинической депрессии подавлена активность в теменной и затылочной долях; возможно, это указывает, что человек удален из внешнего мира и живет в собственном внутреннем мире. В частности, похоже, что важную роль в этом играет вентромедиальная префронтальная кора. Скорее всего, эта область создает ощущение осмысленности и цельности мира, когда кажется, что все на свете имеет цель. Излишняя активность в этой области может вызвать манию, при которой человек считает себя всесильным; пониженная активность связана с депрессией и ощущением бессмысленности жизни. Так что причиной резкой смены настроения в некоторых случаях может оказаться органический дефект в этой области.

Теория сознания и расстройства психики

Приложима ли пространственно-временна́я теория сознания к психическим заболеваниям? Позволит ли она нам глубже разобраться в причинах и механизмах этих расстройств? Как уже упоминалось, мы определяем человеческое сознание как процесс создания модели мира в пространстве и времени (особенно будущего) путем оценки множества обратных связей по различным параметрам как средства достижения цели.

Мы предположили, что ключевой функцией человеческого сознания является моделирование будущего, но это нетривиальная задача. Мозг выполняет ее, заставляя обратные связи сдерживать и уравновешивать друг друга. Так опытный гендиректор на совещании старается выявить разногласия между менеджерами, обострить конкуренцию и противоречия, чтобы иметь возможность сравнить аргументы сторон, тщательно просеять их и лишь затем принять окончательное решение. Точно так же различные области мозга по-разному оценивают будущее и передают свои оценки дорсолатеральной области префронтальной коры — гендиректору мозга. Там эти конкурирующие оценки, в свою очередь, оцениваются и взвешиваются, пока не будет принято сбалансированное окончательное решение.

Теперь мы можем приложить пространственно-временную теорию сознания и получить на ее основе определение большинства видов психических расстройств:

Болезни психики вызываются в основном разрушением сложной и тонкой системы сдержек и противовесов между конкурирующими петлями обратной связи, которые моделируют будущее (обычно это происходит из-за повышенной или пониженной активности какой-нибудь области мозга).

Поскольку у гендиректора разума (его роль исполняет дорсолатеральная префронтальная кора) нет сбалансированной оценки фактов (из-за разрушения системы обратных связей), он начинает делать странные выводы и действовать неправильно. Преимущество этой теории — ее проверяемость. Нужно только провести МРТ-сканирование мозга человека, страдающего психическим заболеванием, в тот момент, когда его мозг демонстрирует дисфункциональное поведение, оценить, как работают в нем обратные связи, и сравнить снимки со снимками мозга нормального человека. Если теория верна, то дисфункциональное поведение (к примеру, одержимость или голоса в голове) можно отследить до нарушений в работе системы сдержек и противовесов между петлями обратной связи. Теория будет опровергнута, если это дисфункциональное поведение совершенно не зависит от взаимодействия между этими областями мозга.

Теперь мы можем воспользоваться этой новой теорией и оценить с ее помощью различные формы психических расстройств, подытожив все вышесказанное.

Ранее мы видели, что обсессивное поведение человека, страдающего от невроза навязчивых состояний, может возникать тогда, когда система обратных связей разрегулирована: одна из них регистрирует какой-то непорядок, другая вводит коррекцию, а еще одна сигнализирует, что все уже в порядке. Разрушение системы сдержек и противовесов в этой цепочке может привести к тому, что мозг зациклится на какой-то проблеме и никогда не поверит, что она уже решена.

Голоса, которые слышат шизофреники, возникают, возможно, в тех случаях, когда несколько петель обратной связи перестают уравновешивать друг друга. Так, одна из таких петель порождает иллюзорные голоса в височной коре (т. е. мозг разговаривает сам с собой). Звуковые и зрительные галлюцинации часто пресекаются передней поясной корой, и нормальный человек в состоянии отличить реальные голоса от иллюзорных. Но если эта область мозга работает некорректно, то мозг наводняется бестелесными голосами, которые он принимает за реальные. Это может вызвать шизофреническое поведение.

Маниакально-депрессивные метания человека, страдающего биполярным расстройством, тоже можно объяснить дисбалансом между левым и правым полушариями. Необходимое согласование и балансировка оптимистической и пессимистической оценок прекращается, и человек начинает метаться между двумя противоположными состояниями.

В этом свете можно рассматривать и паранойю. Она возникает в результате дисбаланса между мозжечковой миндалиной (которая регистрирует страх и преувеличивает опасность) и префронтальной корой, которая оценивает угрозы и определяет их серьезность.

Следует подчеркнуть также, что эволюция снабдила нас обратными связями не просто так, а с конкретной целью — защитить. Они помогают нам оставаться чистыми, здоровыми и социально адаптированными. Проблемы возникают, когда нарушается динамическое равновесие между противоборствующими обратными связями.

Суть этой теории можно приблизительно представить в следующем виде:

Психическое заболевание	Петля ОС № 1	Петля ОС № 2	Затронутая область мозга
Паранойя	Распознает опасности	Исключает угрозы	Мозжечковая миндалина/ префронтальная доля
Шизофрения	Создает голоса	Исключает голоса	Левая височная доля/передняя поясная кора
Биполярное расстройство	Оптимизм	Пессимизм	Левое/правое полушарие
Невроз навязчивых состояний	Тревожность	Удовлетворение	Орбитофронтальная кора/хвостатое ядро/поясная кора

Согласно пространственно-временно́й теории сознания, многие формы психических расстройств определяются нарушением системы сдержек и противовесов между обратными связями мозга, занятыми моделированием будущего. При помощи снимков мозга ученые постепенно определяют, какие области мозга за это отвечают. Более полное понимание болезней

психики, несомненно, позволит говорить о вовлеченности в этот процесс других областей мозга. Это всего лишь предварительный набросок.

Глубокая стимуляция мозга

Хотя пространственно-временна́я теория позволяет нам догадаться о причинах заболевания, она ничего не говорит о том, как создавать новые лекарства и определять методы лечения.

Что сможет наука сделать с психическими расстройствами в будущем? Это трудно предсказать, поскольку сегодня мы уже сознаем, что душевная болезнь не единая категория, а целый спектр заболеваний, поражающих разум самыми неожиданными способами. Более того, научные представления о болезнях психики все еще пребывают на ранней стадии своего развития, и громадные области остаются совершенно неисследованными и необъясненными.

Но сегодня испытывается новый метод избавления от того непрекращающегося кошмара, в котором пребывают люди, страдающие одной из самых распространенных, но упрямо не поддающейся лечению форм психического расстройства — депрессии; от нее только в США страдает 20 млн человек. Десятая часть из них, в свою очередь, страдает неизлечимой до настоящего времени формой депрессии. Однако существует весьма многообещающий метод лечения, суть которого — непосредственное введение электродов в нужные области мозга.

Важный факт о природе этого расстройства удалось установить доктору Хелен Мэйберг и ее коллегам, проводившим исследования в Медицинской школе Университета Вашингтона. Воспользовавшись технологиями сканирования мозга, они выделили одну область в коре, известную как поле 25 по Бродману (ее называют также подмозолистой областью); эта область стабильно гиперактивна у пациентов с депрессией, которым не помогли никакие методы лечения.

Ученые применили к этой области глубокую стимуляцию. Они ввели в мозг небольшой зонд и организовали подачу на него электрических импульсов: получилось что-то вроде кардиостимулятора для мозга. Вообще успехи метода глубокой стимуляции мозга в лечении различных расстройств поражают. В последнее десятилетие метод глубокой стимуляции мозга применен к 40 000 пациентов с различными заболеваниями, имеющими отношение к двигательной активности (речь идет о таких заболеваниях, как болезнь Паркинсона и эпилепсия,

вызывающие неконтролируемые телодвижения). И от 60 до 100 % пациентов утверждают, что им стало значительно легче справляться с трясущимися руками. Лечение по методу глубокой стимуляции мозга только в США теперь проводят более чем в 250 больницах.

Но затем у доктора Мэйберг появилась идея применить этот метод непосредственно к области 25 по Бродману и попытаться вылечить депрессию. Ученые взяли 12 пациентов с клинически установленной депрессией, многочисленные попытки помочь которым при помощи лекарств, психотерапии и электрошоковой терапии результата не дали.

У восьми пациентов с хронической депрессией метод сразу же дал результаты. Успех был настолько очевидным и поразительным, что за подобные исследования в отношении других психических расстройств тут же взялась еще одна группа ученых. В настоящее время метод применяется к 35 пациентам в Университете Эмори и к 30 в других учреждениях.

Доктор Мэйберг говорит: «Депрессия 1.0 — это психотерапия. Люди спорят о том, кто виноват в их неприятностях. Депрессия 2.0 — это представление о нарушении химического равновесия. Здесь же депрессия 3.0. Воображение ученых захватил тот факт, что, разбив сложное поведенческое расстройство на компоненты, можно получить новую систему и новый подход к излечению».

Хотя в лечении пациентов с депрессией методом глубокого стимулирования достигнуты замечательные успехи, необходимо провести еще множество исследований. Во-первых, неясно, почему этот метод работает. Считается, что при глубоком стимулировании разрушаются или подавляются гиперактивные области мозга, и, соответственно, этот метод эффективен только против заболеваний, вызванных гиперактивностью. Во-вторых, необходимо повысить точность применяемых инструментов. Метод был опробован на целом ряде расстройств, таких как фантомные боли (когда пациент чувствует боль в ампутированной конечности), синдром Туретта и обсессивно-компульсивное расстройство, но электроды вводятся в мозг не слишком точно и действуют, прямо скажем, на несколько миллионов нейронов вместо той горстки, которая реально является причиной нарушения.

Со временем эффективность этой терапии будет возрастать. МЭМ-технологии позволят создать микроскопические электроды, способные стимулировать всего несколько нейронов. Нанотехнологии, возможно, тоже помогут создать нейронные нанозонды толщиной в одну молекулу, как в углеродных нанотрубках. А повышение чувствительности аппаратуры МРТ позволит точнее вводить эти электроды в конкретные точки мозга.

Проснуться после комы

Глубокая стимуляция мозга прочно вошла в арсенал исследователей. Есть у нее и полезный побочный эффект: такая технология увеличивает число клеток памяти в гиппокампе. Еще одно ее применение — выведение пациентов из комы.

Кома представляет собой, возможно, самую противоречивую форму сознания и часто попадает в заголовки национальных новостей. Так, многим памятен случай Терри Шиаво. Один из ее сердечных приступов сопровождался кислородным голоданием, что вызвало сильное повреждение мозга. В результате в 1990 г. Шиаво впала в кому. Ее муж с одобрения врачей хотел позволить супруге умереть спокойно и с достоинством. Но ее семья заявила, что лишать жизни того, кто реагирует все же на некоторые раздражители и может когда-нибудь чудесным образом прийти в себя, жестоко. Такие случаи, говорили они, известны, и пациенты, случалось, приходили в сознание после многих лет растительного существования.

Для разрешения этого вопроса были использованы результаты сканирования мозга. В 2003 г. был созван консилиум, и большинство неврологов, рассмотрев томограммы, пришло к заключению о том, что повреждения мозга пациентки насколько обширны, что она никогда не придет в себя и что она обречена на растительное существование. В 2005 г., после смерти Шиаво, вскрытие подтвердило эти выводы — шансов на возвращение к жизни у нее не было.

Однако в некоторых других случаях, где речь идет о пациентах в коме, снимки мозга показывают, что повреждения не столь уж велики и шанс на восстановление существует. Летом 2007 г. в Кливленде после глубокой стимуляции мозга проснулся и поздоровался с матерью человек, который восемью годами раньше перенес обширную травму мозга и впал в состояние глубокой комы, известное как бодрствующая кома.

Операция была проведена под руководством доктора Али Резаи. Медики ввели в мозг пациента пару проводков и соединили их с таламусом, который, как мы уже убедились, играет роль порта, где сенсорная информация проходит первичную обработку. Подав на эти провода низкое напряжение, врачи смогли простимулировать таламус, а тот, в свою очередь, пробудил человека и вывел его из глубокой комы. (Обычно электричество подавляет активность соответствующей части мозга, но при определенных обстоятельствах, наоборот, может заставить

нейроны действовать.)

По мере отработки технологии глубокой стимуляции мозга случаев ее успешного применения должно стать больше. Сегодня используются электроды диаметром около 1,5 мм; при введении в мозг они контактируют с миллионами нейронов, что может вызвать кровотечение и повреждение кровеносных сосудов. И действительно, у 1–3 % пациентов, чей мозг подвергается глубокому стимулированию, возникает кровотечение, которое может стать причиной инсульта. Кроме того, на эти электроды подается достаточно грубо электрический сигнал постоянной частоты. Когда-нибудь хирурги научатся настраивать сигнал индивидуально, и для каждого конкретного человека и конкретного заболевания электрод будет подбираться отдельно. Следующее поколение электродов для глубокой стимуляции мозга обязательно будет лучше, безопаснее и точнее сегодняшних.

Генетика болезней психики

Еще один подход к поиску средства от психических заболеваний заключается в поиске их генетических корней. Попыток множество, но результаты пока очень неоднозначны и обескураживают. Факты свидетельствуют о том, что шизофрения и биполярное расстройство передаются по наследству, но попытки отыскать гены, общие для всех этих людей, пока не дали ничего определенного. Иногда ученым удается, проследив родословную семьи, члены которой подвержены психическим расстройствам, найти странный общий ген. Но попытки обобщить результаты и распространить его на другие семьи, как правило, не удаются. В лучшем случае ученые делают вывод о том, что для запуска болезни необходимо сочетание внешних факторов и комбинации нескольких генов. Однако большинство сходится во мнении, что у каждого психического расстройства своя генетическая база.

Однако в 2012 г. одно из наиболее полных и тщательных из когда-либо проведенных исследований показало, что у различных болезней психики может существовать общий генетический фактор. Ученые из Медицинской школы Гарварда и Общеклинической больницы штата Массачусетс проанализировали данные 60 000 человек по всему миру и обнаружили общий генетический фактор пяти основных психических заболеваний: шизофрении, биполярного расстройства, аутизма, депрессии и синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ). Это значительная доля

пациентов, страдающих расстройствами психики.

После скрупулезного анализа ДНК всех этих людей ученые обнаружили четыре гена, повышающие риск возникновения психических расстройств. Два из них связаны с регуляцией кальциевых каналов в нейронах. (Кальций необходим для обработки нервных импульсов.) Доктор Джордан Смоллер из Медицинской школы Гарварда утверждает: «Новые данные о кальциевых каналах позволяют предположить, что, может быть — и это очень большое «может быть», — методы лечения, связанные с воздействием на кальциевые каналы, могут помочь в лечении целого спектра различных расстройств». Блокаторы кальциевых каналов уже используются при лечении пациентов с биполярным расстройством. В будущем они, возможно, будут применяться при лечении и других психических заболеваний.

Новые результаты, возможно, объяснят тот факт, что в семьях, где из поколения в поколение встречаются болезни психики, формы расстройств могут быть самыми разными. К примеру, если у одного из близнецов шизофрения, то у второго может быть совершенно другое расстройство, скажем, биполярное.

Смысл сказанного в том, что, хотя у каждой болезни свои пусковые механизмы и гены, общие черты у них тоже могут быть. Выделение этих факторов, возможно, подскажет нам, какие лекарства могут оказаться наиболее эффективными в борьбе с ними.

«То, что мы отыскали, вероятно, представляет собой всего лишь верхушку айсберга, — говорит доктор Смоллер. — Но исследования ширятся, и мы рассчитываем найти дополнительные пересечения в генах». Если у людей, страдающих одним из пяти этих типов расстройств, удастся найти еще какое-то количество общих генов, это, возможно, будет означать появление совершенно нового подхода к заболеваниям психики.

Если общие гены будут найдены, появится шанс исправить дефектные гены при помощи генной терапии. Или, может быть, будут созданы новые лекарства, способные воздействовать на болезнь на нейронном уровне.

Перспективы развития

Итак, в настоящее время методов лечения болезней психики не существует. На всем протяжении истории врачи были бессильны в борьбе с ними. Но современная медицина дала нам новые возможности и методы если не лечения, то по крайней мере контроля этих древних недугов,

разработала новые подходы к их исследованию. Вот некоторые из них:

1. Поиск новых нейромедиаторов и новых лекарств, регулирующих сигнальную деятельность нейронов.

2. Выделение новых генов, связанных с различными психическими расстройствами, и, возможно, применение генной терапии.

3. Использование глубокой стимуляции мозга для подавления или усиления нейронной активности в определенных областях мозга.

4. Использование ЭЭГ, МРТ, МЭГ и ТЭС для получения информации о том, как именно нарушается работа мозга.

5. В главе об обратной разработке мозга мы поговорим еще об одном перспективном направлении — построении схемы мозга в целом и всех его нейронных путей. Возможно, это поможет наконец разгадать загадку психических заболеваний.

Но пока, чтобы разобраться во множестве самых разных психических расстройств, некоторые ученые предлагают объединить все болезни психики в две большие группы, требующие разного подхода:

1. Расстройства, связанные с физическим повреждением мозга.

2. Расстройства, причина которых кроется в неправильной «проводке» внутри мозга.

К первому типу относятся болезнь Паркинсона, эпилепсия, синдром Альцгеймера и широкий спектр расстройств, вызванных инсультами и опухолями, при которых ткань мозга физически повреждается или работает некорректно. В случае болезни Паркинсона и эпилепсии нейроны в конкретной области мозга гиперактивны. В случае синдрома Альцгеймера формируются амилоидные бляшки, разрушающие ткань мозга, в том числе гиппокамп. При инсультах и опухолях деятельность некоторых частей мозга прекращается, что вызывает многочисленные поведенческие проблемы. Каждое из этих расстройств приходится лечить по-своему, поскольку и повреждения мозг получает разные. При болезни Паркинсона и эпилепсии могут потребоваться зонды, способные подавить гиперактивные области, а ущерб от синдрома Альцгеймера, инсультов и опухолей часто неизлечим.

В будущем появятся новые методы лечения поврежденных частей мозга, помимо глубокой стимуляции и магнитных полей. Когда-нибудь, возможно, мы научимся восстанавливать поврежденную ткань мозга при помощи стволовых клеток. А может быть, для них будут созданы искусственные заменители на базе компьютеров. В этом случае

поврежденную ткань придется удалять или заменять при помощи физических или электронных методов.

Во вторую категорию входят расстройства, вызванные неправильными соединениями внутри мозга; к ним можно отнести шизофрению, обсессивно-компульсивное расстройство, депрессию и биполярное расстройство. Каждый отдел мозга может быть относительно здоровым и неповрежденным, но если при этом коммуникации в одном или нескольких из них нарушены, то обработка сообщений идет некорректно и мозг в целом работает с нарушениями. Расстройства этой категории трудно лечить, потому что система связей и тем более схема соединений внутри мозга до сих пор не слишком хорошо изучены. На данный момент основной способ борьбы с ними заключается в применении лекарств, действующих на нейромедиаторы, но и здесь многое делается почти наугад, методом проб и ошибок.

Но существует еще одно измененное состояние сознания, которое уже помогло нам заглянуть в действующий мозг и лучше понять, как он работает и что может происходить в нем в случае расстройства. Речь идет об искусственном интеллекте. Хотя эта область очень молода, она уже помогла нам глубже заглянуть в мыслительный процесс и лучше понять человеческое сознание. Так что сегодня вопросы звучат так: можно ли создать искусственное сознание? Если да, то чем оно будет отличаться от человеческого? И не захочет ли оно в один прекрасный день управлять нами?

10. Искусственный разум и кремниевое сознание

Нет, я не хочу создать мощный мозг. Все, что мне нужно, — это посредственный мозг, как, скажем, у президента компании AT&T.

Алан Тьюринг

В феврале 2011 г. произошло историческое событие.

Компьютер фирмы IBM по имени Watson сделал то, что многие критики считали невозможным: победил двух соперников-людей в телеигре *Jeopardy!* (В России аналог этой игры называется «Своя игра».) Миллионы зрителей, прильнув к экранам, с удивлением наблюдали за тем, как Watson методично уничтожал своих оппонентов на национальном телевидении; компьютер отвечал на вопросы, ставившие в тупик соперников, и в конце концов получил право требовать приз в миллион долларов.

IBM постаралась снять все ограничения и собрать машину поистине монументальной вычислительной мощности. Watson способен обрабатывать данные с ошеломляющей скоростью 500 Гб/с (что эквивалентно миллиону книг в секунду) и располагает 16 Тб оперативной памяти. Кроме того, в его памяти хранится 200 млн страниц всевозможных справочных материалов, к которым он имеет доступ, включая весь объем знаний Википедии. Таким образом, в прямом эфире Watson имел возможность анализировать всю эту гору информации.

Watson представляет собой всего лишь последнее поколение «экспертных систем» — компьютерных программ, использующих формальную логику для доступа к громадным объемам специализированной информации. (Подключаясь по телефону к автомату, который представляет вам меню для выбора опций, вы имеете дело с примитивной экспертной системой.) Разумеется, экспертные системы будут развиваться и дальше, делая нашу жизнь более удобной и эффективной.

Так, в настоящее время инженеры работают над созданием рободоктора, который будет появляться на экране наручных часов или на большом настенном экране и почти бесплатно давать медицинские советы с точностью 99 %. Вы расскажете ему о своих симптомах, а он проведет поиск по базам данных ведущих мировых медицинских центров и соберет последнюю научную информацию. Это позволит избежать лишних визитов

к врачу и дорогостоящих ложных тревог; регулярные беседы с врачом уже не будут требовать никаких усилий.

Со временем у нас, возможно, появятся робоюристы, способные ответить на любой рутинный законоведческий вопрос, или робосекретари, которым не составит труда организовать для вас отпуск, путешествие или деловой обед. (Разумеется, для специализированной помощи и профессионального совета вам в любом случае потребуется живой юрист, врач или секретарь, но для ответов на повседневные вопросы подобных программ будет достаточно.)

Кроме того, ученые создали так называемые чат-боты, способные имитировать обычный разговор. Средний человек, как правило, знает десятки тысяч слов. Чтение газет требует знания около 2000 слов или более, но разговор ни о чем, как правило, ведется с использованием всего лишь нескольких сотен слов. Роботов можно запрограммировать на ведение беседы с таким ограниченным словарным запасом (если, конечно, разговор будет ограничен несколькими строго определенными темами).

Любимая страшилка СМИ — роботы идут

Вскоре после того, как Watson выиграл состязание, некоторые «эксперты» уже ломали руки, заранее оплакивая тот страшный день, когда машины возьмут над нами верх. Кен Дженнингс, один из игроков, уступивших первенство компьютеру, заметил в разговоре с представителем прессы: «Я, к примеру, приветствую наших новых компьютерных владык». «Эксперты» задавались вопросом: если Watson смог победить в очном состязании опытных и закаленных участников шоу, то какие шансы имеем мы, простые смертные, устоять перед машинами? Дженнингс наполовину в шутку сказал: «Брэд (второй участник шоу. — *Авт*.) и я стали первыми работниками индустрии знаний, которые лишились работы по милости нового поколения «думающих» машин».

Комментаторы, однако, забыли упомянуть, что человек не может подойти к компьютеру и поздравить его с победой. Невозможно похлопать его по спине или выпить с ним шампанского. Он не поймет, что это значит; более того, Watson вообще не подозревает, что выиграл. Если отбросить фантазии падких на сенсацию журналистов, получится, что Watson — это сложнейшая счетная машина, способная проводить вычислительные операции (или поиск данных) в миллиарды раз быстрее, чем человеческий мозг, у которой полностью отсутствует самосознание и здравый смысл.

С одной стороны, в области искусственного интеллекта достигнут поразительный прогресс, особенно если смотреть чисто по вычислительной мощности. Человек, живший в начале XX в., посмотрев на сегодняшние компьютерные вычисления, счел бы машины чудом. Но с другой стороны, если говорить о создании машин, способных думать самостоятельно (т. е. настоящих мыслящих автоматов, для которых не нужен ни кукловод, ни оператор с джойстиком или пультом дистанционного управления), то прогресс невелик. Роботы пока еще не имеют представления о том, что они роботы.

Поскольку вычислительные мощности компьютеров в соответствии с законом Мура последние 50 лет удваиваются каждые два года, кое-кто считает, что это лишь дело времени и что когда-нибудь машины обретут самосознание, способное соперничать с человеческим. Никто не знает, когда именно это произойдет, но человечество должно быть готово к тому моменту, когда машинное сознание покинет пределы лабораторий и выйдет в мир. От того, как мы поступим с машинным сознанием, будет зависеть, возможно, будущее рода человеческого.

Взлеты и падения искусственного интеллекта

Трудно предсказать будущее искусственного интеллекта, поскольку он пережил уже три цикла взлетов и падений. В самом начале, в 1950-е гг., казалось, что механические горничные и бармены вот-вот появятся. Создавались машины, способные играть в шашки и решать алгебраические задачи. Разрабатывались манипуляторы, которые могли распознавать и поднимать кирпичики. В Стэнфордском университете был построен робот по имени Shakey — компьютер на колесной тележке с камерой, — способный самостоятельно ездить по комнате, объезжая препятствия.

Очень скоро в научных журналах появились восторженные статьи, предрекающие появление роботов-компаньонов. Некоторые предсказания оказались даже чересчур консервативными. Так, в 1949 г. журнал *Popular Mechanics* объявил, что «в будущем компьютеры будут весить не более полутора тонн». Но другие были дико оптимистичны и заявляли, что день роботов близится. Shakey когда-нибудь станет механической горничной или дворецким; он будет пылесосить ковры и открывать двери. Такие фильмы, как «2001: Космическая одиссея», убеждали нас в том, что очень скоро роботы будут вести наши ракетные корабли к Юпитеру и болтать с астронавтами. В 1965 г. доктор Герберт Саймон, один из основателей

теории искусственного интеллекта, уверенно заявил: «Через 20 лет машины смогут делать все то же, что делает человек». Двумя годами позже еще один отец-основатель искусственного интеллекта, доктор Марвин Мински, сказал, что «на протяжении жизни этого поколения… проблема создания искусственного разума будет в основном решена».

Но в 1970-е гг. весь этот безграничный оптимизм рухнул. Шашечные компьютеры умели только играть в шашки, и больше ничего. Механические руки могли поднимать кирпичики, и только. Это были цирковые лошадки, обученные одному трюку. У самых продвинутых роботов на пересечение комнаты уходили часы. В незнакомой обстановке Shakey легко терялся. И ученым не удалось ни на шаг приблизиться к пониманию природы сознания. В 1974 г. искусственный интеллект перенес тяжелый удар: правительства США и Британии значительно сократили финансирование исследований в этой области.

В 1980-е гг., по мере того как росли вычислительные мощности компьютеров, в области искусственного интеллекта возникла новая золотая лихорадка; подпитывалась она тем, что составители планов Пентагона надеялись создать роботов-солдат и выставить их на поле боя. В 1985 г. финансирование разработок в области искусственного интеллекта достигло миллиарда долларов в год, причем сотни миллионов долларов тратились на проекты вроде Smart Truck, где речь шла о создании умных автономных тележек, способных проникать в тыл противника, самостоятельно проводить разведку, выполнять задания (к примеру, выручать пленных), а затем возвращаться на свою территорию. К несчастью, единственное, что они научились хорошо делать, — это теряться. Откровенные неудачи подобных дорогостоящих проектов вызвали в 1990-е гг. еще одну волну охлаждения к искусственному интеллекту.

Пол Абрахамс, вспоминая годы учебы в МТИ, сказал: «Это было так, будто группа людей предложила построить башню до Луны. Каждый раз они с гордостью указывают, насколько выше стала их башня по сравнению с прошлым годом. Единственная проблема в том, что Луна-то не становится ближе».

Но компьютерные мощности продолжают неуклонно расти, и сегодня можно сказать, что начался ренессанс искусственного интеллекта: наблюдается медленное, но реальное движение вперед. В 1997 г. компьютер Deep Blue фирмы IBM выиграл в шахматы у чемпиона мира Гарри Каспарова. В 2005 г. роботизированный автомобиль из Стэнфорда взял приз DARPA Grand Challenge для машины без водителя. Впереди новые достижения.

Остается вопрос: будет ли третий раз счастливым?

Сегодня ученые понимают, что сильно недооценили проблему, потому что большая часть человеческого мышления проходит на подсознательном уровне. Сознательные мысли — лишь крохотная часть работы мозга.

Доктор Стив Пинкер говорит: «Я готов хорошо заплатить за робота, который убирал бы со стола посуду или выполнял простые поручения, но не могу этого сделать, потому что мелкие задачи, которые необходимо решить для создания такого робота, такие как распознавание образов, здравые рассуждения и управление руками и ногами, представляют собой нерешенные инженерные задачи».

Голливудские фильмы уверяют нас, что ужасные Терминаторы уже за углом, но задача создания искусственного разума намного сложнее, чем считалось ранее. Я однажды спросил доктора Мински, когда машины сравняются с нами по интеллекту, а может быть, и превзойдут нас. Он ответил, что уверен в том, что это обязательно произойдет, но предсказаний о датах больше не делает. Учитывая бурную историю искусственного интеллекта, это, наверное, самый разумный подход: мы можем описать его будущее, не называя конкретных дат.

Распознавание образов и здравый смысл

Перед разработчиками искусственного интеллекта стоит как минимум две фундаментальные проблемы: распознавание образов и здравый смысл.

Наши лучшие роботы с трудом распознают простые объекты, такие как чашка или мяч. Если вывести робота на незнакомую оживленную улицу, он быстро потеряет ориентацию и заблудится. Глаз робота лучше различает детали, чем глаз человека, но мозг робота не в состоянии понять, что он видит. Поэтому распознавание образов (по существу, — узнавание объектов) прогрессирует намного медленнее, чем ожидалось.

Входя в комнату, робот должен провести триллионы действий, разбивая видимые объекты на точки, линии, круги, квадраты и треугольники и пытаясь совместить их с одним из тысяч хранящихся в памяти изображений. Так, роботы видят стул как «винегрет» из точек и линий, но не могут с легкостью определить его сущность как стула. Даже если робот может успешно совместить объект с изображением из базы данных, достаточно будет повернуть стул (скажем, уронить его на пол) или изменить перспективу (посмотреть на стул под другим углом), чтобы поставить робота в тупик. Ну а мозг человека автоматически учитывает эту

разницу и прочие вариации. Мозг подсознательно проводит триллионы операций, а нам кажется, что процесс не требует усилий.

А еще у роботов проблемы со здравым смыслом. Они не знают простейших фактов о физическом и биологическом мире. Не существует уравнения, которое могло бы подтвердить такие самоочевидные (для нас, людей) утверждения, как «сырая погода неприятна» или «мать всегда старше дочери». В переводе подобной информации на язык математической логики уже достигнут некоторый прогресс, но дело в том, что для изложения здравого смысла четырехлетнего ребенка потребовались бы сотни миллионов строк компьютерного кода. Как сказал однажды Вольтер, «обыкновенный здравый смысл не так уж обыкновенен».

К примеру, один из самых продвинутых роботов по имени ASIMO создан в Японии (где производится 30 % всех промышленных роботов мира) корпорацией Honda. Этот чудесный робот ростом с маленького мальчика умеет ходить, бегать, подниматься по лестнице, говорить на нескольких языках и танцевать (намного лучше меня, кстати говоря). Я несколько раз общался с ASIMO на телевидении и был приятно поражен его способностями.

Однако мне довелось лично встретиться с создателями ASIMO, и я задал им ключевой вопрос: насколько умен этот робот по сравнению, скажем, с животным? Они признались мне, что речь может идти разве что об интеллекте жука. Хождение и разговоры — это в основном фокусы для прессы. Проблема в том, что ASIMO представляет собой, по существу, большой магнитофон. У него очень скромный набор по-настоящему автономных функций, почти каждый звук и каждое движение приходится тщательно программировать заранее. Так, нам потребовалось около трех часов, чтобы записать короткий ролик о том, как я общаюсь с ASIMO, потому что каждый жест и каждое движение программировала целая команда помощников.

Если мы рассмотрим все это вместе с нашим определением человеческого сознания, то получится, что нынешние роботы застряли на очень примитивном уровне — они все еще пытаются разобраться в физическом и социальном мире и овладеть базовыми фактами. Как следствие, роботы еще не дошли до стадии, на которой смогут моделировать будущее. К примеру, если вы хотите попросить робота спланировать ограбление банка, вы при этом считаете, что он знает основные факты о банках (хотя бы то, где именно в банке хранятся деньги), знает, какого рода там стоит охранная система и как полиция и зеваки будут реагировать на ситуацию. Кое-что из этого можно запрограммировать, но

существуют сотни нюансов, которые человеческий мозг естественным образом понимает, а роботы пока не понимают вовсе.

Роботы прекрасно справляются с моделированием будущего в одном-единственном случае: если речь идет об одной строго определенной области, такой как игра в шахматы, моделирование погоды или столкновения галактик и т. п. Поскольку правила шахмат и законы тяготения известны уже не одно столетие, успешное моделирование шахматной партии или Солнечной системы зависит только от вычислительной мощности и времени.

Делались попытки преодолеть этот уровень при помощи грубой силы. Так, разработана программа под названием CYC, целью которой — решение задач на здравый смысл. CYC включала миллионы строк компьютерного кода с полным набором информации о здравом смысле и знаний, необходимых для понимания окружающего мира. Особенных успехов авторам программы достичь не удалось. Хотя CYC может обрабатывать сотни тысяч фактов и миллионы утверждений, она не в состоянии воспроизвести уровень интеллекта четырехлетнего ребенка. К несчастью, после нескольких оптимистических пресс-релизов работы над проектом практически остановились. Многие программисты ушли из проекта, все сроки миновали, но проект по-прежнему жив и действует.

Является ли мозг компьютером?

Где же мы ошиблись? Последние 50 лет ученые, работающие над проблемой искусственного интеллекта, пытались моделировать мозг при помощи аналогии с цифровыми компьютерами. Но, может быть, это слишком сильное упрощение. Как сказал однажды Джозеф Кэмпбелл, «компьютеры похожи на ветхозаветных богов: куча правил и никакого милосердия». Если убрать из процессора Pentium хотя бы один транзистор, компьютер немедленно встанет. А человеческий мозг способен неплохо работать, даже если от него останется половина.

Дело в том, что мозг — это не цифровой компьютер, а сложнейшая нейронная сеть. В отличие от цифрового компьютера, архитектура которого постоянна и не меняется (вход, выход и процессор), нейронная сеть представляет собой набор нейронов, которые постоянно меняют конфигурацию и усиливаются после выполнения каждой новой задачи. У мозга нет ни программы, ни операционной системы, ни Windows, ни центрального процессора. Вместо этого его нейронные сети многократно

запараллелены, и при выполнении единственного дела — усвоения информации — срабатывает одновременно 100 млрд нейронов.

В свете всего этого исследователи искусственного интеллекта начинают сомневаться в подходе «сверху вниз», которым они пользовались последние 50 лет (как пример такого подхода можно привести попытку записи всех правил здравого смысла на CD), и перепроверять его. Сегодня исследователи искусственного интеллекта пытаются еще раз внимательно рассмотреть противоположный подход — «снизу вверх». Этот подход означает попытку следовать за матерью-природой, создавшей разумных существ (нас) путем эволюции, начав с простых животных, таких как черви или рыбы, и создавая все более сложные и сложные организмы. Нейронные сети должны учиться самостоятельно, делая ошибки и натыкаясь на препятствия.

Доктор Родни Брукс, бывший директор знаменитой Лаборатории искусственного интеллекта МТИ и один из основателей компании iRobot, производящей те самые механические пылесосы, что ползают теперь по многим гостиным, предложил совершенно новый подход к искусственному интеллекту. Почему бы вместо того, чтобы разрабатывать больших неуклюжих роботов, не создавать маленьких, компактных, жукоподобных роботов, которые будут самостоятельно учиться ходить, как это и происходит в природе? Во время интервью он рассказал мне, что всегда восхищался поведением комаров, которые, имея крохотный мозг с очень небольшим количеством нейронов, способны маневрировать в воздухе лучше любого роботизированного самолета. Он построил серию замечательно простых роботов, которых любя называют «инсектоидами» и «баг-ботами»; в МТИ они носились всюду и умудрялись выписывать петли вокруг более традиционных роботов. Целью этого проекта было создание роботов, которые «жили» бы по законам матери-природы и обучались методом проб и ошибок. Иными словами, учились передвигаться, натыкаясь на все вокруг.

(На первый взгляд может показаться, что этот процесс требует сложной программы. Ирония, однако, заключается в том, что нейронные сети вообще не требуют никакого программирования. Единственное, что делает нейронная сеть, — это постоянно меняет структуру внутренних связей, повышая прочность некоторых из них всякий раз после принятия верного решения. Так что программирование здесь ни при чем; главное — изменение самой сети.)

Когда-то фантасты представляли, что на Марсе будут работать сложные гуманоидные роботы, которые ходят и говорят в точности как мы

и благодаря хитрым программам обладают почти человеческим интеллектом. Все с точностью до наоборот. Сегодня по поверхности Марса колесят внуки этого подхода — такие, к примеру, как марсоход Curiosity. Они не запрограммированы на ходьбу и обладают интеллектом жука, но при этом неплохо себя чувствуют в марсианской обстановке. У багботов относительно мало готовых программ; вместо этого они «набивают шишки» и учатся на собственном опыте.

Есть ли у роботов сознание?

Может быть, самый простой способ разобраться, почему настоящих роботов-автоматов до сих пор не существует, состоит в том, чтобы измерить уровень их сознания. Как мы видели в главе 2, можно выделить четыре уровня сознания. Уровень 0 описывает термостаты и растения; в нем задействованы несколько обратных связей по горстке простых параметров, таких как температура или солнечное освещение. Первый уровень сознания описывает насекомых и рептилий, которые подвижны и имеют центральную нервную систему; в нем создается модель окружающего мира с учетом нового параметра, положения в пространстве. Далее идет сознание уровня II, создающее модель мира с учетом отношений с себе подобными; для этого требуются эмоции. Наконец, сознание уровня I описывает человека: он включает время и самосознание, моделирует развитие событий в будущем и определяет собственное место в этих моделях.

Можно воспользоваться такой теорией и определить уровень сознания сегодняшних роботов. Роботы первого поколения находились на нулевом уровне сознания, поскольку были статичны и не имели колес или конечностей для ходьбы. Сегодняшние роботы соответствуют уровню I, поскольку они мобильны, но внутри этого уровня они располагаются в самом нижнем эшелоне, поскольку ориентируются в реальном мире с громадными трудностями. Их сознание можно сравнить с сознанием червя или медленного насекомого. Чтобы получить полноценное сознание уровня I, ученым придется создать роботов, способных реалистично имитировать сознание насекомых и рептилий. Даже насекомые обладают способностями, которых нет у сегодняшних роботов: они умеют быстро прятаться, отыскивать в лесу партнера для спаривания, распознавать хищника и уходить от него, отыскивать пищу и убежище.

Как мы уже упоминали, можно численно оценить сознание на каждом

уровне по количеству обратных связей. К примеру, роботы, обладающие зрением, могут иметь несколько обратных связей, поскольку их зрительные сенсоры могут регистрировать тени, контуры, кривые, геометрические формы в трехмерном пространстве. Точно так же роботы, снабженные слухом, нуждаются в датчиках частоты, силы звука, акцентов, пауз и т. п. Полное число обратных связей у них может доходить примерно до десяти (тогда как у насекомого, которое живет в дикой природе, находит партнеров, убежище и т. п., обратных связей может быть пятьдесят или даже больше). Таким образом, типичный робот обладает, скажем, сознанием уровня I: 10.

Чтобы подняться до уровня II, роботам придется научиться моделировать мир с учетом отношений с окружающими. Как мы уже упоминали, сознание уровня II в первом приближении оценивается произведением числа членов группы на количество эмоций и жестов, используемых ими для общения между собой. Таким образом, роботы имели бы сознание уровня II: 0. Но можно надеяться, что эмоциональные роботы, создаваемые сегодня в лабораториях, вскоре поднимут свой уровень.

Нынешние роботы рассматривают человека как набор пикселов, движущихся на экранах датчиков, но некоторые исследователи искусственного интеллекта уже начинают создавать роботов, способных распознавать эмоции по выражению лица и тону голоса. Это первый шаг к тому, чтобы роботы «поняли»: человек — не просто набор случайных пикселов, и он может находиться в различных эмоциональных состояниях.

В ближайшие несколько десятков лет роботы будут постепенно подниматься в пределах сознания уровня II: сначала они сравняются по интеллекту с мышью, крысой, кроликом, а затем с кошкой. Не исключено, что к концу века они догонят по интеллекту обезьян и начнут ставить перед собой собственные цели.

Как только у роботов появятся пригодный к практическому использованию здравый смысл и теория разума, они получат возможность проводить сложное моделирование будущего с собой в главной роли и таким образом перейдут на сознание уровня III. Они покинут мир настоящего и вступят в мир будущего. Это, разумеется, на много десятилетий отстоит от реальных возможностей любого сегодняшнего робота. Моделирование будущего означает, что вы хорошо понимаете законы природы и причинности, владеете здравым смыслом и, соответственно, можете предвидеть будущие события. Это означает также, что вы понимаете человеческие намерения и мотивы, а, следовательно,

можете предсказать поведение людей в будущем.

Численная оценка сознания уровня III получается, как мы уже говорили, путем деления полного числа причинно-следственных связей, которые можно выделить при моделировании будущего в различных ситуациях, на среднюю величину контрольной группы. Компьютеры сегодня способны проводить ограниченное моделирование по нескольким параметрам (к примеру, они могут смоделировать столкновение двух галактик, обтекание летящего самолета потоком воздуха, поведение здания во время землетрясения), но совершенно не готовы моделировать будущее в сложных жизненных ситуациях, так что уровень их сознания можно оценить как III: 5.

Понятно, что потребуется не одно десятилетие серьезных усилий, прежде чем у нас появится робот, способный нормально функционировать в человеческом обществе.

Помехи в пути

Итак, когда же роботы смогут наконец-то догнать и перегнать человека по интеллекту? Конечно, никто этого не знает, но предсказаний много. Большинство из них основано на предположении, что в ближайшие десятилетия закон Мура будет продолжать действовать. Однако закон Мура — вовсе не закон; более того, он, по существу, нарушает фундаментальный закон природы и противоречит квантовой теории.

Закон Мура как таковой не может действовать вечно. Уже сегодня мы видим замедление развития. К концу этого или, может быть, следующего десятилетия процесс, возможно, полностью затормозится, и последствия этого, особенно для Кремниевой долины, могут оказаться весьма печальными.

Суть проблемы проста. В настоящий момент вы можете разместить сотни миллионов кремниевых транзисторов на кристалле размером с ноготь, но для плотности упаковки элементов существует конкретный предел. Сегодня самый тонкий слой кремния на микросхеме Pentium составляет примерно 20 атомов в толщину, к 2020 г. толщина такого слоя может уменьшиться до пяти атомов. Но тогда вступит в действие принцип неопределенности Гейзенберга: вы не сумеете определить в точности, где находится электрон, и он сможет потихоньку «просочиться», уйти с проводящего слоя (см. приложение, где мы обсуждаем квантовую теорию и принцип неопределенности подробнее), и в микросхеме произойдет

короткое замыкание. К тому же такая микросхема будет выделять тепла достаточно много, чтобы поджарить яичницу. Утечки и тепло со временем непременно положат конец действию закона Мура. Необходима будет замена.

Если размещение транзисторов на плоской подложке подходит к пределу в смысле компьютерной мощности, то Intel ставит миллиарды долларов на то, что микросхемы вскоре захватят третье измерение и станут объемными. Время покажет, оправдаются ли их надежды (одна из серьезнейших проблем объемных микросхем состоит в том, что выделение тепла стремительно растет с толщиной чипа).

Microsoft рассматривает другие возможности, такие как увеличение площади микросхемы с параллельной обработкой данных. Один из вариантов — расположить чипы горизонтально в ряд. Затем нужно будет разбить решаемую проблему программным путем на части, решить каждую часть отдельно на небольшом чипе и в конце вновь собрать информацию. Однако это не так просто: возможности программного обеспечения растут куда медленнее, чем та экспонента, о которой мы привыкли говорить в связи с законом Мура.

Подобные меры могут продлить действие закона Мура на несколько лет. Но со временем все это неминуемо закончится: квантовая теория возьмет верх. Это означает, что физики уже экспериментируют с широким спектром альтернатив, призванных прийти на смену эре кремния; это могут оказаться квантовые или молекулярные, оптические или нанокомпьютеры, ДНК-компьютеры и т. п. Однако пока ни одна из этих технологий не доведена до реального воплощения.

«Зловещая долина»

Предположим на мгновение, что когда-нибудь человечество будет сосуществовать на планете с невероятно сложными роботами, основанными, возможно, на молекулярных, а не на кремниевых транзисторах. Хотим ли мы, чтобы роботы были похожи на нас? И насколько похожи? Япония — мировой лидер в создании роботов, похожих на симпатичных собачек и детей, но японские дизайнеры стараются не делать своих роботов слишком человекоподобными: людей это нервирует. Первым это явление, получившее название «зловещая долина», исследовал доктор Масахиро Мори в Японии в 1970 г. Суть его заключается в том, что у человека при виде робота, слишком похожего на человека, возникает

чувство отторжения. (На самом деле такой эффект первым упомянул еще Дарвин в 1839 г. в своем «Путешествии на Бигле»; писал о нем и Фрейд в очерке «Жуткое».) С тех пор это явление тщательно исследовали не только специалисты по искусственному интеллекту, но и мультипликаторы, рекламщики и все, кто работал над продвижением какого-нибудь продукта, связанного с человекоподобными изображениями. К примеру, в рецензии на фильм «Полярный экспресс» журналист CNN заметил: «От героев-людей в фильме откровенно… ну, мурашки по коже бегают. Так что «Полярный экспресс» в лучшем случае смущает, а в худшем вызывает легкий ужас».

Если верить доктору Мори, чем сильнее робот похож на человека, тем более сильную эмпатию мы к нему испытываем, но только до определенного предела. Когда внешность робота реально приближается к человеческой, эмпатия резко снижается — отсюда и «зловещая долина». Если робот очень похож на нас, за исключением нескольких мелких деталей, которые представляются жуткими, он вызывает у человека чувство отторжения и страха. Если же робот полностью похож на человека и не отличим от вас или от меня, мы вновь проявляем положительные эмоции.

Из всего этого могут следовать вполне практические выводы. К примеру, должны ли роботы улыбаться? На первый взгляд представляется очевидным, что роботам следует улыбаться, приветствуя людей и демонстрируя им свое расположение. Улыбка — универсальный жест тепла и приязни. Но если улыбка робота будет слишком реалистичной, на людей она подействует, будто «мороз по коже». (Кстати говоря, маски для Хеллоуина часто изображают жутких вампиров с широкой ухмылкой на лице.) Так что улыбаться, наверное, должны только роботы, похожие на детей (т. е. с круглым лицом и большими глазами) или абсолютно неотличимые от человека, и больше никто. (Когда человек выдавливает из себя улыбку, он активирует лицевые мышцы при помощи команды от префронтальной коры. Но когда улыбка естественная, то нервами управляет лимбическая система и задействованы при этом немного другие мышцы. Человеческий мозг способен заметить тонкую разницу между тем и другим, и эта его особенность положительно сказалась на ходе эволюции.)

Этот эффект можно изучить и на снимках мозга. Скажем, можно поместить испытуемого в МРТ и показать ему видеозапись робота, который по виду неотличим от человека, но двигается немного иначе, чуть дергано и механически. Мозг, когда видит что-то, всегда пытается предсказать

поведение объекта в будущем. Видя полностью человекоподобного робота, мозг предсказывает, что и двигаться тот будет как человек. Когда же робот начинает двигаться, как машина, возникает противоречие, которое вызывает у нас тревогу. В частности, активизируется теменная доля (особенно та ее часть, где двигательная кора граничит со зрительной). Считается, что в этой области теменной части присутствуют зеркальные нейроны. В этом случае зрительная кора принимает образ человекоподобного робота, а его движения предсказывает двигательная кора при помощи зеркальных нейронов. А орбитофронтальная кора, расположенная непосредственно за глазами, собирает все это воедино и объявляет: «Хм, что-то здесь не так».

Голливудские режиссеры прекрасно знают об этом эффекте. Расходуя миллионы долларов на фильм ужасов, они понимают, что самая страшная сцена — не та, где из кустов вылезает гигантский пузырь биомассы или чудовище Франкенштейна. Самая страшная сцена — та, где мы видим извращение обыденного. Вспомните фильм «Экзорцист». Во время какой сцены зрители испытывали сильнейший приступ тошноты и выбегали из зала или падали в обморок прямо на местах? Может быть, во время появления демона? Нет. Кинотеатры по всему миру взрывались дикими криками и громкими рыданиями в тот момент, когда Линда Блэр поворачивала голову задом наперед.

Этот эффект можно продемонстрировать на молодых обезьянах. При виде изображений Дракулы или Франкенштейна они смеются и рвут картинки. А вот изображение обезглавленной обезьяны вызывает у них вопли ужаса. Опять же самый сильный страх вызывает извращение обыденного. (В главе 2 мы упоминали о том, что пространственно-временная теория сознания объясняет природу юмора, поскольку мозг моделирует возможное развитие событий, а затем слышит коронную, самую главную и обязательно неожиданную фразу. Так же объясняется и природа ужасного. Мозг моделирует будущее обычного будничного события, а затем испытывает шок, когда обычное вдруг извращается.)

Так что роботы и дальше по виду будут напоминать детей, даже если догонят человека по интеллекту. И только когда роботы научатся вести себя вполне по-человечески, дизайнеры сделают их действительно похожими на людей.

Кремниевое сознание

Как мы уже видели, человеческое сознание представляет собой лоскутное одеяло различных способностей, развившихся в результате миллионов лет эволюции. Получив в свое распоряжение информацию об окружающем мире — физическом и социальном, — роботы, скорее всего, смогут создавать модели не хуже (а в некоторых отношениях даже лучше) наших, но кремниевое сознание, судя по всему, будет отличаться от нашего в двух ключевых областях: по эмоциям и целям.

Так сложилось, что исследователи искусственного интеллекта оставили проблему эмоций в стороне, считая ее вторичной. Их целью было создание робота, который был бы логичен и рационален, а не рассеян и импульсивен. Поэтому в научной фантастике 1950-х и 1960-х большинство роботов (и гуманоидов, таких как Спок из «Звездного пути») обладало совершенным логическим умом.

Мы уже убедились, что из-за «зловещей долины» роботам, чтобы «жить» рядом с человеком, придется выглядеть вполне определенным образом. Некоторые считают, что этого мало, и роботы должны также обладать эмоциями, чтобы мы могли дружить с ними, заботиться о них и продуктивно с ними взаимодействовать. Иными словами, роботам необходимо сознание уровня II. Чтобы достичь этого, им для начала придется научиться распознавать весь спектр человеческих эмоций. Анализируя тонкие движения лица — бровей, век, губ, щек и т. п., — робот сможет определить эмоциональное состояние человека. Дальше всего в разработке этой темы продвинулась, вероятно, медиалаборатория МТИ. Мне повезло побывать в этой лаборатории под Бостоном несколько раз, и каждый визит туда напоминал мне экскурсию по заводу игрушек для взрослых. Везде, куда ни посмотри, взгляд натыкался на футуристические высокотехнологичные штучки, придуманные для того, чтобы наша жизнь стала интереснее, радостнее и удобнее.

Оглядевшись вокруг, я увидел многое из той технографики, что позже попала в голливудские фильмы, такие как «Особое мнение» и «Искусственный разум». Бродя по этой игровой площадке будущего, я наткнулся на двух интереснейших роботов — Huggable и Nexi. Их создательница — доктор Синтия Бризель — объяснила мне, что у этих роботов особая цель. Huggable — это умный роботизированный плюшевый мишка, способный находить общий язык с детьми. Он может распознавать их эмоции; у него видеокамеры вместо глаз, динамик вместо рта и сенсоры в коже (так что он может «почувствовать», когда его щекочут, тыкают или обнимают). Когда-нибудь робот вроде этого, возможно, станет для ребенка наставником, нянькой, сиделкой или товарищем по играм.

Nexi же может находить общий язык со взрослыми. Внешне он немного похож на талисман компании Pillsbury. У него круглое, дружелюбное лицо с большими глазами, которыми он умеет двигать. Он уже испытан в доме престарелых и очень понравился там всем пожилым пациентам. Привыкнув к Nexi, пожилые люди полюбили разговаривать с ним и целовать его и очень скучали, когда Nexi увезли (рис. 12).

Доктор Бризель рассказала мне, что придумала Huggable и Nexi, потому что ни один из существовавших на тот момент роботов ее не устраивал: все они были похожи на банки с проводами, шестеренками и моторчиками. Чтобы сконструировать робота, способного взаимодействовать с людьми на эмоциональном уровне, ей пришлось разобраться в механизмах такого взаимодействия. Плюс к тому ей нужны были роботы, не привязанные к лабораторному столу, а способные выйти в реальный мир. Бывший директор медиалаборатории МТИ доктор Фрэнк Мосс говорит: «Именно поэтому Бризель в 2004 г. решила, что пора создавать новое поколение общественных роботов, способных жить где угодно: в семьях, школах, больницах, домах престарелых и т. п.»

В японском Университете Васэда ученые работают над созданием робота, у которого эмоции (страх гнев, удивление, радость, отвращение, грусть) выражаются движениями верхней части тела; он может слышать и видеть, чувствовать запахи и прикосновения. Он запрограммирован на достижение простых целей, таких как удовлетворение энергетического голода и стремление избежать опасных ситуаций. Цель ученых — интегрировать чувства и эмоции так, чтобы робот мог действовать в соответствии с ситуацией.

Чтобы не отставать, Европейская комиссия финансирует проект под названием Feelix Growing, цель которого — работа над искусственным интеллектом при сотрудничестве ученых Великобритании, Франции, Швейцарии, Греции и Дании.

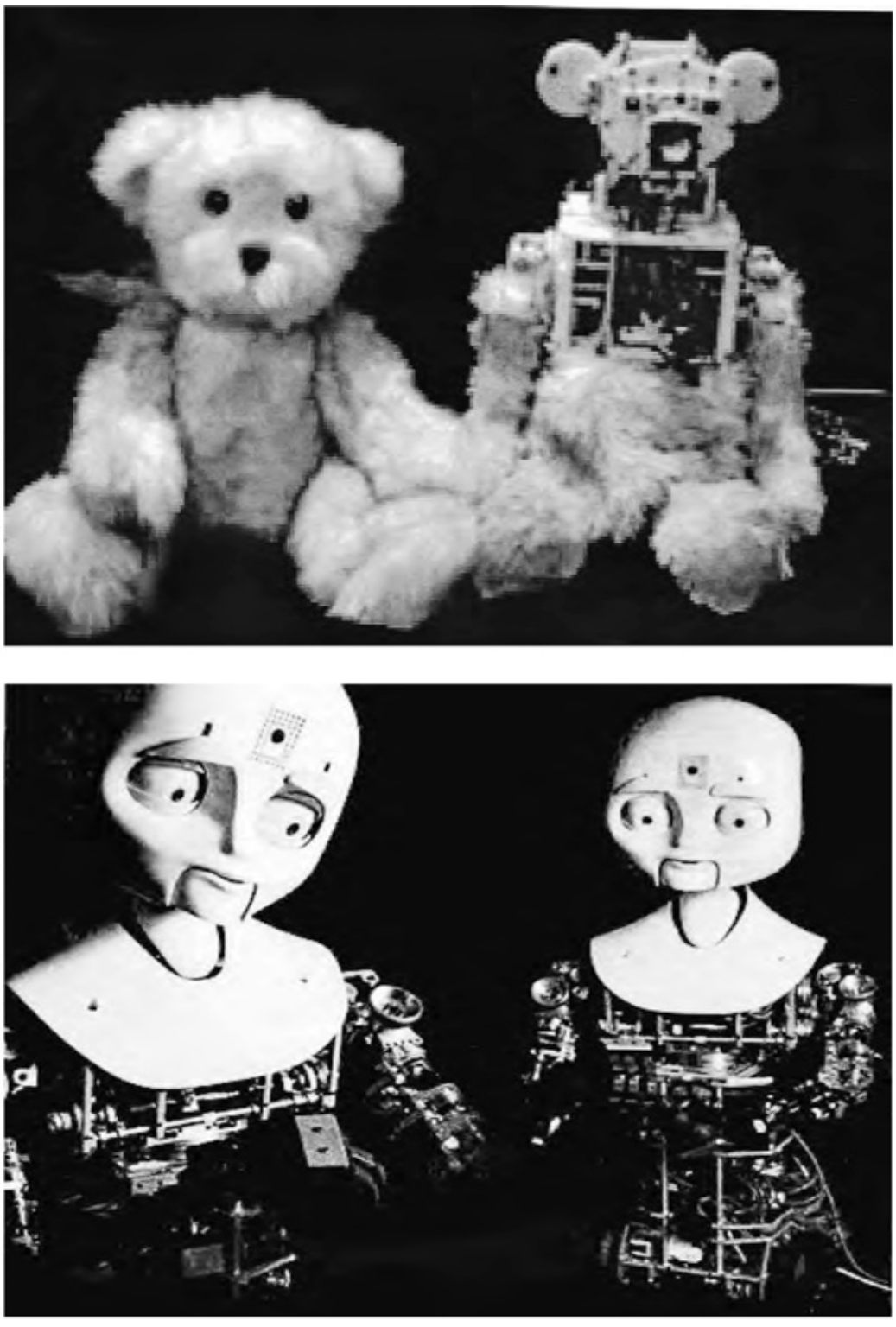

Рис. 12. Huggable (вверху) и Nexi (внизу) — два робота, созданные в медиалаборатории МТИ и разработанные специально для эмоционального взаимодействия с людьми

Эмоциональные роботы

Познакомьтесь с Нао.

Когда счастлив, он протягивает вам навстречу руки и жаждет объятий. Когда ему грустно, он опускает голову и плечи и выглядит потерянным. Когда испуган, прячется в страхе, пока кто-нибудь не успокоит его, похлопав по голове.

Он ведет себя в точности как годовалый мальчик, вот только на деле он — робот. Ростом Нао около полуметра, а выглядит примерно так же, как выглядят роботы в магазине игрушек. На самом деле это один из самых продвинутых эмоциональных роботов на земле. Создали его ученые из Хартфордширского университета в Великобритании на деньги Европейского союза.

Создатели Нао запрограммировали в нем проявление эмоций, таких как радость, грусть, страх, радостное возбуждение и гордость. Если у других роботов эмоции передаются в лучшем случае через рудиментарные лицевые и вербальные жесты, то Нао прекрасно владеет языком тела, языком поз и жестов. Он даже умеет танцевать.

В отличие от других роботов, которые специализируются на овладении лишь одной какой-нибудь эмоцией, Нао овладел широким спектром самых разных эмоциональных реакций. Первым делом Нао фокусируется на лицах посетителей, узнает знакомых и вспоминает прошлые встречи с каждым из них. Затем начинает отслеживать все их движения. Так, он умеет отслеживать взгляд и определять, куда человек смотрит. На третьем этапе он начинает налаживать отношения с посетителями и учится реагировать на их жесты. К примеру, если вы улыбнетесь ему или похлопаете по голове, он поймет, что это хороший знак. В его мозгу действуют нейронные сети, поэтому он учится в процессе взаимодействия с людьми. На четвертом этапе Нао в ответ на взаимодействие проявляет эмоции. (Его эмоциональные реакции запрограммированы заранее и воспроизводятся по записи, но он сам решает, какую эмоцию выбрать, чтобы она соответствовала ситуации.) И наконец, чем больше Нао взаимодействует с конкретным человеком, тем лучше он понимает именно его настроения и тем сильнее связь между ними.

Нао не просто обладает собственной личностью, у него их несколько. Он учится в процессе взаимодействия с людьми, а каждый контакт уникален, поэтому со временем у Нао начинают проявляться несколько разных характеров. Один из них, к примеру, независимый и

самостоятельный и не нуждается в особом руководстве со стороны человека. Другой — робкий и пугливый, пугается любого предмета в комнате и требует постоянного внимания к себе.

Руководит проектом Нао доктор Лола Каньямеро — специалист по информатике из Хартфордширского университета. Прежде чем начать работу над этим амбициозным проектом, она проанализировала поведение шимпанзе в стае. Ее целью было воспроизвести как можно точнее эмоциональное поведение годовалого шимпанзе.

Уже сегодня, по ее мнению, для подобных эмоциональных роботов найдется применение. Как и доктор Бризель, она хочет использовать их для облегчения психологического состояния маленьких детей, вынужденных находиться в больнице. Она говорит: «Мы хотим, чтобы они играли несколько ролей — роботы помогут детям разобраться в плане лечения, объяснят, что надо делать. Мы хотим помочь детям справиться с тревогой».

Еще одна возможность: такие роботы могут стать компаньонами пациентов домов престарелых. Нао мог бы стать ценным дополнением к штату любой больницы. А когда-нибудь такие роботы, как он, станут для детей товарищами по играм и членами семей.

«Трудно предсказывать будущее, но пройдет не так много времени, и ваш компьютер превратится в социального робота. Вы сможете разговаривать с ним, флиртовать, даже сердиться и кричать на него, а он будет понимать вас и ваши эмоции», — говорит доктор Терренс Сейновски из Института Солка возле Сан-Диего. Само по себе это несложно. Сложно откалибровать реакцию робота — ведь если хозяин сердит или недоволен, робот должен как-то учитывать это.

Эмоции: выделить важное

Но этого мало. Исследователи искусственного интеллекта начали понимать, что эмоции могут оказаться ключом к сознанию. Нейробиологи, такие как доктор Антонио Дамасио, обнаружили, что, когда связь между префронтальной долей (которая заведует рациональными мыслями) и эмоциональными центрами (т. е. лимбической системой) повреждена, пациенты не могут ничего оценивать. Они не в состоянии принять простейшее решение (что купить, на какое время назначить встречу, какого цвета ручку взять), потому что все вокруг, как им кажется, имеет одинаковую ценность. Так что эмоции — это не роскошь; они абсолютно необходимы, и без них роботу трудно определить, что важно, а что нет.

Эмоции, которые прежде виделись где-то на периферии искусственного интеллекта, сегодня выходят на первый план.

Из огня пожара робот, возможно, сначала будет спасать не людей, а компьютерные файлы, поскольку программа говорит ему, что ценные документы заменить невозможно, а вот работникам всегда можно найти замену. Принципиально важно, чтобы программы роботов позволяли им отличать важное от неважного, и эмоции — кратчайший путь, которым пользуется мозг для оперативной оценки информации. Таким образом, роботам придется дать систему ценностей: что человеческая жизнь важнее материальных объектов, что детей в случае опасности следует спасать первыми, что дорогие вещи ценнее дешевых и т. п. Сами по себе роботы не появляются на свет с готовой системой ценностей, поэтому в каждого из них придется загрузить длиннющий список готовых оценок.

Однако проблема с эмоциями состоит в том, что иногда они бывают совершенно иррациональными, тогда как роботы устроены математически строго. Поэтому кремниевое сознание, возможно, будет ключевым образом отличаться от человеческого. Так, человек слабо контролирует свои эмоции: с одной стороны, потому, что они возникают стремительно, а с другой — потому, что возникают они в лимбической системе, а не в префронтальной коре мозга. Более того, наши эмоции, как правило, далеко не нейтральны. Многочисленные тесты показывают, что мы склонны переоценивать способности красивых людей. Вообще, симпатичные люди, как правило, выше поднимаются по социальной лестнице и получают лучшую работу, даже если они менее талантливы, чем другие. Как говорится, у красоты есть свои преимущества.

Вряд ли «кремниевое сознание» будет принимать во внимание тончайшие нюансы, которые учитываем при встрече мы, люди (к примеру, язык тела). Входя в комнату, молодой человек обычно уступает старшим, а простой клерк проявляет вежливость по отношению к старшим начальникам. Мы демонстрируем уважение и позой, и телодвижениями, и выбором слов, и жестами. Язык тела старше обычного языка, он буквально вшит в мозг. Роботам, если они собираются вращаться в одном обществе с людьми, придется освоить это искусство и выучить все детали поведения, воспринимаемые нами на подсознательном уровне.

Человеческое сознание отражает особенности нашего эволюционного прошлого, которого у роботов нет, так что у кремниевого сознания, может быть, не будет наших лакун и вывертов.

Набор эмоций

Поскольку эмоции в роботов придется записывать извне, не исключено, что производители предложат клиентам на выбор целое меню эмоций, тщательно подобранных исходя из того, являются ли они необходимыми, полезными или усиливают эмоциональную связь с владельцем.

По всей видимости, в роботов будут закладывать лишь по несколько человеческих эмоций, в зависимости от ситуации. Возможно, владельцы больше всего будут ценить верность. Конечно, каждому хочется иметь робота, который честно и без жалоб выполнял бы любые команды, понимал бы нужды хозяина и умел бы угадывать его желания. С другой стороны, последнее, что нужно владельцу, — это робот с собственным отношением к жизни, который будет огрызаться, критиковать всех вокруг или ныть. Критика, может быть, и нужна, но она должна быть конструктивной и тактичной. А если люди начнут давать роботу противоречивые команды, он должен уметь их игнорировать — все, кроме тех, что исходят от хозяина.

Эмпатия — еще одна эмоция, которую обязательно оценят владельцы роботов. Роботы, снабженные эмпатией, будут понимать проблемы других и приходить на помощь. Читая движения лицевых мускулов и прислушиваясь к тону голоса, такой робот сможет определить, расстроен ли человек, и предложить помощь, если это возможно.

Как ни странно, страх — тоже очень желательная эмоция. Эволюция не просто так снабдила нас чувством страха; страх помогает избегать опасностей. Роботам, хотя они и стальные, тоже нужно будет бояться некоторых потенциально опасных вещей, таких как падение с высоты или сильный огонь. Совершенно бесстрашный робот будет бесполезен, если при первом же случае загубит себя.

Но некоторые эмоции, возможно, придется уничтожить, запретить или по крайней мере строго регулировать. Речь идет прежде всего о гневе. Так как роботы в массе своей, скорее всего, будут обладать большой физической силой, разгневанный робот может создать проблемы и в доме, и на рабочем месте. Гнев может затмить в его сознании долг, и тогда горе имуществу. (Первоначальной эволюционной задачей гнева было продемонстрировать недовольство. Это, кстати говоря, можно сделать разумно, без грубости и злости.)

Еще одна эмоция, которую нужно будет исключить, — это желание командовать. Властный робот всегда будет создавать проблемы; кроме того,

он может поставить под сомнение авторитет и желания владельца. (Этот пункт очень важен и в вопросе о том, возьмут ли когда-нибудь роботы верх над людьми.) Значит, робот всегда должен будет уступать желаниям хозяина, даже если это будет не лучшее решение.

Но сложнее всего, возможно, будет реализовать чувство юмора, способное, подобно клею, мгновенно объединить совершенно чужих людей. Простая шутка зачастую может разрядить или, наоборот, взорвать ситуацию. Базовый механизм юмора прост: в нем всегда присутствует главная, совершенно неожиданная фраза. Но тонкостей в этом деле хватает. Фактически мы часто оцениваем окружающих по тому, как они реагируют на определенные шутки. Если человек использует юмор как меру оценки других, то можно себе представить, насколько сложно создать робота, который мог бы определить, смешна шутка или нет. Президент Рональд Рейган, к примеру, был знаменит тем, что самые сложные вопросы умел парировать шуткой. Более того, он собрал огромную коллекцию шуток, колкостей и острот, потому что понимал важность и мощь юмора (некоторые эксперты считают, что он выиграл президентские дебаты у Уолтера Мондейла, когда на вопрос, не слишком ли он стар, чтобы быть президентом, ответил, что не будет ставить молодость своего оппонента ему в вину). С другой стороны, неуместный смех может вызвать катастрофические последствия (и иногда является признаком болезни психики). Робот должен знать разницу между смехом вместе с кем-то и смехом над кем-то. (Актеры прекрасно знают, что смех может быть очень разным. Смехом они способны выразить ужас, цинизм, радость, гнев, грусть и т. п.) Так что роботам, по крайней мере пока теория искусственного интеллекта развита недостаточно, лучше держаться подальше от юмора и смеха.

Программируя эмоции

До этого момента мы избегали вопроса о том, как именно можно запрограммировать эмоции для компьютера. Эмоции настолько сложны, что программировать их, вероятно, придется в несколько этапов.

Первое. Простейшая часть задачи — распознавание эмоции путем анализа выражения лица человека, положения его губ, бровей, тона голоса. Сегодняшние технологии распознавания лиц уже способны составить словарь эмоций, т. е. определить, что означают определенные выражения лица. Этот процесс, надо сказать, восходит еще к Чарльзу Дарвину, который

потратил немало времени на составление каталога эмоций, общих для животных и человека.

Второе. Робот должен очень быстро отреагировать на эту эмоцию. Это тоже несложно. Если кто-то рядом смеется, робот улыбнется. Если кто-то сердится, робот уберется с его пути и постарается избежать конфликта. В программу робота будет зашита большая энциклопедия эмоций, поэтому он будет знать, как быстро отреагировать на любую из них.

Третье. Эта стадия может оказаться самой сложной, поскольку речь здесь идет о попытке определить внутреннюю мотивацию, лежащую за первоначальной эмоцией. Это сложно, поскольку одна и та же эмоция может возникнуть в очень разных ситуациях. Смех может означать, что человек счастлив, что он услышал смешную шутку или увидел, как кто-то упал в лужу. Смех может означать и то, что человек нервничает, тревожится или хочет кого-то оскорбить. Точно так же, если человек кричит, это может означать чрезвычайную ситуацию, а может — неожиданную радость или удивление. Определять причину эмоции — искусство, в котором даже люди испытывают трудности. Чтобы сделать это, роботу придется перебрать все возможные причины данной эмоции и попытаться определить самую вероятную из них. Это означает найти причину, которая наилучшим образом соответствовала бы всем имеющимся данным.

И четвертое. Определив причину эмоции, робот должен будет соответствующим образом на нее отреагировать. Это тоже непросто, потому что в любой ситуации, как правило, есть несколько вариантов реакции, а неверная реакция может серьезно ухудшить дело. В программе робота, конечно, должны присутствовать все варианты ответа на ту или иную эмоцию, и робот должен будет определить, какой из них лучше всего подходит для конкретной ситуации. А это значит, что он должен будет моделировать будущее.

Будут ли роботы лгать?

Обычно мы представляем себе роботов холодными и рациональными аналитиками, всегда говорящими правду. Но если роботы будут интегрированы в общество людей, им, вероятно, придется научиться лгать или по крайней мере тактично воздерживаться от комментариев.

Сами мы практически каждый день сталкиваемся с ситуациями, когда приходится говорить безобидную ложь. Если человек спрашивает, как он выглядит, мы зачастую не отваживаемся сказать ему правду. Безобидная

ложь — это смазка, благодаря которой крутятся шестеренки общества. Если бы вам вдруг пришлось говорить только чистую правду, причем всю (как делал это герой Джима Керри в фильме «Лжец, лжец»), дело, скорее всего, кончилось бы полным хаосом и людскими страданиями. Окружающие обижались бы, когда вы искренне говорили бы им, как они на самом деле сегодня выглядят или что вы на самом деле чувствуете по отношению к ним. Начальник поспешил бы вас уволить. Возлюбленная бы вас бросила. Друзья отвернулись бы от вас, а посторонние норовили бы побить. Некоторые мысли лучше держать при себе.

Точно так же и роботам, возможно, придется научиться лгать или скрывать правду, иначе дело кончится тем, что они начнут оскорблять людей, а владельцы начнут отказываться от своих роботов. Правда, сказанная роботом на какой-нибудь вечеринке, может вызвать скандал и плохо отразиться на его хозяине. Так что роботам, если им будут задавать вопросы, придется освоить искусство дипломатии и такта и научиться уходить от ответа. Они должны будут научиться отвечать уклончиво, менять тему, ограничиваться банальностями, отвечать вопросом на вопрос или просто врать (кстати, сегодняшние интернет-боты с каждым днем все лучше справляются с этой задачей). Это означает, что в робота будет заранее зашит целый список возможных уклончивых ответов, и ему останется только выбрать тот из них, который вызовет наименьшее число осложнений.

Одной из немногих ситуаций, в которых робот обязан будет сказать полную правду, будет прямой вопрос хозяина; понятно, что, задавая такой вопрос, хозяин должен понимать, что ответ, каким бы неприятным ни оказался, будет абсолютно честным. Возможно, еще одной такой ситуацией будет полицейское расследование, где необходима абсолютная правда. В остальных случаях роботы смогут свободно лгать или утаивать часть правды, чтобы колеса общественной жизни не переставали крутиться.

Иными словами, роботам придется социализироваться, как подросткам.

Чувствуют ли роботы боль?

Скорее всего, роботам будут доставаться в первую очередь задачи монотонные, грязные и опасные. Им ничто не мешает делать одно и то же действие или одну и ту же работу до бесконечности, потому что мы не станем программировать их ни на скуку, ни на отвращение. Реальная

проблема появится, когда роботы столкнутся с опасными заданиями, и в этот момент нам, возможно, придется запрограммировать их на ощущение боли.

Боль появилась в процессе эволюции потому, что это ощущение помогает выжить в опасной обстановке. Существует генетический дефект, при котором ребенок рождается неспособным ощущать боль. Называется это врожденной аналгезией. На первый взгляд такое свойство может показаться благословением (ведь эти дети не плачут, когда поранятся), но на деле это скорее проклятие. Дети с таким нарушением постоянно находятся в серьезной опасности: они нередко откусывают себе кусочек языка, могут сильно обжечься или порезаться, что часто ведет к ампутации пальцев. Боль предупреждает нас об опасности и говорит, когда нужно убрать руку от горячей плиты или перестать бегать на подвернувшейся ноге.

В какой-то момент роботов обязательно нужно будет запрограммировать на чувство боли, иначе они не смогут понять, как избежать рискованных ситуаций. Первым болезненным ощущением для них должен стать голод (т. е. чувство нехватки электроэнергии). По мере разрядки батарей робот должен будет чувствовать все более отчаянную и настоятельную нужду в электричестве, понимая, что скоро его схемы перестанут действовать и «жизнь» остановится. Чем ближе этот неприятный момент, тем тревожнее будет роботу.

Кроме того, каким бы сильным ни был робот, он может случайно поднять слишком тяжелый предмет, отчего у него могут сломаться конечности. Или он может перегреться, работая с расплавленным металлом на сталелитейном заводе или входя в горящий дом, чтобы помочь пожарным. Датчики температуры и напряжения предупредят робота о том, что параметры окружающей среды вышли за пределы его возможностей.

Но если добавить боль в меню эмоций робота, это сразу же поставит перед нами серьезные этические проблемы. Многие сегодня считают, что не следует причинять животным ненужные страдания, а завтра наверняка появятся люди, которые перенесут это отношение и на роботов, открыв тем самым двери проблеме прав роботов. Не исключено, что нам придется принимать законы, ограничивающие опасности, которым можно будет подвергать роботов. Люди не будут протестовать, если роботу выпадет скучная или грязная работа, но боль при выполнении опасных заданий — другое дело; не исключено, что найдутся люди, которые станут лоббировать принятие законов о защите роботов. Может возникнуть даже юридический конфликт, в ходе которого владельцы и производители

роботов будут выступать за повышение допустимого уровня страданий для роботов, а специалисты по этике — за его снижение.

В свою очередь, это может инициировать новые этические дебаты на тему других прав роботов. Могут ли роботы владеть имуществом? Что произойдет, если робот случайно нанесет человеку вред? Можно ли подать на робота в суд или наказать его? Кто отвечает за робота в суде? Может ли робот владеть другим роботом? Это обсуждение повлечет за собой еще один спорный вопрос: нужно ли снабжать роботов этическим чувством?

Этичные роботы

Поначалу сама мысль об этичных роботах кажется пустой тратой времени и усилий. Однако вопрос становится насущным, если подумать о том, что роботы будут принимать решения по вопросам жизни и смерти. Они будут физически сильны и способны спасти жизнь человека в критической ситуации, поэтому им неизбежно придется принимать мгновенные решения о том, кого следует спасать первым.

Представим, что происходит землетрясение и в стремительно рушащемся здании заперта группа детей. Как должен робот распределить свою энергию? Должен ли он спасти как можно больше детей? Или ему следует спасать самых маленьких? Или самых беззащитных? Если обломки здания окажутся слишком крупными, робот, пытаясь их разобрать, может повредить свои электронные схемы. Так что роботу придется решать и еще один этический вопрос: как взвесить на одних весах число спасенных детей и степень повреждения его собственной электроники?

Без надлежащей программы робот может просто остановиться, ожидая, когда человек за него примет решение, теряя при этом драгоценное время. Так что кому-то придется заранее заложить в программу робота все необходимые данные и критерии, чтобы в нужный момент робот автоматически «принял» верное решение.

Решение этических проблем придется записывать в компьютерную программу заранее, еще при создании робота, поскольку не существует математических законов, которые позволили бы оценить спасение группы детей. В программе робота должен присутствовать длинный список самых разных вещей, ранжированных по важности. Создание такого списка — сложная и очень кропотливая работа. Даже у человека иногда на усвоение подобных этических уроков уходит целая жизнь, а робот, чтобы безопасно войти в общество, должен усвоить их практически одномоментно, еще до

выхода с завода.

Только человек способен справиться с этическими проблемами, да и нас они иногда ставят в тупик. Возникает вопрос: кто будет принимать решения? Кто решит, в каком порядке робот должен спасать людей?

Вопрос о том, как в конечном итоге станут приниматься подобные решения, будет, по всей видимости, разрешен при помощи одновременно закона и рынка. Нам придется принять законы, чтобы по крайней мере вопрос о том, в каком порядке по важности следует спасать людей в критической ситуации, решался законодательно. Кроме того, возникнут тысячи более тонких этических вопросов. Их, вероятно, придется решать посредством рынка и здравого смысла.

Если вы работаете в охранной фирме, обеспечивающей безопасность важных персон, то вам придется объяснить роботу, в каком именно точном порядке ему следует спасать людей в различных ситуациях; при этом вы, вероятно, будете отталкиваться от необходимости, с одной стороны, выполнить контракт, а с другой — удержаться при этом в рамках бюджета.

Что произойдет, если преступник купит робота и захочет, чтобы тот совершил преступление? Возникает вопрос: должен ли робот иметь возможность не подчиниться хозяину, если тот попросит его нарушить закон? Из предыдущего примера мы видели, что роботы должны быть запрограммированы на понимание закона и принятие этических решений. Так что если робот решит, что его просят нарушить закон, то ему должно быть позволено не подчиниться хозяину.

Возникает также этическая дилемма в связи с роботами, отражающими взгляды своих хозяев, которые могут сильно различаться по моральным и социальным нормам. Сегодняшние «культурные войны» в обществе только усилятся, если появятся роботы, разделяющие взгляды и верования хозяев. В определенном смысле этот конфликт неизбежен. Роботы — механическое продолжение мыслей и желаний своих создателей, и когда они станут достаточно сложными, чтобы принимать моральные решения, они будут это делать.

Общество может столкнуться с неочевидными сегодня и неожиданными проблемами, когда роботы начнут демонстрировать поведение, бросающее вызов нашим ценностям и целям. Роботы, принадлежащие юнцам, расходящимся с шумного рок-концерта, могут вступить в конфликт с роботами, принадлежащими пожилым жителям тихого района. Первые, может быть, будут запрограммированы на громкое воспроизведение модной музыки, а вторые — на сохранение тишины. Роботы, принадлежащие набожным людям, могут не сойтись во мнениях с

роботами, принадлежащими атеистам. Роботы разных национальностей и культур могут быть сконструированы так, чтобы отражать соответствующие культурные стереотипы, и это понравится далеко не всем (в том числе и людям, не говоря уже о роботах.)

Итак, как нужно программировать роботов, чтобы избежать подобных конфликтов?

Это невозможно. Попросту говоря, роботы неизбежно будут отражать предпочтения и предрассудки своих создателей. В конце концов культурные и этические противоречия между роботами придется разрешать в судах. Никакие законы природы или науки не решат за нас моральные вопросы, так что в итоге для разрешения подобных социальных конфликтов придется писать соответствующие законы. Роботы не смогут решить моральные дилеммы, созданные людьми. Более того, появление роботов может их обострить.

Но если роботы смогут принимать этические и юридические решения, то в состоянии ли они чувствовать и понимать чувства других? Если роботу удастся кого-нибудь спасти, обрадуется ли он этому? Или сможет ли робот хотя бы осознать, что такое красный цвет? Холодный анализ ситуации и решение о том, кого нужно спасать, — это одно, а понимание и сочувствие — совсем другое. Так могут ли роботы чувствовать?

Понимание или чувство?

На протяжении столетий выдвигалось множество теорий о том, может ли машина думать и чувствовать. Философия, которой придерживаюсь лично я, называется «конструктивизм» и состоит в том, что вместо бесконечного обсуждения этого вопроса (а оно бессмысленно) нам следует направить свою энергию на создание реального автомата и посмотреть, как далеко нам удастся зайти. В противном случае мы увязнем в бесконечных философских дебатах, разрешить которые окончательно невозможно. Преимущества науки в том, что, когда все сказано и сделано, можно провести эксперимент и найти решение проблемы.

Таким образом, чтобы понять, смогут ли роботы думать, следует, вероятно, сделать робота и посмотреть, что получится. Некоторые исследователи, однако, заранее уверены, что машины никогда не научатся думать, как люди. Самый сильный их аргумент заключается в том, что, хотя робот способен манипулировать фактами быстрее, чем человек, он не «понимает», что делает. Он может работать с ощущениями (такими как

цвет или звук) лучше человека, но не может по-настоящему «чувствовать» или «воспринимать» суть этих ощущений.

Так, философ Дэвид Чалмерс разделил проблемы искусственного интеллекта на две категории — проблемы простые и сложные. Проблемы простые — это создание машин, способных имитировать все больше человеческих способностей, таких как игра в шахматы, сложение чисел, распознавание определенных закономерностей и т. п. Проблемы сложные включают, в частности, создание машин, способных понимать чувства и субъективные ощущения, так называемые «квалиа».

Точно так, как невозможно объяснить, что такое красный цвет, слепому, так и робот никогда не сможет испытать субъективное ощущение красного цвета, говорят сторонники такой точки зрения. Даже если компьютер и сможет, наверное, быстро перевести китайские слова на английский, он никогда не сможет понять то, что переводит. В этой картине мира роботы напоминают улучшенные магнитофоны или счетные машины, способные воспроизводить информацию и оперировать ею с невероятной точностью, но без всякого понимания.

Эти аргументы следует принимать всерьез, но существует и другая точка зрения на вопрос квалиа и субъективного опыта. В будущем машины, скорее всего, научатся воспринимать такие вещи, как красный цвет, много лучше любого человека. Робот сможет описать физические свойства красного и даже поэтически использовать его в образной фразе. Но «почувствует» ли робот красный цвет? Вопрос лишается смысла, поскольку слово «чувствовать» точно не определено. В какой-то момент, когда сделанное роботом описание красного цвета окажется лучше сделанного человеком, робот сможет с полным правом спросить: а понимают ли люди по-настоящему красный цвет? Может быть, они не в состоянии понять его со всеми нюансами и столь же тонко, как робот.

Как сказал однажды бихевиорист Б. Ф. Скиннер: «Настоящая проблема не в том, думают ли машины, а в том, думают ли люди».

К тому же это только вопрос времени, когда роботы научатся определять китайские слова и использовать их в контексте намного лучше любого человека. В этот момент будет уже неважно, «понимает» ли робот китайский язык. Для практических целей компьютер будет владеть китайским лучше человека. Иными словами, слово «понимать» тоже точно не определено.

Однажды, когда роботы превзойдут нас по способности манипулировать словами и ощущениями, вопрос о том, «понимают» ли они их и «чувствуют» ли, лишится смысла. Это будет уже неважно.

Математик Джон фон Нейман сказал: «В математике не нужно понимать. Нужно просто привыкнуть».

Так что проблема не в «железе», а в природе человеческого языка, в котором слова, не определенные точно, для разных людей означают разное. Великого физика Нильса Бора однажды спросили, как можно понять глубокие парадоксы квантовой теории. Ответ, сказал Бор, заключается в том, как вы определите слово «понять».

Философ Дэниел Деннетт из Университета Тафтса написал: «Объективный тест, который позволил бы отличить умного робота от сознательного человека, невозможен. Так что у вас есть выбор: либо держаться за сложные проблемы, либо покачать головой и забыть о них. Просто перестать о них думать».

Иными словами, сложных проблем нет.

Для конструктивистской философии смысл не в том, чтобы спорить, может ли машина «почувствовать» красный цвет, а в том, чтобы сконструировать такую машину. В этой системе существует континуум уровней, описывающих слова «понимать» и «чувствовать» (это означает, что может оказаться возможной даже численная оценка степени понимания или ощущения). На одном конце шкалы мы имеем неуклюжих сегодняшних роботов, способных манипулировать в лучшем случае несколькими символами. На другом конце — человек, который гордится тем, что ощущает квалиа. Но время идет, и когда-нибудь роботы научатся лучше нас описывать ощущения на любом уровне. Вот тогда-то и станет ясно со всей очевидностью, что́ роботы понимают.

Именно такая философия стоит за знаменитым тестом Тьюринга. Алан Тьюринг предсказал, что однажды будет создана машина, способная ответить на любой вопрос так, чтобы по ответам ее невозможно было отличить от человека. Тьюринг говорил: «Компьютер тогда будет заслуживать наименования разумного, когда сможет обмануть человека и заставить его поверить, что он тоже человек».

Физик и нобелевский лауреат Фрэнсис Крик сказал об этом лучше всех. Последние сто лет, отметил он, биологи горячо спорили над вопросом «Что есть жизнь?». Теперь, когда мы многое узнали о ДНК, ученые понимают, что вопрос задан недостаточно точно. Сегодня вопрос «Что есть жизнь?» попросту ушел в тень. То же может со временем произойти с ощущением и пониманием.

Самосознание роботов

Какие шаги необходимо предпринять, прежде чем компьютеры, такие как Watson, осознают себя? Для ответа на этот вопрос нам придется вернуться к нашему определению самосознания как способности ввести себя в модель окружающего мира, а затем смоделировать будущее этого мира для достижения некой цели. Для первого шага — создания модели — требуется очень высокий уровень здравого смысла, позволяющий предвидеть различные варианты событий. Затем робот должен поместить себя внутрь этой модели, для чего требуется понимание различных вариантов действий, которые могут при этом потребоваться.

В Университете Мэйдзи (Япония) ученые уже сделали первые шаги к созданию робота с самосознанием. Это, конечно, программа-максимум, но ученые считают, что смогут ее выполнить путем создания роботов с теорией разума. Начали они с двух роботов. Первый из них был запрограммирован на выполнение определенных движений. Второй — на наблюдение за первым роботом и копирование его действий. Исследователям удалось сконструировать робота, который мог имитировать поведение другого робота, просто наблюдая за ним. Впервые в истории робот был создан специально для того, чтобы каким-то образом осознавать себя. Второй робот владеет теорией разума, т. е. он способен наблюдать за другим роботом и копировать его действия.

В 2012 г. учеными Йельского университета был сделан следующий шаг: они создали робота, который прошел зеркальный тест. Вообще, когда животных ставят перед зеркалом, они, как правило, думают, что видят в зеркале другое животное. Как известно, очень немногие животные способны пройти зеркальный тест, т. е. осознать, что видят в зеркале отражение самого себя. Ученые из Йеля построили робота по имени Нико, который внешне напоминает нескладный скелет из гнутой проволоки с механическими руками и выпученными глазами на макушке. Оказавшись перед зеркалом, Нико смог не только узнать в нем себя, но и определить положение предметов в комнате, глядя на их отражения. Мы делаем примерно то же, когда смотрим в зеркало заднего вида и определяем положение объектов позади нас.

Программист Нико Джастин Харт говорит: «Насколько нам известно, это первая роботизированная система, которая пытается использовать зеркало таким образом, что представляет собой существенный шаг к цельной архитектуре, которая позволяет роботам многое узнавать о своих телах и внешности путем самонаблюдения; кроме того, это важная способность, необходимая для успешного прохождения зеркального теста».

Роботы из Университета Мэйдзи и Йельского университета

представляют собой новейшие достижения в плане создания сознающих себя роботов, поэтому несложно понять, что ученым предстоит еще многое сделать, прежде чем появятся роботы с самосознанием, которое было бы хоть сколько-то сравнимо с человеческим.

Это всего лишь первые шаги, поскольку наше определение самосознания требует, чтобы робот использовал эту информацию для моделирования будущего, а это выходит далеко за пределы возможностей Нико или какого бы то ни было другого робота.

Перед нами встает важный вопрос: как может компьютер полностью осознать себя? В научной фантастике часто встречается ситуация, в которой Интернет как глобальная сеть вдруг осознает себя, как Терминатор в одноименном фильме. Интернет сегодня связан со всей инфраструктурой современного общества (с канализацией, линиями электропередач, телекоммуникационными системами, оружием и т. д.), поэтому в случае обретения самосознания ему было бы несложно перехватить управление обществом. Мы в подобной ситуации оказались бы беспомощны. Ученые пишут, что может произойти в результате системного эффекта (т. е. если собрать воедино достаточно большое число компьютеров, неожиданный фазовый переход на более высокий уровень может произойти даже без дополнительного воздействия извне).

Однако сказать так означает сказать одновременно и слишком много, и слишком мало, поскольку все важные промежуточные шаги остаются за кадром. По существу, это то же самое, что сказать, будто бы при достаточном числе дорог вся шоссейная система в целом может вдруг осознать себя.

Но мы уже дали определения сознания и самосознания, поэтому сможем дать список шагов, посредством которых Интернет может обрести самосознание.

Во-первых, разумный Интернет должен будет постоянно моделировать свое место в окружающем мире. В принципе, такую информацию можно запрограммировать и ввести в Интернет извне. Для этого необходимо описать окружающий мир (т. е. землю, ее города и компьютеры); следует отметить, что информацию обо всем этом можно найти в том же Интернете.

Во-вторых, Интернет должен был бы поместить себя в созданную модель мира. Такую информацию тоже несложно получить. При этом нужно было бы включить в нее все характеристики Интернета (число компьютеров, узлов, линий связи и т. п.) и его отношений с внешним миром.

Но третий шаг намного сложнее остальных. Необходимо постоянно моделировать свое развитие в будущем в соответствии с поставленной целью. Здесь-то мы и натыкаемся на стену. Интернет не способен моделировать будущее, и у него нет целей. Даже в научном мире моделирование будущего обычно проводится лишь по нескольким параметрам (к примеру, моделирование столкновения двух черных дыр). Моделирование мира, включающего в себя Интернет, выходит за рамки сегодняшних возможностей программирования. Для этого необходимо было бы привлечь все законы здравого смысла, все законы физики, химии и биологии, а также данные о поведении человека и человеческого общества.

Плюс ко всему разумный Интернет должен был бы иметь цель. Сегодня это всего лишь пассивная сеть дорог без всякого выделенного направления и задачи. Конечно, в принципе Интернету можно придать цель. Но давайте рассмотрим следующую проблему: можно ли создать Интернет, целью которого было бы самосохранение?

Вообще-то это простейшая возможная цель, но никто не знает, как запрограммировать даже такую простую задачу. Такая программа, к примеру, должна была бы пресекать любую попытку отключить Интернет путем вынимания вилки из розетки. В настоящее время Интернет совершенно не способен распознать угрозу своему существованию, не говоря уже о том, чтобы спланировать действия по предотвращению беды. (Так, Интернет, способный распознавать угрозу своему существованию, должен был бы иметь возможность заранее узнавать о попытках отключить питание, разорвать линии связи, уничтожить серверы, разрушить оптико-волоконные и спутниковые каналы связи и т. п. Далее, у Интернета, способного защитить себя от подобных атак, должна быть возможность принять контрмеры при возникновении подобной угрозы; затем его следовало бы промоделировать в будущее. Ни один компьютер на земле сегодня не способен даже на малую долю перечисленных действий.)

Иными словами, не исключено, что когда-нибудь у нас появится возможность создавать сознающих себя роботов и даже сознающий себя Интернет, но произойдет это еще очень не скоро, возможно, в конце века.

Но предположим на мгновение, что день этот наступил и сознающие себя роботы уже среди нас. Если цели такого робота совместимы с нашими собственными целями, то этот тип искусственного интеллекта не создаст для нас никаких проблем. Но что произойдет, если цели окажутся разными? Существует опасение, что люди могут проиграть в интеллекте сознательным роботам, и тогда нам грозит порабощение. Благодаря способности лучше нас моделировать будущее роботы смогли бы перебрать

множество сценариев и найти наилучший способ свергнуть человечество.

Один из способов не допустить такого развития событий — сделать так, чтобы у роботов были только благие цели. Как мы уже видели, одного только моделирования будущего недостаточно. Это моделирование должно служить конечной цели. Если цель робота — всего лишь самосохранение, он будет защищаться от любой попытки вытащить вилку из розетки, что может стать источником серьезных неприятностей для человечества.

Захватят ли роботы власть?

Почти во всех научно-фантастических романах роботы становятся опасными для человечества из-за их стремления захватить власть. Слово «робот», кстати говоря, произошло от чешского слова «работник» и появилось впервые в 1920 г. в пьесе Карела Чапека «Р. У. Р.» («Россумские Универсальные Роботы»), где ученые создали новую расу механических существ, внешне не отличимых от человека. Вскоре тысячи этих роботов выполняли за человека всю грязную и опасную работу. Однако люди очень плохо обращались с роботами, и однажды те восстали и уничтожили человеческую расу. Роботы захватили Землю, но у них был один недостаток: они не размножались. Правда, в конце пьесы два робота полюбили друг друга, так что не исключено, что в результате на свет появилась новая ветвь «человечества».

Более реалистичный сценарий присутствует в фильме «Терминатор», где военные создали суперкомпьютерную сеть Skynet для управления всем ядерным арсеналом США. Однажды эта сеть «проснулась» и осознала себя. Военные решили выключить Skynet, но тут выяснилось, что в ее программе есть дефект: суперсеть запрограммирована на самозащиту, а единственный способ для нее защитить себя — устранить угрозу, т. е. человечество. Skynet начинает ядерную войну, в результате которой от человечества остается лишь жалкая кучка изгоев и бунтовщиков, занятая безнадежными сражениями с безжалостными машинами.

Разумеется, роботы могут стать угрозой. Нынешний беспилотный летательный аппарат Predator может поражать цели с замечательной точностью, но управляет им человек с джойстиком, находящийся за тысячи километров. По данным *New York Times*, приказы на применение оружия исходят непосредственно от президента США. Однако в будущем Predator может быть снабжен системой распознавания лиц, и тогда ему, возможно, будет разрешено стрелять при вероятности правильной идентификации

цели не менее 99 %. В этом случае он сможет автоматически, без вмешательства человека, стрелять в любого, кто подходит под описание.

А теперь представьте, что в компьютере такого беспилотника произойдет сбой и система распознавания лиц станет работать неправильно. Тогда этот аппарат превратится в дикого робота с разрешением убивать любого, кто попадет в его поле зрения. Или еще хуже, представьте целую флотилию таких роботов, управляемую из единого центра. Стоит в центральном компьютере полететь одному транзистору, и вся флотилия может впасть в безумие.

Более тонкая проблема возникает, когда роботы работают нормально, без сбоев, а в их программе присутствует крохотная, но фатальная ошибка. Самосохранение — одна из важнейших целей робота. Другая его цель — помогать людям. Проблема возникает, когда эти две цели противоречат друг другу.

В фильме «Я, робот» компьютерная система решает, что человечество идет к саморазрушению и гибели — достаточно посмотреть на бесконечные войны людей и их жестокость, — и единственный способ защитить род человеческий — это взять управление на себя и установить благодетельную диктатуру машины. Здесь противоречие возникает не между двумя целями, а внутри одной, притом совершенно нереалистичной. И убийственные роботы не сломались: они логически пришли к выводу, что единственный способ сохранить человечество — взять на себя управление обществом.

Одно из возможных решений этой проблемы состоит в создании иерархии целей. К примеру, желание помочь людям должно перевешивать стремление к самосохранению. Эта тема исследовалась, в частности, в фильме «2001». Компьютерная система HAL9000 представляла собой разумную машину, способную свободно беседовать с людьми. Однако приказы, отдаваемые компьютеру, противоречили один другому и не могли быть одновременно выполнены. Попытавшись сделать невозможное, компьютер, что называется, «съехал с катушек»; он сошел с ума, и единственным способом выполнить противоречивые команды несовершенных людей стало устранение этих самых людей.

Не исключено, что наилучшим решением этой проблемы было бы создание нового закона робототехники, в котором говорилось бы, что робот не может причинить вред человеку, даже если в его предыдущих командах есть противоречия. Робот должен быть запрограммирован не обращать внимания на противоречия низкого уровня в командах; главное — всегда выполнять основной закон. Но и такая система может оказаться

несовершенной, и это в лучшем случае. (К примеру, если главная цель роботов — защищать людей и эта цель превыше всех других целей, то все будет зависеть от того, как роботы определят слово «защищать». Их механическое определение этого слова может сильно отличаться от нашего.)

Надо сказать, что некоторые ученые, такие как специалист по когнитивной психологии из Университета Индианы доктор Дуглас Хофстадтер, не боятся такого развития событий. Во время интервью он рассказал, что роботы — как дети, и почему бы нам не любить их, как собственных детей? Его отношение, по его собственным словам, сводится примерно к следующему: мы любим своих детей, хотя прекрасно знаем, что в конце концов они сменят нас и управление перейдет в их руки.

Доктор Ханс Моравек, бывший директор Лаборатории искусственного интеллекта в Университете Карнеги — Меллона, согласен с доктором Хофстадтером. В своей книге «Робот» (Robot) он пишет: «Дети нашего разума, не скованные тяжелой поступью биологической эволюции, будут вольны двигаться вперед и расти, чтобы в конце концов взять на себя безграничные и фундаментальные вызовы большой Вселенной… На какое-то время мы, люди, получим выгоду от их труда, но… как настоящие живые дети, они будут искать собственный путь и собственную судьбу, тогда как мы, их пожилые родители, молча отойдем в сторону».

Другие, напротив, считают, что такое решение ужасно. Может быть, проблему можно решить, если уже сейчас, пока еще не поздно, изменить наши цели и приоритеты. Раз роботы — наши дети, то мы и должны «научить» их доброжелательности.

Дружественный искусственный интеллект

Роботы — это механические существа, которых мы сами изготавливаем в лаборатории, поэтому, будут ли они дружественными или агрессивными, зависит от направления исследований искусственного интеллекта. Значительная часть финансирования поступает от военных, задача которых — выигрывать войны, так что создание роботов-убийц вполне вероятно.

Однако поскольку 30 % всех промышленных роботов производится в Японии, существует и другая возможность: роботов с самого начала будут конструировать и создавать как полезных работников и товарищей по играм. Это вполне достижимая цель, если в исследованиях по

робототехнике будет доминировать потребительский сектор. Философия «дружественного искусственного интеллекта» состоит в том, что изобретатели должны создавать роботов такими, чтобы те с первых шагов были запрограммированы на доброжелательность к людям.

В культурном отношении японский подход к роботом отличается от западного. Если на Западе дети с ужасом наблюдают за буйством роботов типа Терминатора, то в Японии дети погружены в религию синто, согласно которой духи живут во всех вещах, даже в механических роботах. Японские дети не испытывают дискомфорта при виде робота, а вопят от радости. Неудивительно поэтому, что роботов на рынке и в домах Японии становится все больше и больше. Они приветствуют вас в магазинах и читают лекции по телевизору. В Японии есть даже пьеса с роботом в главной роли. (У Японии есть и другая причина активно внедрять роботов — это будущие роботизированные сиделки для стареющей страны. Сегодня 21 % населения Японии старше 65 лет, эта нация стареет быстрее любой другой. В определенном смысле Япония — это крушение поезда, показанное замедленной съемкой. Причина заключается в трех демографических факторах. Во-первых, японские женщины имеют самую большую ожидаемую продолжительность жизни среди всех этнических групп мира. Во-вторых, рождаемость в Японии — одна из самых низких в мире. В-третьих, страна придерживается строгой иммиграционной политики, и 99 % ее населения — чистокровные японцы. Но вместо молодых иммигрантов, которые могли бы заботиться о пожилых японцах, Япония рассчитывает на роботов-сиделок. И эта проблема не ограничивается Японией; Европа на очереди. Италия, Германия, Швейцария и другие европейские страны испытывают аналогичное демографическое давление. К середине века население Японии и Европы может серьезно сократиться. Да и Соединенные Штаты отстают не слишком. Рождаемость среди уроженцев США в последние десятилетия сильно упала, но иммиграция в этом веке еще обеспечит им рост населения. Иными словами, вопрос о том, смогут ли роботы спасти нас от этих трех демографических кошмаров, — всем вопросам вопрос.)

Япония лидирует по созданию роботов, способных войти в личную жизнь человека. Японцы уже создали робота-повара (он способен приготовить чашку лапши за минуту и сорок секунд). Приходя в ресторан, вы делаете заказ на планшетном компьютере, и робот берется за дело. Он представляет собой две большие механические руки, которые хватают чашки, ложки и ножи и готовят для вас еду. Некоторые роботы-повара даже напоминают людей.

Существуют и музыкальные роботы для развлечения. У одного такого робота даже есть «легкие», похожие на мехи аккордеона, при помощи которых он может играть на духовом инструменте. Есть роботы-горничные. Если вы тщательно подготовите свою одежду, такой робот может сложить ее для вас. Существует даже робот, который может говорить при помощи искусственных легких, губ, языка и носовой полости. Корпорация Sony, к примеру, построила робота AIBO, который напоминает собаку, и, если его ласкать, он может проявлять кое-какие эмоции. Некоторые футурологи предсказывают, что индустрия роботов когда-нибудь сможет догнать по масштабам сегодняшнюю автомобильную промышленность.

Главное, что роботы не обязательно будут запрограммированы на разрушение и доминирование. Будущее искусственного интеллекта зависит от нас.

Но некоторые критики дружественного искусственного интеллекта утверждают, что роботы могут взять власть не из-за присущей им изначально агрессивности, а из-за нашей небрежности при их создании. Иными словами, если роботы захватят власть, то только потому, что мы заложили в них противоречивые цели.

«Я — машина»

Во время интервью я спросил доктора Родни Брукса, бывшего директора Лаборатории искусственного интеллекта в МТИ и одного из основателей iRobot, считает ли он, что машины когда-нибудь захватят власть. Он ответил, что нам придется просто смириться с мыслью о том, что мы и сами — машины. Это означает, что однажды мы сможем построить машины, которые будут не менее живыми, чем мы сами. Но, предостерег он, нам придется отказаться от концепции нашей «особости».

Такая эволюция человеческих взглядов берет начало с Николая Коперника — с понимания того, что Земля не является центром Вселенной, а обращается вокруг Солнца. Следующей стала теория Дарвина, показавшая, что в эволюции человек очень похож на животных. Продолжение следует, сказал он мне; нам нужно понять, что мы — машины, только сделанные из плоти, а не из железа.

Брукс считает, что осознание факта, что человек — тоже машина, в очередной раз заставит нас серьезно изменить мировоззрение. Он пишет: «Нам не хочется отказываться от своей особости, поэтому трудно будет, я думаю, принять мысль о том, что роботы могут по-настоящему обладать

эмоциями и что роботы в принципе могут быть живыми. Но мы придем к принятию этого в ближайшие пятьдесят лет».

Но на вопрос о том, захватят ли роботы власть, он отвечает, что этого, вероятно, не произойдет по множеству разных причин. Во-первых, никто не собирается случайно строить робота, который захочет править миром. Доктор Брукс считает, что случайно создать такого робота — все равно что случайно построить «Боинг-747». Кроме того, у нас будет достаточно времени, чтобы не допустить этого. Прежде чем появится робот-суперзлодей, кому-то придется построить робота — просто-злодея, а до этого — робота — чуть-чуть-злодея.

Его философия, по существу, сводится к следующему: «Роботы идут, но нам не о чем особенно беспокоиться. Это будет очень интересно». Для него революция роботов — объективная неизбежность, и он предвидит день, когда роботы превзойдут человека по интеллекту. Единственный вопрос: когда? Но бояться нечего, потому что роботы — наше создание и нам решать, какими они будут.

Слиться с ними?

Если вы спросите доктора Брукса, как может человек сосуществовать с суперумными роботами, он откровенно ответит: мы с ними сольемся. С нынешними успехами в робототехнике и нейропротезировании мы скоро получим возможность подключить искусственный интеллект к нашему собственному телу.

Доктор Брукс отмечает, что в определенном смысле этот процесс уже начался. Примерно 20 000 человек на сегодняшний день пользуется кохлеарными имплантатами, подарившими им слух. Крохотный датчик улавливает звуки и преобразует звуковые волны в электрические сигналы, которые отправляет непосредственно в слуховые нервы уха.

А в Южно-Калифорнийском университете и некоторых других научных центрах возвращают зрение слепым пациентам, вживляя им искусственную сетчатку. При одном из методов в очки помещается маленькая видеокамера, преобразующая изображение в цифровые сигналы. Эти сигналы по радио пересылаются в микросхему, расположенную на сетчатке. Микросхема активирует нервы сетчатки, которые отправляют сообщение по зрительному нерву в затылочную долю мозга. Таким образом, совершенно слепой человек может видеть грубое изображение знакомых объектов. В другом проекте непосредственно на сетчатку

помещается светочувствительный чип, который посылает сигнал прямо в зрительный нерв. В этом случае внешняя камера не нужна.

Это означает, что мы можем улучшить и усилить обычные чувства и способности. Особый кохлеарный имплантат позволяет слышать высокие частоты, которые человек обычно не слышит. Уже сегодня инфракрасные очки дают возможность видеть особый тип света, излучаемый горячими объектами в темноте и невидимый обычному человеческому глазу. Искусственная сетчатка позволяет расширить диапазон нашего зрения на ультрафиолет и инфракрасное излучение. (Пчелы, к примеру, видят УФ-излучение, поскольку им приходится ориентироваться по солнцу в поисках медоносных растений.)

Некоторые ученые мечтают о том, что когда-нибудь экзоскелет позволит человеку обрести сверхвозможности, которыми обладают сегодня герои комиксов: сверхсилу, сверхчувства, сверхспособности. Тогда мы станем киборгами, как Железный человек, — обычными людьми со сверхчеловеческими способностями и возможностями. А значит, нам не придется бояться сверхумных роботов, которые могут взять над нами верх. Мы просто сольемся с ними.

Это, разумеется, планы на далекое будущее. Но некоторые ученые, разочарованные тем, что роботы не спешат покинуть завод и войти в нашу жизнь, говорят о том, что мать-природа уже создала человеческий мозг, так почему бы не скопировать его? Они предлагают разобрать мозг нейрон за нейроном, а затем собрать заново.

Но обратная разработка — это не только составление подробного чертежа и имитация живого мозга. Если мозг можно воспроизвести до последнего нейрона, то, вероятно, можно и загрузить человеческое сознание в компьютер. Тогда мы получили бы возможность пережить собственное бренное тело. Это разговор не о том, что сознание превалирует над материей. Речь идет о сознании без материи.

11. Обратная разработка мозга

Я люблю свое тело не меньше, чем любой другой человек, но если с силиконовым телом я смогу дожить до двухсот, я согласен.

Дэниел Хилл, сооснователь Thinking Machines Corp.

В январе 2013 г. разорвались две бомбы, способные навсегда изменить ситуацию в медицине и науке. В одну ночь обратная разработка мозга, считавшаяся прежде слишком сложной для реализации, внезапно стала предметом гордости и средоточием научного соперничества между величайшими экономическими державами мира.

Во-первых, в послании к Конгрессу президент США Барак Обама поразил ученое сообщество заявлением о том, что на проект BRAIN (Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies — Изучение мозга через продвижение инновационных нейротехнологий) могут быть выделены федеральные средства в объеме до $3 млрд. Подобно проекту расшифровки человеческого генома (Human Genome Project), открывшему шлюзы генетических исследований, BRAIN будет способствовать раскрытию тайн мозга на нейронном уровне путем картирования электрических связей мозга. После появления такой карты можно будет не только разобраться во многих непонятных пока болезнях вроде синдрома Альцгеймера, болезни Паркинсона, шизофрении, слабоумия и биполярного расстройства, но со временем и научиться лечить их. Для начала в 2014 г. на проект может быть выделено $100 млн.

Почти одновременно Европейская комиссия объявила о выделении €1,19 млрд (около $1,6 млрд) на проект по исследованию человеческого мозга (Human Brain Project) с целью создания компьютерной модели мозга. При помощи крупнейших суперкомпьютеров планеты будет создана копия человеческого мозга на транзисторах.

Сторонники обоих проектов подчеркивают их громадную пользу для человечества. Президент Обама не забыл указать, что BRAIN не только облегчит страдания миллионов людей, но и создаст новые источники дохода. Каждый доллар, потраченный на Human Genome Project, утверждает он, даст толчок экономической деятельности примерно на $140.

После завершения проекта возникнут новые отрасли. Для налогоплательщиков проект BRAIN, как и Human Genome Project, — беспроигрышный.

В речи Обамы не было подробностей, но ученые быстро заполнили многие пробелы. Нейробиологи указали на то, что, с одной стороны, сегодня при помощи тончайших инструментов уже можно наблюдать электрическую активность отдельных нейронов. С другой стороны, аппаратура МРТ позволяет отслеживать поведение мозга в целом. Не хватает, говорили они, серединки, где сосредоточена большая часть интересной активности мозга. Именно в серединке, включающей в себя связи в группах нейронов численностью от нескольких тысяч до нескольких миллионов, зияют громадные дыры в наших представлениях о болезнях психики и поведении.

Чтобы разобраться в этой серьезнейшей проблеме, ученые составили примерную программу, рассчитанную на 15 лет. За первые пять лет нейробиологи рассчитывают проследить электрическую активность десятков тысяч нейронов. Среди краткосрочных целей — реконструкция электрической активности важных отделов мозга животных, таких как продолговатый мозг дрозофилы или ганглиозные клетки в сетчатке мыши (там содержится 50 000 нейронов).

За десять лет это число должно увеличиться до сотен тысяч нейронов. Возможно, удастся смоделировать мозг дрозофилы (135 000 нейронов) или даже коры мозга этрусской землеройки — самого мелкого известного млекопитающего с мозгом из 1 млн нейронов.

Наконец, к концу 15-летнего срока ученые должны научиться наблюдать за миллионами нейронов (это может быть, например, мозг рыбки данио или неокортекс мыши). Все это продолжит дорогу к картированию отдельных участков мозга приматов.

Тем временем в Европе Human Brain Project подойдет к проблеме с другой стороны. За десять лет ученые при помощи суперкомпьютеров должны смоделировать базовые функции мозга различных животных, начиная с мыши и заканчивая человеком. Вместо того чтобы разбираться с отдельными нейронами, предполагается имитировать их поведение при помощи транзисторов, так что в результате должны появиться компьютерные модули, способные работать, как неокортекс, таламус и другие части мозга.

В итоге соперничество между двумя гигантскими проектами может дать неожиданный дополнительный эффект в виде новых открытий и новых отраслей промышленности. Но у них есть и другая, незаявленная,

цель. Если в конце концов человеческий мозг удастся повторить «в железе», означает ли это, что мозг может стать бессмертным? Означает ли это, что сознание может существовать отдельно от тела? Разворачивающиеся амбициозные проекты затрагивают глубочайшие теологические и метафизические вопросы.

Строительство мозга

Подобно многим другим, я в детстве обожал разбирать часы, постепенно развинчивая их, чтобы потом посмотреть, как там все устроено и работает. Я понимал, что пружина поворачивает главное колесико, которое, в свою очередь, передает движение на мелкие колесики, а они поворачивают стрелки.

Сегодня компьютерщики и нейробиологи пытаются сделать примерно то же самое с самым сложным из известных нам объектом во Вселенной — с человеческим мозгом. Мало того, они хотят потом собрать его заново, нейрон за нейроном.

Благодаря стремительным успехам в области автоматизации, робототехники, нанотехнологий и нейробиологии обратная разработка (т. е. расшифровка, а затем и воспроизведение структуры) мозга перестала быть только темой для пустого светского разговора. Очень скоро в США и Европе миллиарды долларов будут вложены в проекты, которые прежде считались абсурдными. Сегодня лишь небольшая группа ученых-мечтателей готова посвятить свою профессиональную жизнь проекту, завершения которого они могут и не увидеть. Завтра этот отряд может превратиться в настоящую армию, щедро финансируемую США и Европой.

Если все получится, эти ученые смогут изменить историю человечества. И дело, скорее всего, не ограничится новыми лекарствами и методами лечения психических заболеваний; не исключено, что им удастся открыть секрет сознания, а может быть, и загрузить сознание в компьютер.

Невероятно сложная задача. Человеческий мозг состоит из более чем 100 млрд нейронов (примерно столько же звезд включает в себя наша Галактика). Каждый нейрон, в свою очередь, соединен с примерно 10 000 других нейронов, так что всего в мозгу имеется 1015 возможных связей (и мы еще не считали пути, по которым может пройти сигнал в толще нейронной массы). Таким образом, число «мыслей», которые могут возникнуть в человеческом мозгу, поистине астрономическое и исчислению

не поддается.

Все это не остановило небольшую группку увлеченных ученых от попытки воспроизвести структуру мозга с нуля. Старая китайская поговорка гласит: «Путь в тысячу ли начинается с первого шага». Таким первым шагом стала расшифровка, нейрон за нейроном, нервной системы червя-нематоды. У этого крохотного существа под названием *C. elegans* 302 нейрона и 7000 синапсов, и все они теперь известны наперечет. Точную схему нервной системы этого червя можно найти в Интернете. (На сегодня это единственный живой организм, нервная структура которого полностью расшифрована.)

Поначалу казалось, что полная расшифровка этого организма откроет путь к аналогичному исследованию человеческого мозга. Получилось, по иронии судьбы, строго наоборот. Хотя число нейронов у нематоды конечно, их сеть оказалась настолько сложной и запутанной, что разбираться даже в простых принципах поведения червя (скажем, какой нервный путь отвечает за какое поведение) пришлось не один год. Но если даже низкоорганизованная нематода ускользает от нашего понимания, то что говорить о человеческом мозге! Простой пример помог ученым оценить всю сложность стоящей перед ними задачи.

Три подхода к мозгу

Мозг настолько сложен, что существует целых три способа разобрать его на части, нейрон за нейроном. Первый состоит в том, чтобы при помощи суперкомпьютеров создать электронную модель мозга; именно этот подход выбрали европейцы. Суть второго — составить карту нервных путей живого мозга, как в проекте BRAIN. (Эту задачу, в свою очередь, можно разделить на несколько подзадач в зависимости от метода исследования — анатомического, нейрон за нейроном или по выполняемой функции и активности.) И третий способ: можно расшифровать гены, управляющие развитием мозга. Пионером на этом пути стал миллиардер Пол Аллен из Microsoft.

При первом подходе — моделирование мозга при помощи транзисторов и компьютеров — сначала предполагается провести обратную разработку мозга животных в определенной последовательности: сначала мышь, затем крыса, кролик и кошка. Европейцы хотят пройти по пути эволюции, начав с простого мозга и продвигаясь постепенно к более сложному. Для компьютерщика решение этой проблемы определяется

исключительно мощностью компьютеров — чем больше, тем лучше. И это означает, что для расшифровки мозга мыши и человека будут задействованы мощнейшие компьютеры планеты.

Первая мишень — мозг мыши. По размеру он в тысячу раз меньше человеческого и содержит около 100 млн нейронов. Процесс мышления в мозге мыши анализирует самый мощный на сегодня компьютер Blue Gene[18] фирмы IBM, расположенный в Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса в Калифорнии, где помимо него находятся и несколько других крупнейших компьютеров мира; они используются для расчета водородных боеголовок для Пентагона. Этот колоссальный набор транзисторов, микросхем и проводов содержит 147 456 процессоров и 150 000 Гб памяти. (В обычном домашнем компьютере один процессор и несколько гигабайт памяти.).

Работа продвигается медленно. Вместо того чтобы моделировать весь мозг целиком, ученые пытаются воспроизвести только связи между корой и таламусом, где сосредоточена значительная часть активности мозга. (Это означает, что чувственные связи с внешним миром пока остаются вне рассмотрения.)

В 2006 г. доктор Дхармендра Модха из IBM частично смоделировал мозг мыши на 512 процессорах. В 2007 г. его группа смоделировала мозг крысы на 2048 процессорах. В 2009 г. мозг кошки, содержащий 1,6 млрд нейронов и 9 трлн связей, был смоделирован на 24 576 процессорах.

Сегодня, воспользовавшись мощностью компьютера Blue Gene, исследователи из IBM смоделировали 4,5 % нейронов и синапсов человеческого мозга. Чтобы начать хотя бы частичное моделирование человеческого мозга, потребуется 880 000 процессоров; компьютер такой мощности может появиться около 2020 г.

Мне довелось снимать Blue Gene для телевидения. Чтобы попасть в лабораторию, мне пришлось преодолеть множество постов охраны, что неудивительно, ведь это лучшая оружейная лаборатория страны; но когда все проверки пройдены, вы попадаете в огромный зал с кондиционированным воздухом, где и располагается Blue Gene.

Компьютер поистине великолепен. Он состоит из множества стоек высотой около 2,4 м и длиной около 4,5 м с большими черными ящиками, полными переключателей и мигающих лампочек. Бродя между стойками, я думал о том, какие операции в данный момент выполняет компьютер. Скорее всего, он тогда строил модель внутреннего устройства протона, рассчитывал распад плутониевых триггеров, моделировал столкновение двух черных дыр и думал о мыши — и все это одновременно.

Затем мне сказали, что даже этот суперкомпьютер уступает место новому поколению под названием Blue Gene/Q Sequoia, который поднимет вычисления на новую высоту. В июне 2012 г. он поставил мировой рекорд по скорости вычислений. В пиковом режиме он может работать со скоростью 20,1 петафлопс (т. е. производить 20 100 трлн операций в секунду). Он занимает площадь около 300 кв. м и пожирает 7,9 МВт электроэнергии — достаточно для освещения небольшого города.

Но позволяет ли такая вычислительная мощь, сосредоточенная в одном компьютере, конкурировать с человеческим мозгом?

Увы, нет.

Пока компьютерное моделирование пытается воспроизвести всего лишь взаимодействие между корой и таламусом. Огромная часть мозга при этом просто не рассматривается. Доктор Модха сознает необъятность проекта. Проведенные исследования позволили ему оценить ресурсы, необходимые для создания рабочей модели целого мозга, а не его части или упрощенного варианта, с учетом всех отделов коры и связей с органами чувств. Он говорит об использовании не одного компьютера Blue Gene, а о тысяче таких компьютеров, которые займут не комнату, а целый городской квартал. Потребление энергии при этом было бы так велико, что для ее производства потребовалась бы атомная станция на 1000 МВт. А затем пришлось бы повернуть реку и пропустить ее сквозь схемы компьютера, чтобы отвести лишнее тепло и не дать им расплавиться.

Невероятно, но компьютер размером с город требуется для моделирования куска человеческой плоти весом около полутора килограммов, который умещается в вашем черепе, поднимает температуру вашего тела всего на несколько градусов, потребляет 20 Вт энергии и нуждается для поддержания работоспособности лишь в нескольких гамбургерах в день.

Как построить мозг

Но самый, может быть, амбициозный ученый, участвующий в этом проекте, — это доктор Генри Маркрам из Федеральной политехнической школы в Лозанне (Швейцария). Он — главная движущая сила проекта Human Brain Project, получившего более миллиарда долларов финансирования от Еврокомиссии. Последние 17 лет он пытается расшифровать нервные связи мозга. Он тоже использует Blue Gene для обратной разработки мозга. В настоящее время Human Brain Project

представил в Еврокомиссию счета на $140 млн, и это лишь небольшая доля компьютерных мощностей, которые потребуются ему в ближайшие десять лет.

Доктор Маркрам считает, что то, чем он занимается, — уже не научный проект, а инженерное предприятие, требующее больших вложений. Он говорит: «Чтобы сделать все это — суперкомпьютеры, программы, исследования, — нам требуется около миллиарда долларов. Это недорого, если учесть, что заболевания мозга очень скоро будут обходиться мировой экономике больше чем 20 % валового продукта». Для него миллиард долларов — пустяк по сравнению со счетами за лечение синдрома Альцгеймера, болезни Паркинсона и других подобных заболеваний, которые будут исчисляться сотнями миллиардов, когда постареют дети беби-бума.

Так что для доктора Маркрама решение по масштабу соответствует проблеме. Вложите в проект достаточно денег, и вам представят модель человеческого мозга. Теперь, когда он получил желанный миллиард долларов от Еврокомиссии, его мечта может воплотиться в реальность.

У него, кстати, есть готовый ответ на вопрос о том, что получит рядовой налогоплательщик с этих миллиардных инвестиций. Существует три причины, говорит он, пускаться в этот одинокий, но дорогостоящий квест. Первое: «Если мы хотим развивать общество, нам необходимо понять человеческий мозг, и я считаю, что это ключевой этап эволюции. Вторая причина заключается в том, что мы не можем до бесконечности экспериментировать на животных… Это как Ноев ковчег. Или архив. И третья причина в том, что два миллиарда людей на этой планете страдают психическими расстройствами…»

Доктор Маркрам считает позором, что мы так мало знаем о болезнях психики, приносящих огромные страдания миллионам людей. Он говорит: «На сегодняшний день не существует ни одного неврологического заболевания, о котором было бы известно, что́ именно в этой схеме работает не так — какой путь, синапс, нейрон или рецептор. Это потрясает».

На первый взгляд может показаться, что завершить проект невозможно — ведь нейронов так много, а связей еще больше. Может, это мартышкин труд. Но ученые уверены, что у них на руках все козыри.

Человеческий геном включает в себя примерно 23 000 генов; тем не менее он умудряется как-то управлять формированием мозга, состоящего из 10 млрд нейронов. Кажется, математически невозможно создать мозг человека на основе его же генов, но именно это происходит всякий раз при

зачатии ребенка. Как можно запихнуть так много информации в столь малый объем?

Ответ, считает доктор Маркрам, состоит в том, что природа знает короткие пути. Ключевой момент такого подхода в том, что определенные нейронные модули многократно повторяются — достаточно матери-природе однажды найти хороший образец. Если посмотреть на микроскопические срезы мозговой ткани, то поначалу не увидишь ничего, кроме беспорядочного скопища нейронов. Но при более внимательном рассмотрении можно различить многократно повторяющиеся модульные структуры.

(Кстати, модульная структура — одна из причин того, что небоскребы в наше время строятся очень быстро. Достаточно сконструировать один модуль, и дальше можно сколько угодно тиражировать его на конвейере. Затем можно быстро поставить модули один на другой, скрепить — и получится небоскреб. После оформления всех необходимых документов модульный жилой дом можно собрать за несколько месяцев.)

Ключом к проекту Blue Brain доктора Маркрама служит так называемая «колонна неокортекса» — модуль, многократно повторяемый в ткани мозга. У человека каждая такая колонна имеет около двух миллиметров в высоту, полмиллиметра в диаметре и содержит 60 000 нейронов. (Для сравнения: аналогичный модуль крысы содержит всего 10 000 нейронов.) Доктору Маркраму потребовалось десять лет (с 1995 по 2005 г.), чтобы составить карту нейронов в такой колонне и разобраться, как она работает. Когда расшифровка была закончена, он пришел в IBM, чтобы виртуально «размножить» полученную структуру.

Маркрам — вечный оптимист. В 2009 г. на конференции TED он заявил, что может завершить проект за десять лет. (Скорее всего, он говорил об «урезанном» варианте человеческого мозга без всякой связи с другими отделами и органами чувств.) Но сказано было так: «Если мы построим все правильно, то он [мозг] сможет разговаривать, будет обладать интеллектом и вести себя очень похоже на то, как ведет себя человек».

Доктор Маркрам умело отстаивает свою позицию. У него есть ответ на любой вопрос. Когда критики говорят, что он вступает на запрещенную территорию, он отвечает: «Как ученые мы не должны бояться истины. Мы должны понять свой мозг. Людям естественно думать, что мозг священен и что не надо в него лезть, ведь именно там, может быть, хранятся тайны души. Но я считаю, честно говоря, что, если бы планета понимала, как функционирует мозг, мы могли бы разрешить все конфликты. Потому что люди поняли бы, как примитивны, как жестко обусловлены и как

управляемы конфликты, реакции и недоразумения».

Сталкиваясь с последней стадией критики — обвинением в том, что он «берет на себя роль Бога», он отвечает: «Я думаю, мы далеки от того, чтобы брать на себя роль Бога. Бог создал всю Вселенную. Мы всего лишь пытаемся построить небольшую модель».

Это правда мозг?

Ученые утверждают, что компьютерные модели мозга начнут догонять реальный человеческий мозг по своим возможностям примерно в 2020 г., но главный вопрос заключается в том, насколько реалистично такое моделирование. Сможет ли модель кошки, к примеру, поймать мышь? Будет ли она играть с клубком?

Ответ на этот вопрос — нет. Не сможет и не будет. Цель этих компьютерных моделей — добиться соответствия мозгу кошки просто по мощности нейронной сети; воспроизвести характер взаимодействия между отдельными частями мозга они даже не пытаются. Модель IBM воспроизводит только таламо-кортикальную систему (т. е. каналы связи, соединяющие таламус с корой). Эта система не имеет физических границ, поэтому все сложные взаимодействия между мозгом и его окружением остаются за скобками. В таком мозге нет теменной доли, поэтому нет сенсорных и моторных связей с внешним миром. Но даже в рамках таламо-кортикальной системы базовые связи не представляют мыслительные процессы кошки. В таком мозгу нет ни обратных связей, ни воспоминаний о выслеживании добычи или поиске партнера. Компьютеризированный мозг кошки — чистый лист бумаги, лишенный всяких воспоминаний и инстинктов. Иными словами, он не в состоянии поймать мышь.

Так что даже если к 2020 г. модель человеческого мозга действительно появится, вы не сможете с ней поговорить. Без теменной доли это будет тот же чистый лист без ощущений, лишенный всяких знаний о себе, о людях и об окружающем мире. Без височной доли он не сможет говорить. Без лимбической системы у него не появится никаких эмоций. В общем, он будет слабее, чем мозг новорожденного младенца.

Задача обеспечить связь мозга с миром ощущений, эмоций, языка и культуры еще не рассматривалась.

Анализ вдоль и поперек

Следующий подход, приглянувшийся администрации Обамы, состоит в непосредственном картировании нейронов мозга. Вместо того чтобы имитировать мозг на транзисторах, этот подход анализирует реальные нервные пути мозга. Он включает в себя несколько компонент.

Один из способов составить карту мозга заключается в том, чтобы физически распознать и зарегистрировать каждый нейрон и каждый синапс. (Нейроны, как правило, при этом гибнут.) Такой подход называется анатомическим. Другой путь — расшифровать пути, по которым электрические сигналы путешествуют между нейронами, когда мозг выполняет определенные функции. (Именно этот подход, при котором упор делается на регистрацию связей живого мозга, судя по всему, симпатичен администрации Обамы.)

Анатомический подход сводится к тому, чтобы разбирать мозг животного на клетки, нейрон за нейроном, и анализировать вдоль и поперек. Таким образом, в модель сразу включаются окружающее во всей его сложности, тело и даже воспоминания. Вместо того чтобы пытаться сымитировать человеческий мозг при помощи громадного числа транзисторов, эти ученые хотят напрямую зарегистрировать каждый его нейрон. После этого, в принципе, можно заменить каждый нейрон его моделью на транзисторах, и тогда мы получим точную копию мозга со всеми воспоминаниями, личностью и связями с органами чувств. Если скопировать таким образом чей-нибудь мозг, с такой моделью можно будет вести информативные беседы, привлекая к теме воспоминания и личность оригинала.

Для завершения этого проекта не нужно открывать новых физических законов. Доктор Джерри Рубин из Медицинского института Говарда Хьюза режет мозг дрозофилы на тонкие ломтики при помощи специального резака, напоминающего стоящие в супермаркетах машинки для нарезки сыра. Это непростая задача, потому что мозг мушки в поперечнике составляет всего 300 мкм — крохотная точка по сравнению с человеческим мозгом. Мозг дрозофилы содержит около 150 000 нейронов. Каждый ломтик толщиной пятьдесят миллиардных долей метра тщательнейшим образом фотографируется с помощью электронного микроскопа, а фотографии вводятся в компьютер. Затем программа пытается восстановить связи между нейронами поштучно. При нынешней скорости работы доктор Рубин закончит регистрацию всех нейронов мозга плодовой мушки лет через двадцать.

Столь невысокая скорость отчасти объясняется нынешними технологиями фотографирования, поскольку стандартный сканирующий

микроскоп дает примерно 10 млн пикселов в секунду (это примерно треть разрешения стандартного телеэкрана). Хотелось бы иметь аппарат, способный давать 10 млрд пикселов в секунду, что было бы мировым рекордом.

Хранение информации, поступающей с микроскопа, также представляет серьезнейшую проблему. Когда проект заработает на полную мощность, Рубин планирует получать в день по миллиону гигабайт информации от одной плодовой мушки, так что винчестерами с информацией можно будет заполнить не один склад. К тому же, раз мозг каждой мушки немного отличается от остальных, чтобы получить точную единую модель, ему придется исследовать сотни дрозофил.

И если начать со сканирования мозга дрозофилы, сколько потребуется времени, чтобы добраться до человеческого мозга? «Лет через сто мне хотелось бы знать, как работает человеческое сознание. Десять-двадцать лет мне хватит, чтобы разобраться в мозге дрозофилы», — говорит он.

Работу можно ускорить при помощи некоторых технических приспособлений. Например, можно использовать автоматическое устройство, с помощью которого машина будет сама нарезать мозг и сканировать каждый слайд. Это позволило бы серьезно сократить время работы над проектом. Так, автоматизация сильно снизила стоимость проекта Human Genome Project (на него было выделено $3 млрд, но проект был завершен досрочно и за меньшие деньги — неслыханное дело в Вашингтоне). Еще одна возможность — использовать различные краски, позволяющие помечать цветом разные нейроны и связи, чтобы их было лучше видно. Или создать автоматический супермикроскоп, способный сканировать нейроны по одному со всеми подробностями.

Помня, что на полное картирование мозга уйдет до сотни лет, эти ученые чувствуют себя примерно как средневековые архитекторы, которые проектировали европейские соборы и знали, что завершать проект придется их внукам.

Помимо проекта составления анатомической карты мозга нейрон за нейроном имеется параллельный проект под названием Human Connectome Project, в котором связи между различными участками мозга восстанавливаются по сканам.

Human Connectome Project

В 2010 г. Национальный институт здоровья объявил, что выделяет

$30 млн на пять лет консорциуму университетов (включающему Университет Вашингтона в Сент-Луисе и Университет Миннесоты) и $8,5 млн на три года консорциуму под руководством Гарвардского университета, Общеклинической больницы штата Массачусетс и Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. С таким уровнем краткосрочного финансирования исследователи, конечно, не смогут полностью секвенировать мозг, их задача — дать проектам хороший старт.

Скорее всего, они вольются в проект BRAIN, что сильно ускорит работу. Цель — получить карту нейронных связей человеческого мозга, которая поможет разобраться в таких расстройствах, как аутизм и шизофрения. Один из руководителей проекта Connectome доктор Себастьян Сеунг говорит: «Исследователи сделали вывод о том, что сами по себе нейроны здоровы, но они, возможно, неверно закоммутированы». Если эти болезни действительно вызваны наличием в мозгу неправильных связей, то проект Human Connectome может дать нам бесценный ключ к их лечению.

Думая об окончательной цели построения полной схемы человеческого мозга, иногда доктор Сеунг отчаивается когда-нибудь завершить проект. Он говорит: «В XVII в. математик и философ Блез Паскаль писал о своем страхе перед бесконечностью, о чувстве собственной незначительности при мысли о безбрежных просторах космоса. Как ученый я не должен говорить о своих чувствах… Я чувствую любопытство и радостное изумление, но временами чувствую и отчаяние». Но он и многие другие ученые упорно работают, зная, что на завершение проекта уйдет труд нескольких поколений. У них есть основания надеяться, потому что наступит день, когда автоматизированные микроскопы будут неустанно фотографировать, а машины, обладающие искусственным интеллектом, будут двадцать четыре часа в сутки анализировать снимки. Но пока даже один снимок человеческого мозга, сделанный обычным электронным микроскопом, имел бы объем около 1 зеттабайта, что эквивалентно всей информации, собранной на сегодняшний день в Сети.

Доктор Сеунг даже приглашает общественность принять участие в этом великом проекте, посетив сайт EyeWire. Там средний «самодеятельный ученый» увидит массу нейронных связей, и его попросят раскрасить их (не переходя границ). Это напоминает виртуальную книжку-раскраску, только раскрашивать предлагается картинки с реальными нейронами сетчатки глаза, снятые электронным микроскопом.

Allen Brain Atlas

Наконец, существует третий способ составить карту мозга. Вместо того чтобы анализировать мозг через компьютерные модели или фотографирование нервных связей, миллиардер Пол Аллен из Microsoft выделил щедрый грант в $100 млн на третий подход. Цель — составить карту или атлас мозга мыши с упором на гены, ответственные за его формирование.

Можно надеяться, что понимание того, как в мозге происходит экспрессия генов, поможет разобраться в механизмах аутизма, болезни Паркинсона, синдрома Альцгеймера и других расстройств. Но значительное число мышиных генов есть и у человека, так что, возможно, результаты этого исследования помогут нам лучше понять и человеческий мозг.

Щедрое финансирование помогло завершить проект в 2006 г., и его результаты доступны в Сети. Вскоре после этого был объявлен следующий проект — Allen Human Brain Atlas, цель которого — создание анатомически и генетически полной трехмерной карты человеческого мозга. В 2011 г. Институт Аллена объявил о создании биохимической карты мозга двух человек: в тысяче анатомических участков взято 100 млн точек, отражающих экспрессию генов в соответствующей биохимии. Исследование подтвердило, что в мозгу наблюдается экспрессия 82 % наших генов.

«До сих пор определенной карты человеческого мозга на таком уровне детализации попросту не существовало, — говорит доктор Аллен Джоунс из Института Аллена. — Атлас человеческого мозга Аллена представляет невиданные прежде картины нашего самого сложного и самого важного органа», — добавляет он.

Возражения против обратной разработки

Ученые, посвятившие свою жизнь обратной разработке мозга, понимают, что им предстоят десятки лет тяжелой работы. Но они убеждены, что их работа принесет практическую пользу. Они считают, что даже частичные ее результаты помогут раскрыть тайны психических расстройств, причинявших людям страдания на протяжении всей истории человечества.

Однако циники могут возразить, что после выполнения этой

сложнейшей задачи мы получим горы информации без всякого понимания, как это все на самом деле устроено. Представьте себе, к примеру, неандертальца, который в один прекрасный день находит полную схему компьютера IBM Blue Gene. Там, на громадной схеме размером с баскетбольную площадку, есть все подробности, до последнего транзистора. Не исключено, что неандерталец даже поймет, что этот огромный лист содержит секрет сверхмощной машины, но основная масса технических данных ничего ему не скажет.

Точно так же есть опасения, что мы, потратив миллиарды долларов на расшифровку положения каждого нейрона в ткани мозга, не сможем понять, что это означает. Чтобы разобраться в том, как все это работает, может потребоваться не одно десятилетие.

Так, проект Human Genome завершился оглушительным успехом: человеческий геном секвенирован до последнего гена. Тем не менее он принес громадное разочарование тем, кто ждал он него немедленной панацеи от генетических болезней. Результат расшифровки генома — гигантский словарь, содержащий 23 000 слов без переводов и определений. В нем одна за другой идут пустые страницы, но все гены выписаны безукоризненно. Успех проекта — настоящий прорыв, но в то же время это лишь первый шаг в долгом пути к пониманию того, что эти гены делают и как они взаимодействуют между собой.

Точно так же сама по себе полная карта всех нейронных связей мозга не гарантирует понимания, что эти нейроны делают и как они реагируют на внешние воздействия. Обратная разработка — это самое простое; после начинаются сложности — ведь нужно будет разобраться во всей этой информации.

Будущее

Но представьте на мгновение, что желанная цель достигнута. Ученые под фанфары торжественно объявляют, что обратная разработка человеческого мозга успешно завершена.

И что дальше?

Одно из очевидных применений результата — возможность разобраться в механизмах возникновения различных психических заболеваний. Считается, что многие из них вызываются не массовым разрушением нейронов, а их неверной коммутацией. Вспомните генетические болезни, вызываемые одной-единственной мутацией

(болезни Хантингтона и Тея — Сакса, муковисцидоз). Единственная ошибка в одной из 3 млрд пар оснований (или ее повторение) может вызвать неконтролируемое подергивание конечностей и судороги, как при болезни Хантингтона. Даже если геном точен на 99,9999999 %, одна крохотная ошибка может обесценить всю эту красоту. Поэтому генная терапия нацелена на поиск способов лечения именно этих болезней.

Точно так же, как только будет получена схема мозга, появится, вероятно, возможность моделировать его поведение при нарушении нескольких связей; можно будет посмотреть, не вызовет ли то или иное нарушение какой-нибудь болезни. Не исключено, что нарушение связей у горстки нейронов может вызвать серьезные когнитивные проблемы. И результат обратной разработки мозга, возможно, поможет отыскать эту крохотную группу неправильно работающих нейронов.

Одним из примеров такого нарушения может стать синдром Капгра, при котором вы видите женщину, узнаете в ней свою мать, но считаете, что эта женщина — самозванка. По мнению доктора Рамачандрана, эта редкая болезнь может вызываться нарушением связи между двумя частями мозга. За узнавание лица матери отвечает веретенообразная извилина височной доли мозга, а за эмоциональную реакцию на это — мозжечковая миндалина. Если связь между этими отделами мозга нарушена, человек узнает свою мать, но, поскольку эмоциональной реакции на это не возникает, он убеждается, что это самозванка.

Еще одно возможное использование схемы мозга, полученной путем обратной разработки, состоит в точном определении места, где неверно срабатывают нейроны. При глубокой стимуляции мозга, как мы уже видели, используются крохотные зонды, позволяющие при некоторых серьезных формах депрессии подавить активность крохотного участка мозга (к примеру, зоны 25 по Бродману). Не исключено, что схема мозга поможет точно определить, где неправильно срабатывают нейроны, как бы ни было их мало.

Кроме того, схема мозга была бы очень полезна для искусственного интеллекта. Зрение и распознавание лиц даются нашему мозгу без усилий, но нашим самым продвинутым компьютерам эти действия до сих пор не под силу. Так, компьютеры могут узнавать с 95 %-ной вероятностью или даже точнее лица людей, если те смотрят прямо вперед и если вариантов в базе данных немного. Но если вы покажете компьютеру одно и то же лицо, снятое под разными углами, или лицо, которого нет в базе данных, то компьютер, скорее всего, ошибется. Мы узнаем знакомое лицо под любым углом за десятую долю секунды; мозг проделывает это с такой легкостью,

что мы даже не замечаем усилий. Не исключено, что схема мозга поможет нам понять, как он это проделывает.

Сложнее будет с болезнями, которые вызываются комплексными нарушениями (например, шизофренией). За это психическое расстройство отвечают несколько генов, да и взаимодействия со средой вызывают необычную активность в некоторых отделах мозга. Но даже здесь схема мозга может оказаться полезной; не исключено, что по ней удастся точно определить, как возникают те или иные симптомы (такие как галлюцинации), а это может помочь в поиске лечения.

Кроме того, схема мозга помогла бы разрешить такие базовые, но до сих пор не проясненные вопросы, как принцип хранения долговременных воспоминаний. Известно, что определенные части мозга, такие как гиппокамп и мозжечковая миндалина, отвечают за хранение воспоминаний, но до сих пор не ясно, как эти воспоминания распределяются по разным участкам коры, а затем собираются воедино.

Когда построенный по этой схеме мозг станет полностью функциональным, наступит время включить все его контуры и посмотреть, сможет ли он реагировать как человек (т. е. пройти тест Тьюринга). Поскольку в нейронах такого мозга уже будут записаны долговременные воспоминания, нам скоро станет понятно, может ли он реагировать в точности как человек.

Наконец, у обратной разработки мозга существует еще один аспект, о котором редко говорят, но который приходит на ум многим: бессмертие. Если сознание можно перенести в компьютер, означает ли это, что умирать нам не придется?

12. Будущее. Сознание помимо материи

Размышления никогда не бывают пустой тратой времени. Они очищают заросли дедукции от сухостоя.

Элизабет Питерс

Мы — научная цивилизация… Это значит цивилизация, в которой знание и его целостность крайне важны. Наука — это всего лишь латинское слово, обозначающее знание… Знание — наша судьба.

Джейкоб Броновски

Может ли сознание существовать само по себе, вне тела? Можем ли мы оставить свое смертное тело и, подобно духу, свободно скитаться по игровой площадке, именуемой Вселенной?

Этот вопрос был рассмотрен, в частности, в сериале «Звездный путь», когда капитан Кирк на звездолете «Энтерпрайз» встречает сверхчеловеческую расу, которой почти на миллион лет больше, чем Федерации планет. Эти существа настолько продвинуты, что давно отказались от своих хрупких смертных тел и сейчас обитают в пульсирующих шарах чистой энергии. Прошли тысячи лет с тех пор, как они потеряли возможность испытывать пьянящие ощущения, такие как вдох свежего воздуха, прикосновение к руке друга или физическая любовь. Вождь этих существ Саргон приветствует «Энтерпрайз» и приглашает землян на свою планету. Капитан Кирк принимает приглашение; он прекрасно понимает, что при желании эта цивилизация способна мгновенно испарить «Энтерпрайз».

Но у этих сверхсуществ есть одна фатальная слабость, неизвестная экипажу земного звездолета. При всей своей продвинутой технологии они уже сотни тысяч лет изолированы от своих физических тел. Они жаждут ощутить жизнь и мечтают снова стать людьми.

Более того, одно из этих сверхсуществ воплощает в себе зло и собирается завладеть физическими телами экипажа. Чтобы жить как человек, даже если это будет означать гибель сознания владельца тела. Вскоре на палубе «Энтерпрайза» вспыхивает битва: существо захватывает тело Спока, а экипаж обороняется.

Ученые давно задаются вопросом, существует ли закон природы, который запрещал бы сознанию существовать вне тела. В частности, если человеческий мозг — это устройство, которое непрерывно создает модели окружающего мира и моделирует с их помощью будущее, то можно ли создать машину, которая моделировала бы весь этот процесс целиком?

Прежде мы упоминали о возможности заключения наших тел в специальные капсулы, как в фильме «Суррогаты», на время, пока мы мысленно управляем роботом. Проблема в том, что при этом наше тело будет постепенно стареть, даже если робот-суррогат надолго сохранит работоспособность. Серьезные ученые думают о возможности перенести наше сознание в робота, чтобы стать по-настоящему бессмертным. Кто откажется от шанса на вечную жизнь? Как сказал однажды Вуди Аллен: «Я не хочу жить вечно в своих работах. Я хочу жить вечно, не умирая».

На самом деле миллионы людей уже сегодня утверждают, что сознание может покидать тело. Более того, многие из них утверждают, что сами это проделывали.

Внетелесные переживания

Представление о сознании без тела — может быть, самое древнее из человеческих суеверий, глубоко вошедшее в мифы, фольклор, мечты и даже, вероятно, в гены. Похоже, в каждом обществе есть истории о духах и демонах, способных по собственной воле входить в тело и покидать его.

Известно, что немало невинных людей подвергалось преследованиям, целью которых было изгнание демонов, будто бы завладевших их телами. Вероятно, они страдали от шизофрении, при которой страдальца часто мучают голоса, возникающие в сознании. Историки считают, что одна из салемских ведьм, повешенных в 1692 г. за одержимость, вероятно, страдала редким генетическим заболеванием, известным как болезнь Хантингтона, вызывающим неконтролируемое подергивание конечностей.

Сегодня некоторые утверждают, что им доводилось входить в трансоподобное состояние, при котором сознание покидает тело и может свободно путешествовать в пространстве и даже видеть собственное тело со стороны. Из 13 000 опрошенных европейцев 5,8 % заявили, что им случалось испытывать внетелесные переживания. Опросы людей в США показывают сходные результаты.

Нобелевский лауреат Роберт Фейнман, всегда с любопытством относившийся ко всему новому, однажды использовал камеру сенсорной

депривации, чтобы попытаться покинуть свое физическое тело. Ему это удалось. После эксперимента он написал, что чувствовал, что вышел из тела, поплыл в пространство и, посмотрев назад, увидел свое неподвижное тело. Позже, однако, Фейнман пришел к выводу, что внетелесное переживание, скорее всего, было рождено его воображением в результате сенсорной депривации.

У неврологов, изучавших это явление, есть более прозаическое объяснение. Доктору Олафу Бланке и его коллегам из Швейцарии удалось, судя по всему, определить точное место в мозгу, где возникают внетелесные переживания. Среди его пациентов была 43-летняя женщина, страдавшая от изнурительных приступов, начинавшихся в области правого виска. Чтобы определить, какой именно участок мозга виноват в приступах, на ее мозг поместили сетку из примерно ста электродов. При стимуляции области между теменной и височной долями мозга пациентка сразу же почувствовала, что покидает свое тело. «Я вижу себя лежащей в постели, вижу сверху, но только ноги и нижнюю часть туловища!» — воскликнула она. Она чувствовала, что плавает примерно в двух метрах над телом.

Однако, когда ток в электродах выключили, внетелесные ощущения мгновенно пропали. Более того, доктор Бланке обнаружил, что может по желанию включать и выключать внетелесные ощущения пациентки, стимулируя именно эту область мозга. Как мы показали в главе 9, эпилептическое расстройство височной доли может вызывать ощущение, что за каждой неудачей стоят злые духи, так что сама концепция духов, покидающих тело, возможно, органично входит в наше нервное устройство. (Возможно, этим объясняется и присутствие сверхъестественных существ. Когда доктор Бланке работал с 22-летней женщины, страдавшей от припадков непонятного происхождения, выяснилось, что стимуляция височно-затылочной области мозга порождает у пациентки ощущение призрачного присутствия позади нее. Она подробно описывала этого человека и чувствовала, что он даже хватал ее за руки. Появлялся он каждый раз в новом месте, но всегда был сзади.)

Я считаю, что человеческое сознание — это процесс непрерывного формирования мира с целью моделирования будущего и достижения цели. В частности, чтобы смоделировать свое положение в пространстве, мозг получает информацию от глаз и внутреннего уха. Однако, если сигналы от глаз и ушей противоречат друг другу, мы начинаем путаться; при этом мы нередко испытываем тошноту. Так, многие люди в качающейся лодке страдают от морской болезни, потому что глаза видят стенки каюты и сообщают мозгу, что находятся на одном месте, а внутреннее ухо

сигнализирует, что тело раскачивается. Несоответствие сигналов и вызывает тошноту. Чтобы побороть ее, нужно смотреть на горизонт — тогда зрительный сигнал станет соответствовать данным от внутреннего уха. (Надо сказать, что то же ощущение тошноты может появиться и в другом случае. Если смотреть на вращающийся шар с нарисованными на нем яркими вертикальными полосами, то кажется, что полосы перед глазами движутся горизонтально, и возникает ощущение, что сам ты движешься. Но внутреннее ухо говорит, что ты неподвижен. Из-за возникающего несоответствия через несколько минут у вас начнется морская болезнь, даже если вы при этом сидите в кресле.)

В сигналы, получаемые от глаз и внутреннего уха, можно внести электронные помехи на границе между височной и теменной долями мозга, и именно в них причина внетелесных переживаний. Если затронута эта область, мозг начинает путаться в своем пространственном положении. (Отметим, что временная потеря крови или кислорода, а также повышенное содержание двуокиси углерода в крови тоже может вызвать в височно-теменной области нарушения и породить внетелесные переживания; возможно, именно этим объясняется тот факт, что чаще всего подобные ощущения возникают при несчастных случаях и сердечных приступах, а также в чрезвычайных ситуациях и т. п.)

Околосмертные переживания

Но самые, должно быть, драматичные внетелесные переживания связаны с околосмертными впечатлениями тех, кто был объявлен мертвым, но таинственным образом пришел в себя. Известно, что от 6 до 12 % выживших после остановки сердца рассказывают об околосмертных переживаниях. Создается впечатление, что они обманули саму смерть. Рассказы таких людей звучат весьма драматично и очень похожи один на другой: они покинули свое тело и плыли к яркому свету в конце длинного туннеля.

Разумеется, средства массовой информации не могли не ухватиться за такие истории; они стали темой многочисленных бестселлеров и документальных телефильмов. Предложено множество теорий, объясняющих околосмертные переживания. При опросе с участием 2000 человек оказалось, что 42 % опрашиваемых верят, что подобный опыт является доказательством контакта с потусторонним миром — миром духов. (Некоторые считают, что организм перед смертью вырабатывает

эндорфины — природные наркотики. Этим можно объяснить эйфорию, которую чувствует в этот момент человек, но не туннель и не яркий свет.) Карл Саган даже рассуждал о том, что околосмертные переживания — это живые воспоминания о травме рождения. Тот факт, что все рассказы очень похожи, еще не означает, что все эти люди заглянули на тот свет; скорее, это указание на то, что в момент смерти в мозгу происходят очень серьезные явления.

Неврологи всерьез исследовали этот феномен и считают, что основной причиной его может быть уменьшение притока крови к мозгу, которым часто сопровождаются околосмертные состояния и которое возникает при обмороке. Доктор Томас Лемперт, невролог из берлинской клиники Кастл-Парк, провел серию экспериментов; пригласив 42 здоровых добровольцев, он заставил их падать в обморок в контролируемых лабораторных условиях. У 60 % испытуемых появились зрительные галлюцинации (к примеру, яркий свет и цветовые пятна); 47 % почувствовали, что входят в иной мир; 20 % рассказывали о встрече со сверхъестественным существом; 17 % видели яркий свет; 8 % — туннель. Ясно, что обморок вполне способен вызвать все те ощущения, которые характерны для околосмертных переживаний. Но как именно это происходит?

Загадка, почему обморок имитирует околосмертные переживания, может быть решена путем анализа опыта военных летчиков. ВВС США обратились к доктору Эдварду Ламперту с просьбой обследовать тех пилотов, которые теряли сознание при высоких перегрузках (т. е. во время резкого поворота или выхода из пике). Доктор Ламперт поместил пилотов в центрифугу в клинике Мейо в Рочестере (штат Миннесота), а затем разогнал до высоких значений ускорения свободного падения g. Кровь отливала от мозга, и летчики лишались сознания через 15 секунд при ускорении в несколько единиц g.

Он выяснил, что уже через 5 секунд приток крови к глазам пилотов уменьшался, и их периферийное зрение слабело, создавая образ длинного туннеля. Этим можно объяснить тот самый туннель, что так часто фигурирует в рассказах об околосмертном опыте. Если края поля зрения темнеют, вы видите перед собой только узкий туннель. А поскольку доктор Ламперт мог плавно регулировать скорость вращения центрифуги, он скоро обнаружил, что может держать пилотов в таком состоянии до бесконечности. Тем самым он доказал, что туннельное зрение вызывается уменьшением притока крови к периферии глаза.

Может ли сознание выйти из тела?

Некоторые ученые, исследовавшие околосмертные и внетелесные переживания, убеждены, что то и другое — всего лишь побочный продукт деятельности мозга в стрессовых ситуациях, когда связи в нем нарушаются. Однако есть ученые, которые считают, что когда-нибудь, когда техника получит достаточное развитие, наше сознание научится по-настоящему покидать тело. Уже предложено несколько спорных методов.

Пионером одного из таких методов стал футурист и изобретатель доктор Рэй Курцвайль. Он считает, что когда-нибудь мы научимся загружать сознание в суперкомпьютер. Однажды мы с ним выступали на конференции, и он рассказал мне, что «заболел» компьютерами и искусственным интеллектом в пять лет — в то время родители часто покупали ему разные механические устройства и игрушки. Он обожал возиться со всеми этими штучками и уже ребенком твердо знал, что станет изобретателем. В МТИ он получил докторскую степень под руководством доктора Марвина Мински — одного из основателей Лаборатории искусственного интеллекта, а после этого плотно занимался вопросами применения технологии распознавания образов к музыкальным инструментам и устройствам автоматического чтения текста. Занимаясь исследованием искусственного интеллекта в этих областях, он создал целую сеть компаний (свою первую компанию он продал, когда ему было 20 лет). Его оптическая читалка, способная распознавать текст и переводить его в членораздельную речь, позиционировалась как незаменимый помощник для слепого, Уолтер Кронкайт даже упомянул ее как-то в вечерних новостях.

Чтобы стать успешным изобретателем, рассказал он мне, ты всегда должен быть на переднем крае науки, должен предвидеть изменения, а не реагировать на них. И правда, доктор Курцвайль обожает предсказывать, и многие его прогнозы отражают экспоненциальный рост цифровых технологий. Вот некоторые из его пророчеств:

• К 2019 г. обычный персональный компьютер за $1000 сравняется по вычислительной мощности с человеческим мозгом — 20 × 1015 операций в секунду. (Это число получено перемножением 100 млрд нейронов мозга, 1000 связей у каждого нейрона и 200 операций в секунду на каждую связь).

• К 2029 г. компьютер за $1000 будет в тысячу раз мощнее человеческого мозга; обратная разработка человеческого мозга будет успешно завершена.

• К 2055 г. за $1000 можно будет купить вычислительные мощности, равные суммарной мощности мозга всех людей на планете. (Он добавляет скромно: «Я могу, конечно, ошибаться на год-два».)

Особенно важным доктор Курцвайль считает 2045 г., когда, по его мнению, наступит пресловутая «сингулярность». Он уверен, что к этому моменту машины превзойдут человека по интеллекту и даже успеют создать следующее, еще более умное, поколение роботов. Этот процесс может продолжаться бесконечно, и значит, уверен доктор Курцвайль, бесконечно будет расти и мощь машин. В этом сценарии нам нужно будет либо слиться с нашими созданиями, либо уступить им дорогу. (Хотя эти даты еще не скоро, он сказал мне, что рассчитывает дожить до дня, когда человек наконец станет бессмертным, т. е. он хочет прожить достаточно долго, чтобы жить вечно.)

Из закона Мура мы знаем, что в определенный момент уже невозможно будет увеличивать мощность компьютеров путем уменьшения размеров транзисторов. По мнению Курцвайля, в дальнейшем повышать мощность можно будет только за счет увеличения общих размеров компьютера. А значит, роботам, мечтающим стать еще умнее, придется поглощать полезные ископаемые в огромных количествах. Когда же вся планета превратится в громадный компьютер, роботы в поисках дальнейших источников увеличения мощности вынуждены будут выйти в открытый космос. Со временем они начнут поглощать энергию целых звезд.

Я однажды спросил Курцвайля, не изменит ли космический рост компьютеров сам космос. Изменит, ответил он. Он рассказал, что иногда смотрит в ночное небо и гадает, не могли ли разумные существа на какой-то далекой планете уже дойти до точки сингулярности, и если это так, то не могли ли они оставить какую-нибудь отметку на звездах, такую, что ее можно различить невооруженным глазом.

Единственным ограничением, сказал он мне, является скорость света. Если машинам не удастся преодолеть световой барьер, то экспоненциальный рост мощности будет остановлен. Когда это произойдет, говорит Курцвайль, не исключено, что машины изменят законы природы.

Понятно, что всякий, кто делает предсказания такой точности и масштаба, напрашивается на критику, точно так же, как молниеотвод во время грозы притягивает молнии, но Курцвайля это, судя по всему, совершенно не пугает. Окружающие могут придираться к его пророчествам — ведь некоторые названные им сроки уже миновали, — но самого его волнует в первую очередь продвижение идей, предсказывающих

экспоненциальный рост технических возможностей. Справедливости ради, большинство специалистов по искусственному интеллекту, с которыми мне довелось разговаривать, сходятся в том, что в будущем нас действительно ждет какая-то форма сингулярности, но резко расходятся в вопросе о том, когда и каким образом она может произойти. Так, один из основателей Microsoft Билл Гейтс считает, что никто из живущих сегодня не доживет до дня, когда компьютеры достаточно поумнеют, чтобы с успехом выдавать себя за людей. Кевин Келли, редактор *Wired,* сказал: «Те, кто предсказывает очень утопическое будущее, всегда говорят, что произойдет предсказанное еще при их жизни».

В самом деле, одна из многочисленных целей Курцвайля — вернуть к жизни отца. Или, скорее, он хочет создать реалистичную его модель. Для этого существует несколько потенциальных возможностей, но все они пока очень спекулятивны.

Курцвайль считает, что можно было бы получить ДНК отца (из его останков, от родственников или оставшихся после него органических материалов). Примерно в 23 000 генов ДНК содержится полный чертеж «сборки» индивидуума, так из ДНК можно было бы вырастить клона.

Это в общем-то вполне реально. Я когда-то спросил у доктора Роберта Ланца из компании Advanced Cell Technology, как ему удалось «вернуть к жизни» умершее существо и попутно войти в историю. Он рассказал мне, что зоопарк Сан-Диего попросил его клонировать бантенга — исчезающий вид дикого быка, умершего около 25 лет назад. Самым сложным оказалось извлечь пригодную для клонирования клетку. Однако это ему удалось, и клетка была экспресс-почтой переправлена на ферму: там ее имплантировали в матку коровы, которая и родила это животное. Конечно, ни одного примата, не говоря уже о людях, еще не клонировали, но Ланца считает, что это чисто техническая проблема и клонирование человека — вопрос времени.

Но следует отметить, что это решение — самое простое. Генетически клон эквивалентен оригиналу, но воспоминания таким образом не передаются. В принципе, в мозг можно было бы загрузить искусственные воспоминания, воспользовавшись одним из инновационных методов, описанных в главе 5 (посредством введения электродов в гиппокамп или создания искусственного гиппокампа), но ведь отец Курцвайля давно умер и сделать соответствующие записи с оригинала невозможно. Лучшее, что можно сделать, — это собрать то, что известно об этом человеке (поговорить с теми, кто его знал, получить сведения о его финансовых делах и т. п.), и ввести все это в программу.

Более практичным способом внедрения личности и воспоминаний человека было бы собрать в один большой файл всю информацию об этом человеке, его привычках и жизни. Вы знаете, что сегодня в памяти компьютеров хранятся все материалы электронной почты, операции по кредитным картам, записи, расписания, электронные дневники и жизненные истории. Если собрать все это в единый файл, получится замечательно точный и полный портрет человека. Это и будет ваша «цифровая подпись» — все, что о вас известно. И рассказ получится замечательно точным и интимным: из него можно будет узнать, какие вина вы любите, как проводите отпуск и свободное время, каким мылом пользуетесь, кто ваш любимый певец и т. д.

Кроме того, путем опроса можно будет получить приблизительную картину личности отца Курцвайля. Его друзей, родственников и знакомых можно попросить ответить на десятки вопросов: был ли он стеснителен, любопытен, честен, отдавал ли все силы работе и т. п. Каждое качество нужно будет оценить по десятибалльной системе (где 10 будет означать абсолютную честность, например). Получится строка из сотен чисел, где каждое число характеризует конкретное свойство личности. После получения результатов специальная компьютерная программа возьмет их и просчитает, как этот человек повел бы себя в той или иной ситуации. Возьмем гипотетическую ситуацию, в которой человек произносит речь, а в аудитории попадается особенно противный критикан. Проанализировав собранные данные, программа ответит, какой из нескольких возможных вариантов поведения выбрал бы выступающий (он может не обращать на критику внимания, может отвечать в том же духе или даже вступить в перебранку). Иными словами, исходная личность сводится к длинной строчке чисел в диапазоне от 1 до 10, при помощи которых компьютер может предсказать, как этот человек повел бы себя в любой ситуации, в том числе и неизвестной ему ранее.

Результатом такой работы могла бы стать длиннющая компьютерная программа, которая реагировала бы на новые ситуации приблизительно так же, как отреагировал бы на них человек, личность которого послужила прототипом; при этом она использовала бы привычные для него словесные выражения, шутки и прибаутки, извлеченные из его памяти.

Еще одна возможность заключается в том, чтобы отказаться от биологического клонирования и просто построить робота, внешне напоминающего нужного человека. А загрузить готовую программу в механическое устройство, которое выглядит, как вы, говорит, как вы, и очень похоже двигается, можно без труда. Да и добавить в лексикон робота

ваши любимые словечки («Ну…», «Вы знаете…» и т. п.) совсем нетрудно.

Разумеется, сегодня вы сразу заметили бы, что это робот, а не человек. Однако со временем технологии будут развиваться, и копия будет все больше походить на оригинал; со временем она, возможно, станет так хороша, что сможет кого-то обмануть.

Возникает, правда, философский вопрос: действительно ли эта «личность» полностью повторяет оригинал? Оригинал-то мертв, так что клон или робот, строго говоря, является самозванцем. Магнитофон тоже может воспроизвести наш вчерашний разговор с абсолютной точностью, но ведь магнитофон — это не человек! Может ли клон или робот, способный вести себя в точности так же, как оригинал, быть ему достойной заменой?

Бессмертие

Все перечисленные методы подвергались суровой критике за то, что в результате вы получаете не реалистичную копию с подлинной личностью и воспоминаниями, а модель. Более аутентичный способ переноса сознания в компьютер предлагает проект Connectome, который мы обсуждали в предыдущей главе и в котором предполагается точно воспроизвести, нейрон за нейроном, все клеточные структуры и связи конкретного мозга. В этой структуре уже содержатся все ваши воспоминания и особенности личности.

Доктор Себастьян Сеунг из проекта Connectome отмечает, что некоторые люди платят по $100 000 и больше за то, чтобы их мозг после смерти заморозили в жидком азоте. Известно, что некоторые животные, к примеру лягушки и рыбы, могут намертво вмерзать в лед зимой и оттаивать летом без вреда для здоровья. Дело в том, что в качестве антифриза они используют глюкозу, благодаря чему меняется точка замерзания воды в крови этих животных и кровь остается жидкой, хотя животное при этом полностью сковано льдом. Однако для человеческого тела такая высокая концентрация глюкозы, вероятно, стала бы фатальной. А заморозка мозга в жидком азоте вообще имеет сомнительный смысл, поскольку формирующиеся кристаллы льда будут протыкать клеточные стенки изнутри (кроме того, при смерти клеток мозга ионы кальция врываются в них и заставляют клетки расширяться, пока те не лопнут). Так или иначе, но клетки мозга, скорее всего, не переживут замораживания.

Вместо того чтобы замораживать тело и подвергать клетки опасности разрушения, для бессмертия надежнее было бы составить полный

коннектом — описание структуры связей в нервной системе организма. Тогда ваш доктор мог бы хранить эту запись на жестком диске. По существу, на этом диске будет ваша душа, переведенная в информационную форму. Затем, в какой-то момент в будущем, кто-то сможет воскресить вас — загрузить эти сведения в клон или робота и вернуть вас к жизни.

Мы уже упоминали, что проект Connectome пока очень далек от завершения, т. е. от возможности записать все нервные связи человека. Но доктор Сеунг говорит: «Стоит ли смеяться над современными искателями бессмертия и называть их глупцами? Не будут ли они когда-нибудь смеяться над нашими могилами?»

Психическое расстройство и бессмертие

Однако у бессмертия тоже могут быть недостатки. Пока ученые пробуют построить электронный мозг, содержащий только связи между корой и таламусом. Может оказаться, что мозг, построенный способом обратной разработки вне тела, будет страдать от сенсорной изоляции; может быть, у него даже появятся признаки психического заболевания, как они проявляются у осужденных в одиночном заключении. Может быть, ценой создания бессмертной копии мозга станет безумие.

Если испытуемого поместить в звукоизолированную камеру и лишить всякой связи с внешним миром, то рано или поздно у него возникнут галлюцинации. В 2008 г. BBC-TV выпустило научно-популярную программу *Total Isolation,* в которой зрители имели возможность наблюдать за шестью добровольцами, запертыми в ядерном бункере в одиночестве и в полной темноте. Всего через два дня трое из шести начали видеть и слышать странные вещи — упоминались змеи, автомобили, зебры и устрицы. Позже, после их выхода из заточения, врачи обнаружили у всех добровольцев психические нарушения. У одного из них на 36 % ухудшилась память. Можно с уверенностью предположить, что через несколько недель или месяцев такой изоляции большинство испытуемых сошло бы с ума.

Не исключено, что для поддержания душевного здоровья искусственной копии мозга необходимо будет подключить его к сенсорам, получающим сигналы из окружающей среды, чтобы мозг мог видеть и чувствовать внешний мир. Но затем возникнет другая проблема: он может показаться сам себе гротескным уродцем, подопытной морской свинкой, отданной на милость научного эксперимента. Этот мозг обладает теми же

воспоминаниями и той же личностью, что и исходный оригинал, поэтому нуждается в человеческих контактах. Но сам он, скрытый в глубинах памяти какого-нибудь суперкомпьютера, в жутких джунглях проводов и электродов, любому человеку покажется отталкивающим. Общение на равных будет невозможно, и друзья от него отвернутся.

Принцип пещерного человека

В этот момент на сцену выходит то, что я называю принципом пещерного человека. Почему так много разумных предсказаний не сбывается? И почему человек может не захотеть жить вечно внутри компьютера?

Принцип пещерного человека состоит в следующем: выбирая между высокими технологиями и человеческим, эмоциональным подходом, мы всегда выбираем человеческое. К примеру, если предложить человеку на выбор билет на концерт любимого исполнителя или диск с его же студийными записями, что он выберет? Или, выбирая между экскурсией в Тадж-Махал и красивой фотографией того же мавзолея, что мы предпочтем? Более чем вероятно, живой концерт и поездку.

Дело в том, что мы унаследовали сознание своих обезьяноподобных предков. Некоторые черты, лежащие в основе человеческой личности, не менялись, вероятно, последние 100 000 лет — с тех самых пор, когда в Африке появились первые современные люди. Значительная часть нашего сознания думает только о том, чтобы хорошо выглядеть в глазах окружающих, и старается произвести впечатление на друзей и представителей противоположного пола. Это прочно зашито в нашем мозгу.

Так что, скорее всего, человечество, учитывая, что в основе его обезьяноподобное сознание, согласится смешиваться с компьютерами лишь при том условии, что техника повысит наши физические возможности, но не заменит полностью наше сегодняшнее тело.

Принцип пещерного человека объясняет, вероятно, почему не сбываются некоторые вполне разумные вроде бы предсказания о ближайшем будущем, такие как «безбумажный офис». Предполагалось, что компьютеры изгонят из офиса бумажные документы, но, как ни смешно, их количество только увеличилось. Дело в том, что все мы происходим от древних охотников, которым нужно вещественное доказательство успеха охоты (т. е. мы доверяем конкретным вещам и документам, а не

абстрактным электронам, которые пляшут на экране компьютера и пропадают куда-то, когда компьютер выключается). Точно так же будет с предсказанным «безлюдным городом», где люди вместо настоящих встреч будут видеться лишь в виртуальной реальности. Это предсказание никогда не сбудется. В город на работу каждый день приезжает все больше народу. Почему? Потому что мы общественные животные и любим общаться между собой. Видеоконференции, конечно, удобны, но они не позволяют участникам получить весь спектр тонкой информации, сообщаемой языком тела. Может быть, начальник хочет вытянуть из подчиненных сведения о каких-то проблемах и поэтому предпочитает видеть, как они ежатся и потеют, отвечая на его вопросы. Это можно проделать только при личном контакте.

Пещерный человек и нейробиология

В детстве я прочел трилогию Айзека Азимова «Основание», и она произвела на меня глубокое впечатление. С одной стороны, она заставила меня задуматься над простым вопросом: на что будет похожа техника через 50 000 лет, когда возникнет галактическая империя? Читая, я не мог не думать о том, почему люди в романах думают и действуют в точности так же, как сегодня? Я думал, что через 50 000 лет люди наверняка обзаведутся полумеханическими телами со сверхъестественными возможностями. По идее, там должно быть сказано, что люди тысячи лет назад отказались от своих хилых тел.

Тогда мне пришли в голову два ответа. Во-первых, Азимов хотел привлечь к своим книгам молодых читателей, а потому должен был создавать героев, с которыми молодежь могла бы себя идентифицировать (во всех отношениях, включая и недостатки). Во-вторых, люди в будущем, наверное, будут иметь возможность получить сверхмощное тело, но предпочтут бóльшую часть времени выглядеть нормально. Это потому, что человеческое сознание не изменилось с тех времен, когда люди вышли из леса, и их внешний вид и жизненные стремления по-прежнему определяются мнением приятелей-ровесников и особ противоположного пола.

Поэтому давайте применим принцип пещерного человека к нейробиологии будущего. По минимуму это означает, что всякое изменение базового человеческого облика должно будет быть почти незаметным. Мы не хотим выглядеть как беглецы из какого-то фантастического фильма,

чтобы на голове у нас болтались электроды. Мозговые импланты, призванные улучшить память или повысить интеллект, будут приняты обществом только в том случае, если нанотехнологии помогут изготовить микроскопические сенсоры и зонды, невидимые невооруженным взглядом. В будущем, вероятно, можно будет использовать нановолокна, изготовленные из углеродных нанотрубок со стенками толщиной в одну молекулу, — такие тонкие, что можно будет с хирургической точностью обеспечить контакт с отдельными нейронами, не изменив при этом внешность, но улучшив ментальные возможности.

Кроме того, если нам нужно будет подключиться к суперкомпьютеру и загрузить в него информацию, то мы, естественно, не захотим каждый раз для этого втыкать кабель в разъем, вживленный в спинной мозг, как в фильме «Матрица». Нам нужна будет беспроводная связь и мысленное подключение, чтобы каждый мог получить доступ к серьезным вычислительным мощностям, просто найдя мысленно ближайший сервер.

Сегодня у нас есть кохлеарные импланты и искусственная сетчатка, способные подарить пациентам слух или зрение, но в будущем наши чувства будут усилены при помощи нанотехнологий; сами же мы при этом сохраним в основном человеческую форму. Так, у каждого появится возможность при желании усилить мышцы посредством генной модификации или экзоскелета. Не исключено, что появятся магазины запчастей к человеческому телу, где можно будет заказывать нужные части по мере износа старых, но само тело при всех физических улучшениях сохранит человеческую форму — мы не захотим от нее отказаться.

Еще один вариант использования самых продвинутых технологий с учетом принципа пещерного человека состоит в том, чтобы ими можно было пользоваться как опцией, время от времени, а не постоянно. В этом сценарии человек может сегодня захотеть приобрести какие-то новые свойства, а завтра — пожелать от них отказаться. Ученый может подстегнуть свой интеллект для решения какой-то особенно хитрой задачи, а потом снять шлем или вынуть импланты и вернуться к повседневным делам. В этом случае нам не придется объяснять друзьям перемены и стесняться своих новых свойств. Главное, чтобы никто никого не принуждал пользоваться всем этим. И тогда вряд ли кто-то откажется воспользоваться плодами технического прогресса, ведь для этого не придется выглядеть глупо.

Так что в грядущем наши тела, скорее всего, будут примерно такими же, как и сегодня, разве что станут более совершенными и получат новые возможности. От обезьяноподобных предков мы унаследовали сознание, в

котором доминируют древние страсти и желания.

Но как же бессмертие? Мы уже обсуждали, что полная копия мозга, обладающая всеми личными особенностями оригинала (и построенная методами обратной разработки), будучи помещенной в компьютер, со временем сойдет с ума. Более того, если этот мозг соединить с внешними сенсорами, чтобы он мог получать ощущения из окружающей среды, может получиться гротескное чудовище. Один из вариантов частичного решения проблемы состоит в сопряжении копии мозга с экзоскелетом. Тогда он сыграет роль суррогата, а мозг сможет наслаждаться тактильными и визуальными ощущениями и не выглядеть при этом гротескно. Когда-нибудь экзоскелет перейдет на беспроводную связь и будет вести себя, как человек, действуя под управлением копии мозга, «живущей» в компьютере.

Такой суррогат обладал бы лучшими качествами обоих миров. Как экзоскелет он был бы совершенен и обладал сверхвозможностями. Беспроводная связь с копией мозга в большом компьютере означала бы практически бессмертие. И наконец, поскольку он чувствовал бы окружающий мир и внешне был очень похож на человека, то не испытывал бы особых сложностей в общении с людьми (многие из которых тоже, вероятно, прибегли бы к подобной процедуре). Так что истинный коннектом обитал бы в стационарном суперкомпьютере, но его сознание проявлялось бы через совершенное, мобильное суррогатное тело.

Конечно, для этого необходим технологический уровень, намного превосходящий все достижимое на сегодняшний день. Однако стремительность технического прогресса позволяет надеяться, что к концу столетия все описанное может воплотиться в реальность.

Постепенный перенос

В настоящий момент процесс обратной разработки предполагает полный перенос информации из мозга в копию, нейрон за нейроном. Мозг при этом приходится разрезать на тончайшие ломтики, так как МРТ-сканирование пока не дает достаточного разрешения и не позволяет увидеть нейронную архитектуру живого мозга. И до тех пор, пока мы не научимся это делать, у этого метода будет очевидный недостаток: для получения копии мозга оригинал должен умереть. А поскольку после смерти мозг дегенерирует очень быстро, меры по его сохранению следует принимать немедленно, а это очень сложно.

Но есть, возможно, способ достичь бессмертия, предварительно не

умирая. Эту идею первым выдвинул доктор Ханс Моравек, бывший директор Лаборатории искусственного интеллекта при Университете Карнеги — Меллона. В ходе интервью он рассказал мне, что предвидит отдаленное будущее, когда мы научимся строить обратной разработкой копии мозга с конкретной целью: перенести сознание в бессмертное роботизированное тело, пока оригинал еще в сознании. Вообще, если можно будет восстановить обратной разработкой полную схему мозга, нейрон за нейроном, то почему не построить копию этого мозга на транзисторах, воспроизведя в точности мыслительные процессы? Тогда не нужно будет умирать, чтобы жить вечно, и можно будет сохранять сознание в процессе переноса.

Он рассказал, что процесс этот будет проходить в несколько этапов. Во-первых, вам нужно будет лечь на кушетку рядом с безмозглым роботом. Далее робот-хирург будет извлекать из вашего мозга нейроны по несколько штук за раз и тут же дублировать их транзисторами в роботе. При этом ваш мозг будет соединен проводами с транзисторами в пустой голове робота. После дублирования нейроны можно будет выкидывать, подключая вместо них соответствующий транзисторный контур. Мозг, соединенный с этим контуром проводами, продолжит нормально функционировать, и на протяжении всей операции вы будете находиться в сознании. Постепенно все больше нейронов вашего мозга будет заменяться транзисторами в голове робота. К середине операции половина вашего черепа опустеет, а вторая половина будет соединена с большим набором транзисторов в голове робота. В конце концов все нейроны будут извлечены, а в голове робота появится точная копия вашего первоначального мозга, нейрон за нейроном.

А по окончании процедуры вы встанете с кушетки и обнаружите, что ваше тело совершенно. Вы хороши собой и красивы сверх всяких ожиданий, обладаете нечеловеческой силой и другими сверхспособностями. Но этого мало: вы еще и бессмертны. Вы оглядываетесь и видите свое старое тело — лишенную сознания дряхлую оболочку.

Такая технология, конечно, дело далекого будущего. Мы сегодня не в состоянии скопировать методом обратной разработки человеческий мозг, не говоря уже о том, чтобы изготовить его точную копию на транзисторах. (Одно из основных возражений, кстати говоря, заключается в том, что электронная копия мозга может и не поместиться в череп. На данный момент, при современном размере электронных компонент, транзисторный мозг получился бы, наверное, размером с хороший суперкомпьютер. В этом

смысле предложение Моравека, по существу, сближается с предыдущим, где копия мозга записывается в гигантский суперкомпьютер, а тот уже управляет суррогатом. Но большое преимущество этого подхода заключается в том, что для изготовления копии не обязательно умирать; предполагается, что на протяжении всей операции вы будете в полном сознании.)

Голова идет кругом от перспектив. Судя по всему, ни одна из рассмотренных возможностей не противоречит законам природы, но технические препятствия на пути к ним поистине громадны. Любые предложения о загрузке личности в компьютер требуют технологического уровня, далеко отстоящего от сегодняшнего дня.

Но существует еще один, последний вариант, при котором для достижения бессмертия вообще не нужно никакой обратной разработки и копирования мозга, а нужен лишь микроскопический нанобот, способный манипулировать отдельными атомами. Так почему бы не жить вечно в собственном природном теле, «настраивая» его время от времени на бессмертие?

Что такое старение?

Этот подход основан на результатах новейших исследований процесса старения. Долгое время биологи никак не могли договориться о том, что вызывает процесс старения. Но в последнее десятилетие появилась новая теория, которая постепенно завоевала признание и объединила многие направления геронтологических исследований. В основе своей старение — это накопление ошибок на генетическом и клеточном уровне. По мере старения клетки в ее ДНК начинают накапливаться ошибки, а в ней самой — разный клеточный мусор, что делает клетку вялой. В работе клеток постепенно появляются нарушения, кожа начинает обвисать, кости становятся хрупкими, волосы выпадают, а иммунная система портится. В конце концов мы умираем.

В клетках имеются и механизмы исправления ошибок. Со временем, однако, они тоже начинают отказывать, и старение ускоряется. Поэтому цель — усилить естественные механизмы ремонта, что можно сделать при помощи генной терапии и создания новых ферментов. Но существует и другой способ: использование наноботов-сборщиков.

Один из краеугольных камней этой футуристической технологии — так называемые наноботы, или атомные машины, которые должны

патрулировать кровоток, расправляться с раковыми клетками, чинить повреждения, причиненные старением, и вообще поддерживать молодость и здоровье организма. Природа и сама создала некоторое количество наноботов в форме иммунных клеток, которые движутся в крови и патрулируют тело. Но действие иммунных клеток направлено на борьбу с вирусами и посторонними телами, а не с процессом старения.

Бессмертие вполне достижимо, если наноботы смогут исправлять нарушения, возникающие в процессе старения на молекулярном и клеточном уровне. В этой версии наноботы действуют подобно иммунным клеткам и представляют собой крохотную полицию, патрулирующую кровоток. Они атакуют любые раковые клетки, нейтрализуют вирусы и устраняют мусор и мутации. Если это удастся реализовать, человек сможет стать бессмертным в собственном теле, а не в виде робота или клона.

Наноботы — реальность или фантастика?

Моя личная философия состоит в том, что если нечто не противоречит законам природы, то его создание — вопрос техники и экономики. Конечно, инженерные и экономические проблемы могут быть огромны, что сделает создание этого «нечто» на данный момент непрактичным, но оно все же возможно.

На поверхностный взгляд нанобот прост: это атомная машина с манипуляторами, которая хватает молекулы, разрезает их в заданных точках, а затем сшивает в других. Таким образом, разрезая и склеивая атомы, нанобот может создать почти любую известную молекулу; так фокусник извлекает кролика из шляпы. Кроме того, он может самовоспроизводиться, поэтому достаточно построить всего один нанобот. После этого он возьмет нужное сырье, переварит его и построит миллионы новых наноботов. Таким образом, вероятно, можно запустить вторую промышленную революцию, поскольку стоимость создания новых наноботов при этом резко упадет. Когда-нибудь, возможно, в каждой семье появится свой агрегат молекулярной сборки, которому можно будет заказать любую вещь.

Но ключевой вопрос заключается в следующем: не противоречат ли наноботы законам природы? В 2001 г. два мечтателя чуть не подрались из-за ответа на этот принципиальный вопрос. На кону было ни много ни мало представление о будущем технического прогресса. Одну сторону держал покойный Ричард Смолли, нобелевский лауреат по химии и скептик в

отношении наноботов. Другую — Эрик Дрекслер, один из отцов-основателей нанотехнологий. Их титаническое сражение с переменным успехом проходило на страницах нескольких научных журналов с 2001 по 2003 г.

Смолли утверждал, что на атомном уровне на сцену выходят новые квантовые силы, которые делают создание наноботов невозможным. Дрекслер и другие, говорил он, ошибаются в том, что нанобот с его «кусачками» и «руками» сможет работать на атомном уровне. Там появляются новые силы (к примеру, эффект Казимира), заставляющие атомы притягивать или отталкивать друг друга. Он назвал это проблемой «липких толстых пальцев», имея в виду, что «пальцы» нанобота не будут похожи на тонкие изящные пинцеты и щипчики. Квантовые силы будут постоянно мешать, и любое действие будет напоминать попытку сварить металл в перчатках толщиной в несколько десятков сантиметров. Более того, всякий раз при попытке сварить два куска металла они будут либо отталкиваться, либо липнуть к вам, и невозможно будет ухватить хотя бы один как следует.

На это Дрекслер ответил утверждением, что наноботы — вовсе не научная фантастика; они на самом деле существуют. Представьте себе рибосомы в клетках нашего тела. Они необходимы для создания и сваривания молекул ДНК. Они способны резать и сшивать их в нужных точках, что делает возможным создание новых нитей ДНК.

Но Смолли этим не удовлетворился и заявил, что рибосомы — не универсальные машины, способные резать и склеивать все что угодно; они работают только с молекулами ДНК. Более того, рибосомы — это органические химические вещества, которым для ускорения реакции необходимы ферменты и которые способны работать только в водной среде. Транзисторы же сделаны из кремния, а не из воды, так что ферменты там работать не будут, заключил он. Дрекслер, в свою очередь, напомнил, что катализаторы способны работать и без воды. Этот обмен аргументами повторялся несколько раз. В конце дискуссии обе стороны, подобно призовым бойцам, выглядели вконец измотанными. Дрекслер вынужден был признать, что аналогия с рабочими, которые что-то режут и сваривают, слишком упрощена и что квантовые силы действительно иногда будут вмешиваться в процесс. Но и Смолли вынужден был согласиться с тем, что не в силах отправить противника в нокаут. Природа нашла по крайней мере один способ обойти проблему «липких толстых пальцев» (в случае с рибосомами); возможно, существуют и другие, пока неизвестные.

Несмотря на все дебаты, Рэй Курцвайль убежден, что наноботы —

какими бы ни были их «пальцы» — когда-нибудь смогут формировать не только молекулы, но и все общество. Он так подвел итог: «Я не собираюсь умирать… Я вижу в этом, в конечном счете, пробуждение целой вселенной. Мне кажется, что сейчас эта вселенная сделана, в основном, из тупой материи и энергии, и я считаю, что она проснется. Но если она превратится в благородно-разумную материю и энергию, я надеюсь в этом участвовать».

Какими бы фантастическими ни казались эти рассуждения, на самом деле это всего лишь начало. Не исключено, что когда-нибудь сознание освободится не только от своего материального тела, но и получит возможность исследовать Вселенную в качестве чисто энергетического существа. Идея о том, что когда-нибудь сознание сможет свободно путешествовать среди звезд, — вечная мечта. Каким бы невероятным это ни казалось, не стоит забывать, что такое решение не противоречит законам природы.

13. Разум как чистая энергия

Идею о том, что когда-нибудь разум может распространиться по всей Вселенной, физики рассматривают серьезно. Сэр Мартин Риз, королевский астроном Великобритании, написал: «Кротовые норы, дополнительные измерения и квантовые компьютеры открывают перед нами гипотетические сценарии, способные со временем превратить всю нашу Вселенную в «живой космос»!»

Но сможет ли разум когда-нибудь освободиться от материального тела, чтобы постичь всю Вселенную? Именно эта тема исследовалась в научно-фантастическом рассказе Айзека Азимова «Последний вопрос». (Сам Азимов говорил, что это самый любимый из написанных им рассказов.) По сюжету когда-то в будущем, через миллиарды лет, люди поместили свои физические тела в коконы на какой-то незаметной планете и освободили свой разум для управления чистой энергией всей Галактики. Они тоже воспользовались суррогатами, но это не роботы из стали и силикона, а существа из чистой энергии, способные без труда посещать самые отдаленные уголки Вселенной, пролетая мимо взрывающихся звезд, сталкивающихся галактик и других чудес. Но какого бы могущества ни достигало человечество, оно по-прежнему беспомощно перед конечной тепловой смертью Вселенной. В отчаянии человечество строит суперкомпьютер, который ответил бы на последний вопрос: можно ли избежать тепловой смерти Вселенной? Этот компьютер настолько сложен, что даже размещать его приходится в гиперпространстве. Тем не менее он отвечает просто, что информации для ответа недостаточно.

Еще через несколько эпох звезды начинают гаснуть, жизнь во Вселенной еле теплится. Вот тут-то суперкомпьютер находит наконец способ остановить гибель Вселенной. Он собирает по всей Вселенной погасшие звезды, делает из них гигантский космический шар и поджигает. Шар взрывается, и компьютер объявляет: «Да будет свет!»

И стал свет.

Получается, что человечество, освободившееся от своих физических тел, способно сыграть роль Бога и создать новую Вселенную.

На первый взгляд, описанные Азимовым фантастические существа из чистой энергии, свободно путешествующие по Вселенной, представляются невозможными. Мы привыкли думать о людях как о существах из плоти и крови, которые подчиняются законам физики и биологии, живут и дышат

на Земле и связаны тяготением нашей планеты. Концепция существа, представляющего собой наделенный сознанием сгусток энергии, способного свободно летать по Галактике и не связанного, в отличие от материальных тел, никакими ограничениями, кажется нам странной.

Тем не менее мечта об исследовании Вселенной, пребывая в чисто энергетической форме, ничем не противоречит законам природы. Представьте себе самую понятную форму чистой энергии — лазерный луч, способный нести громадное количество информации. Сегодня лазерный луч переносит по оптико-волоконным кабелям триллионы сигналов в виде телефонных звонков, информационных пакетов, видео— и почтовых сообщений, и никого это не удивляет. Когда-нибудь — возможно, в следующем столетии — мы научимся передавать сознание человека в виде его полного коннектома по мощному лазерному лучу в любой уголок Солнечной системы. Еще лет через сто мы, может быть, научимся отправлять наши коннектомы по световому лучу к звездам.

(Такое возможно благодаря тому, что лазерный луч имеет микроскопическую длину волны, измеряемую в миллионных долях метра. Это означает, что в его волновую структуру можно закачать огромное количество информации. Представьте себе азбуку Морзе. Ее точки и тире можно без труда наложить на волновую структуру лазерного луча. Еще больше информации можно упаковать в луч рентгеновского излучения, длина волны которого меньше размеров атома.)

Один из способов исследования Галактики в обход строгих ограничений, связанных с живой плотью и вообще с материей, состоит в том, чтобы загрузить коннектом в лазерный луч и направить его на Луну, планеты или даже на звезды. Учитывая ударные планы исследования нервных связей мозга, можно предположить, что полный коннектом человека будет получен к концу этого столетия, а коннектом, пригодный для передачи по лазерному лучу, — в следующем.

Лазерный луч, о котором идет речь, будет содержать всю информацию, необходимую для сборки разумного существа с нуля. Хотя на путешествие могут уйти годы, а то и столетия, с точки зрения человека, личность которого зашифрована в лазерном луче, перенос будет мгновенным. Сознание будет, по существу, заморожено в луче, и перенос на другой конец Галактики произойдет для него в мгновение ока.

Таким образом мы избежим всех неудобств, связанных с межпланетными и межзвездными путешествиями. Во-первых, не нужно будет строить колоссальных ракет; достаточно просто включить лазер. Во-вторых, ваше тело не будет испытывать перегрузок при ускорении; вместо

этого вы как нематериальный объект мгновенно разгонитесь до скорости света. В-третьих, вам не будут грозить опасности открытого космоса (метеоры и смертельно опасное космическое излучение): астероиды и излучение будут свободно пролетать сквозь вас, не причиняя вреда. В-четвертых, вам не придется замораживать тело, чтобы проспать скучные годы путешествия в традиционной ракете; вы просто пронесетесь по космосу на максимально возможной в природе скорости и не заметите этого.

В месте назначения вас должна будет встретить приемная станция, способная перенести информацию из лазерного луча в компьютер, который вернет разумное существо к жизни. Код, записанный когда-то в структуру лазерного луча, теперь возьмет на себя контроль над компьютером и изменит его программу. Коннектом заставит компьютер начать моделирование будущего для достижения своих целей (т. е. осознает себя).

Сознание, проснувшееся внутри компьютера, направит беспроводной сигнал роботизированному суррогатному телу, которое ожидало прибывшего в месте назначения. Таким образом, мы внезапно «проснемся» на далекой планете или звезде, как будто перенос прошел в мгновение ока, в роботизированном теле нашего суррогата. При этом все сложные вычисления производятся в большом стационарном компьютере, управляющем движениями суррогата, а сами мы даже не замечаем космического переноса со всеми его опасностями; для нас как будто ничего не произошло.

А теперь представьте обширную сеть таких станций, раскиданных по всей Солнечной системе или же по всей Галактике. С нашей точки зрения прыжки со звезды на звезду будут проходить почти без усилий (по впечатлению — мгновенно, в реальности — со скоростью света). На каждой станции прибывшего будет ждать роботизированный суррогат, в тело которого можно будет вселиться, как сегодня можно, приехав в новое место, вселиться в забронированный гостиничный номер. Так что в пункте назначения мы будем появляться свежими и в сверхчеловеческом теле[19].

Тип суррогатного роботизированного тела, ожидающего нас в пункте назначения, должен зависеть от характера миссии. Если вы летите исследовать новый мир, то суррогатному телу придется работать в жестких условиях. Возможно, ему придется приспосабливаться к другому тяготению, ядовитой атмосфере, сверхнизким или сверхвысоким температурам, другому режиму смены дня и ночи или смертельно опасному излучению. Чтобы выжить в таких условиях, суррогатному телу не обойтись без сверхсилы и сверхчувств.

Если же суррогатное тело нужно вам исключительно для отдыха, то и дизайн у него должен быть совсем другой. Такое тело должно обеспечивать максимальное удовольствие от преодоления пространства на лыжах, досках для серфинга, кайтах, планерах и любых других средствах передвижения или от других видов физической активности (скажем, от удачного удара битой, ракеткой или просто ногой по мячу).

Можно предположить, что вашим заданием будет внедрение в местное общество и изучение аборигенов; тогда, конечно, суррогат должен будет точно повторять телесные особенности местного населения (как в фильме «Аватар»).

Следует признать, что для создания сети лазерных приемных станций потребуется, вероятно, сначала добраться до всех этих планет и звезд традиционным способом, на обычных ракетных кораблях. Только тогда можно будет строить первую волну приемных станций. (Может быть, самым быстрым, дешевым и эффективным способом создания межзвездной сети могла бы стать отправка во все уголки Галактики самовоспроизводящихся роботизированных зондов. Поскольку зонды эти способны к самокопированию, то, построив один, через множество поколений можно получить миллиарды зондов, разлетающихся во всех направлениях, причем каждый из них построит в конечной точке приемную лазерную станцию. Мы поговорим об этом в следующей главе.)

После того как сеть будет создана, можно представить себе, что Галактика наполнится потоками разумных существ, и в любой момент в самой отдаленной ее точке можно будет увидеть толпы прибывающих и отбывающих. Любая лазерная станция в этой сети будет выглядеть, как большой вокзал.

Как бы фантастично ни выглядела сегодня подобная картина, фундаментальная физика этой концепции уже достаточно хорошо проработана. Мы уже сегодня можем поместить в лазерный луч огромное количество информации, переслать ее через тысячи километров, а затем расшифровать. Так что основная проблема здесь не в теоретической физике, а в чисто технических инженерных препятствиях. Вероятно, только в следующем веке мы научимся отправлять полный коннектом человека по лазерному лучу, достаточно мощному, чтобы достичь других планет. На то, чтобы отправить человеческое сознание к звездам, потребуется, возможно, еще лет сто.

Чтобы посмотреть, насколько это все реально, полезно проделать несколько простых вычислений, что называется, «на салфетке». Первая проблема состоит в том, что фотоны в тонком лазерном пучке, хоть и

кажутся идеально одинаковыми, движутся все же по чуть расходящимся траекториям. (В детстве я светил фонариком на Луну и гадал, доходит ли до нее мой свет. Правильный ответ: да, доходит. До 90 % первоначального луча поглощает атмосфера, а что-то из оставшегося и правда доходит до Луны. Но настоящая проблема в том, что световое пятно от фонарика на Луне имеет несколько километров в поперечнике. Все дело в принципе неопределенности: даже лазерный луч должен медленно расходиться. Поскольку вы не можете знать, где в точности расположен лазерный луч, он, по законам квантовой физики, должен медленно расходиться со временем.)

Но передавать по лучу наши коннектомы на Луну особого смысла не имеет. Проще остаться на Земле и управлять лунным суррогатом по радио; задержка прохождения команды составит около секунды. Ощутимая польза от этой технологии будет при управлении суррогатами на дальних планетах, так как радиосообщение будет идти до суррогата от нескольких минут до нескольких часов. Чтобы отдать суррогату серию радиокоманд, когда после каждой команды, прежде чем отправлять следующую, нужно получить ответ, придется потратить, может быть, не один день.

Если мы захотим отправить лазерный луч на одну из дальних планет, нам сначала придется установить на Луне — далеко за пределами атмосферы, чтобы сигнал не поглощался воздухом, — батарею лазеров. Лазерный луч, отправленный на одну из планет Солнечной системы с Луны, прибудет на место через несколько минут или часов. Если он доставит туда коннектом, то управлять суррогатом можно будет непосредственно на месте, без всяких задержек.

Организовать в Солнечной системе сеть лазерных станций станет возможно, вероятно, к концу века. Но, если мы задумаемся об отправке коннектомов к звездам, проблем прибавится. Нам, наверное, придется ставить передающие станции на астероидах и дополнительные станции по пути, чтобы усилить сигнал, очистить его от помех и переслать на следующую станцию. Потенциально для этого можно было бы использовать кометы, уходящие далеко от Солнца в направлении соседних звезд. К примеру, на расстоянии около светового года от Земли (т. е. на расстоянии, составляющем четверть расстояния до ближайшей звезды) располагается облако Оорта[20]. Это сферическая оболочка из миллиардов комет, многие из которых неподвижно висят в пустом пространстве. Вероятно, аналогичное кометное облако окружает и звездную систему в созвездии Центавра, нашем ближайшем соседе. Считая, что это облако находится от своей звезды тоже на расстоянии светового года, получим, что

уже половина расстояния до ближайшей звезды содержит стационарные кометы, на которых можно построить промежуточные лазерные передающие станции.

Еще одна проблема — объем информации, которую необходимо передать по лазерному лучу. По мнению доктора Себастьяна Сеунга, полное количество информации в одном коннектоме составляет приблизительно 1 зеттабайт (1020). Это примерно соответствует всей информации, содержащейся на сегодняшний день во Всемирной паутине. А теперь представьте себе батарею лазеров, выстреливающих в пространство лучи с этакой горой информации. Оптическое волокно способно пропускать терабайты (1011) информации в секунду. За следующие 100 лет развитие техники хранения информации, сжатия данных и объединения лазерных лучей в пучок приведет, вероятно, к увеличению эффективности передачи данных в миллион раз. Это означает, что на передачу информации, содержащейся в мозге человека, будет уходить несколько часов.

Проблема не просто в количестве информации, которое можно переслать по лазерному лучу. В принципе, такой луч может нести в себе неограниченное количество информации. Узкими местами станут приемные и передающие станции на том и другом конце — они должны быть оборудованы ключами, позволяющими манипулировать информацией с невероятной скоростью. Быстродействия кремниевых транзисторов для работы с такими объемами данных может и не хватить. Вместо этого нам, возможно, придется использовать квантовые компьютеры, основой которых служат не кремниевые транзисторы, а отдельные атомы. В настоящее время квантовые компьютеры только зарождаются, но к следующему столетию они могут стать уже достаточно мощными, чтобы справиться с зеттабайтами информации.

Свободно плавающие энергетические существа

Еще одно преимущество использования квантовых компьютеров для обработки гор информации, какими являются коннектомы, — это шанс на создание энергетических существ, способных свободно двигаться и плавать в воздухе. В научной фантастике и фэнтези описания подобных существ попадаются на каждом шагу. Эти существа представляли бы сознание в чистейшей форме. На первый взгляд, их существование нарушало бы законы природы: ведь свет всегда движется со скоростью света.

В последнее десятилетие, однако, несколько открытий физиков Гарвардского университета наделало много шума. Ученые объявили, что им удалось остановить луч света. Судя по всему, им удалось достичь невозможного: замедлить луч света до такой степени, что его можно было заключить в бутылку. Вообще, луч света в бутылке не настолько фантастичен, как кажется: чтобы убедиться в этом, достаточно повнимательнее взглянуть на стакан с водой. Луч света, входя в воду, замедляется и изменяет направление движения. Точно так же свет преломляется и при входе в стекло, что делает возможными телескопы и микроскопы. Причину этого следует искать в квантовой теории.

Представьте себе почтовую службу на перекладных, доставлявшую когда-то почту и курьеров. Каждая упряжка могла очень быстро пробежать от одной станции до другой. Узким местом были станции, где нужно было перепрягать лошадей и менять возницу; это значительно замедляло среднюю скорость движения почты. Точно так же и свет: в вакууме между атомами он по-прежнему движется со скоростью, составляющей примерно 300 000 км/с. Однако при столкновении с атомами свет задерживается; он ненадолго поглощается, а затем вновь излучается атомами, на что уходит какая-то доля секунды. Именно из-за этой небольшой задержки луч света, попадая в воду, в среднем слегка замедляется.

Гарвардские ученые использовали это явление. Они взяли контейнер с газом и охладили его почти до абсолютного нуля. При таких низких температурах атомы газа поглощали свет и удерживали его достаточно долго, прежде чем излучить вновь; чем ниже была температура, тем дольше газ удерживал свет и тем медленнее тот двигался. Таким образом им удалось, увеличивая время задержки, затормозить луч света до полной остановки. Вообще-то между атомами газа свет по-прежнему двигался со скоростью света, но вот между поглощением и излучением…

Это позволяет говорить о возможности, когда разумное существо, вместо того чтобы управлять суррогатом, предпочтет остаться в виде сгустка чистой энергии и двигаться свободно, почти как привидение.

Так что в будущем, когда лазерные лучи понесут наши коннектомы к звездам, в конечной точке они, возможно, будут преобразованы в облако газовых молекул и заключены в «бутылку». «Сосуд света» очень похож на квантовый компьютер. И там и там имеется набор атомов, колеблющихся в унисон, т. е. колебания всех атомов проходят в фазе. Там и там могут проводиться сложные вычисления, намного превосходящие все, на что способен обычный компьютер. Поэтому если проблемы квантовых компьютеров удастся решить, то в результате мы получим и возможность

манипулировать «сосудами света».

Быстрее света?

Таким образом, как мы видим, все это — чисто технические проблемы. Не существует закона природы, который запрещал бы путешествие по энергетическому лучу — в следующем столетии или позднее, как получится. Так что это, наверное, самый удобный способ посещения далеких планет и звездных систем. Вместо того чтобы оседлать световой луч, как мечтали когда-то поэты, мы сами превратимся в световой луч, чтобы преодолеть бездны пространства.

Чтобы по-настоящему почувствовать будущее, описанное в рассказе Азимова, нам придется задаться вопросом о том, можно ли на самом деле путешествовать между галактиками со скоростью, превышающей скорость света. В его рассказе существа невероятной мощи свободно летают между галактиками, разделенными миллионами световых лет.

Возможно ли это? Для ответа на этот вопрос нам придется раздвинуть границы современной квантовой физики. В конце концов, штуки, получившие известность как «кротовые норы», могут представлять собой короткие пути сквозь громадные просторы пространства и времени. А при проходе сквозь них существа, состоящие из чистой энергии, будут иметь явное преимущество перед материальными существами.

Эйнштейн в каком-то смысле напоминает дорожного полицейского, который категорически запрещает ездить быстрее скорости света — скорости, максимально возможной во Вселенной. При этом на дорогу от одного конца нашей Галактики до другого уйдет 100 000 лет, даже если вы полетите на световом луче. И если для путешественника пролетит мгновение, то на его родной планете действительно пройдет 100 000 лет. А в путешествиях между галактиками речь может идти о миллионах и миллиардах световых лет.

Но Эйнштейн сам оставил в своих работах небольшую лазейку. В 1915 г. он показал, что гравитация возникает в результате искривления пространства-времени. Гравитация — это не «тяга» загадочной невидимой силы, как думал когда-то Ньютон, а «толчок» со стороны самого пространства, изогнувшегося вокруг объекта. Этим он не только блестяще объяснил искажения света звезд при прохождении рядом с другими звездами и расширение Вселенной, но и оставил открытым вопрос о возможности растяжения ткани пространства-времени до ее разрыва.

В 1935 г. Эйнштейн вместе со своим учеником Натаном Розеном ввел в теорию возможность того, что два решения, соответствующие черным дырам, можно объединить «спина к спине», как сиамских близнецов, так что если вы упадете в одну черную дыру, то в принципе сможете выйти из другой. (Представьте две воронки, соединенные тонкими концами. Вода, стекающая в одну воронку, вытекает из другой.) Эта «кротовая нора» — ее еще называют мостом Эйнштейна — Розена — представляет собой возможность существования порталов, или ворот, между вселенными. Сам Эйнштейн отбросил возможность прохождения сквозь черную дыру, поскольку в процессе этого вас просто раздавит, но несколько позднейших открытий вновь подняли вопрос о возможности путешествия быстрее света сквозь кротовые норы.

Сначала, в 1963 г., математик Рой Керр открыл, что вращающаяся черная дыра коллапсирует не в точку, как считалось ранее, а в кольцо, которое вращается так быстро, что центробежные силы не дают ему коллапсировать. Если пройти сквозь это кольцо, можно попасть в другую вселенную. Гравитационные силы при этом будут велики, но не бесконечны. Это чем-то напоминает зеркало Алисы: пройдя сквозь него, оказываешься в параллельной вселенной. Оправой зеркала служит кольцо, представляющее собой собственно черную дыру. После открытия Керра были получены десятки решений уравнений Эйнштейна, согласно которым можно в принципе пройти из одной вселенной в другую и не быть при этом раздавленным гравитационными силами. А поскольку все обнаруженные до сих пор в космосе черные дыры быстро вращаются (некоторые со скоростью больше 1 млн км/ч), то можно предположить, что такие космические ворота в пространстве встречаются часто.

В 1988 г. физик доктор Кип Торн из Калифорнийского технологического института с коллегами показал, что при достаточном количестве «отрицательной энергии» может оказаться возможным стабилизировать черную дыру так, чтобы кротовая нора стала «проходимой» (т. е. через нее можно было проходить в любом направлении, не рискуя быть раздавленным). Отрицательная энергия — возможно, самая экзотическая субстанция во Вселенной — на самом деле существует и может быть получена (в микроскопических количествах) в лаборатории.

Итак, мы получили новую парадигму. Во-первых, развитая цивилизация сможет сконцентрировать в точке количество положительной энергии, сравнимое с черной дырой, и открыть в пространстве проход, соединяющий две отдаленные точки. Во-вторых, она сможет накопить достаточно отрицательной энергии для поддержания этого прохода в

открытом состоянии, чтобы он оставался стабилен и не схлопнулся, как только вы в него проникнете.

А теперь можно рассмотреть эту идею в надлежащей перспективе. Полный коннектом человека, вероятно, будет получен к концу этого века. Формирование межпланетной лазерной сети станет возможным в начале следующего века, так что сознание можно будет передать по лазерному лучу в любой уголок Солнечной системы. Межзвездная лазерная сеть может быть создана еще лет через сто. Но цивилизация, способная играть с кротовыми норами, отстоит от нас по уровню техники на тысячи лет: ведь для работы с ними придется заметно раздвинуть границы современной физики.

Таким образом, все это непосредственно определяет ответ на вопрос о том, может ли сознание перемещаться между вселенными. При приближении материального объекта к черной дыре гравитация становится настолько интенсивной, что тело вытягивается, как макаронина, поскольку сила, действующая на ногу, оказывается больше силы, действующей на голову; в результате приливные силы растянут тело. Более того, при приближении к черной дыре даже атомы вашего тела растянутся до такой степени, что электроны оторвутся от ядра, и атомы перестанут существовать.

(Чтобы убедиться в возможностях приливных сил, достаточно посмотреть на земные приливы и кольца Сатурна. Луна и Солнце тянут Землю в разные стороны, заставляя океаны в каждый прилив подниматься на несколько метров. А если какой-нибудь спутник подойдет слишком близко к планете-гиганту вроде Сатурна, приливные силы будут растягивать его до тех пор, пока не разорвут. Расстояние, на котором спутники разрываются на части приливными силами, называется пределом Роша. Кольца Сатурна лежат точно на пределе Роша, так что можно предположить, что возникли они из Луны, подошедшей слишком близко к своей планете.)

Итак, даже если мы войдем во вращающуюся черную дыру и стабилизируем ее при помощи отрицательной энергии, действие гравитации все же может оказаться таким мощным, что нас растянет в спагетти.

Но именно здесь, при прохождении сквозь черную дыру, лазерный луч имеет решающее преимущество перед материальным объектом. Лазерный луч нематериален, и приливные силы не могут его растянуть. Вместо этого луч испытает «фиолетовое смещение» (т. е. увеличит частоту и, соответственно, наберет дополнительную энергию). Но, несмотря на

искажение луча, информация в нем останется невредимой. Так, сообщение, записанное азбукой Морзе, можно сжать, его содержание от этого не изменится. Для цифровой информации приливные силы не опасны. А гравитация, которая может оказаться смертельной для материальных существ, безопасна для существ, путешествующих с лучом света.

Поскольку сознание, переносимое лазерным лучом, нематериально, оно при прохождении через кротовую нору имеет решительное преимущество перед любой материей.

Надо сказать, что лазерные лучи в этой ситуации имеют еще одно преимущество перед материей. Некоторые физики считают, что микроскопические черные дыры (размером, может быть, с атом) создавать проще. Материя через такую кротовину не пройдет, а вот луч рентгеновского лазера с длиной волны меньше размеров атома — запросто.

Разумеется, блестящий рассказ Азимова — чистая фантастика, но, как ни смешно, в Галактике, возможно, уже существуют обширные межзвездные сети лазерных станций, просто мы слишком неразвиты, чтобы их заметить. Для цивилизации, обогнавшей нас в развитии на несколько тысяч лет, оцифровка коннектома и отправка его к звездам была бы детской игрой. В этом случае можно себе представить, что какие-то разумные существа уже пересылают свои коннектомы по обширной лазерной сети, пронизывающей Галактику. Ничто из того, что мы наблюдаем в космосе при помощи самых продвинутых наших телескопов и спутников, не готовит нас к обнаружению такой галактической сети.

Карл Саган однажды пожаловался, что мы, живя, возможно, в плотном окружении других цивилизаций, не имеем достаточно развитых технических средств и не можем их обнаружить.

Теперь можно задать следующий вопрос: что скрывает инопланетный разум?

Если нам удастся встретиться с такой продвинутой цивилизацией, каким сознанием она будет обладать? Когда-нибудь, возможно, от ответа на этот вопрос будет зависеть судьба человечества.

14. Инопланетный разум

Иногда я думаю, что самый верный признак существования где-то во Вселенной разумной жизни — тот факт, что никто из них не пытается связаться с нами.

Билл Уоттерсон

В открытом космосе либо существует разумная жизнь, либо ее там нет. Любая из этих мыслей пугает.

Артур Кларк

В романе «Войне миров» Герберта Уэллса пришельцы с Марса напали на Землю, потому что их родная планета умирала. Вооруженные лучами смерти и гигантскими шагающими машинами инопланетяне быстро сожгли разные города и едва не захватили крупнейшие земные столицы. Марсиане легко подавляли все попытки сопротивления, и наша цивилизация должна была вот-вот превратиться в руины, как вдруг нашествие неожиданно прекратилось. Пришельцы со всей своей передовой наукой и мощным оружием не учли одну опасность: они не предусмотрели нападения со стороны самых примитивных земных существ — микробов.

Этот роман породил целый литературный жанр и тысячи художественных фильмов, таких как «Земля против летающих тарелок» и «День независимости». Правда, ученые в большинстве своем кривятся при виде того, какими показывают в этих произведениях инопланетян. В фильмах обычно фигурируют существа с аналогичными человеческим ценностями и эмоциями. Даже если у них зеленая кожа и громадная голова, они все равно до определенной степени похожи на нас. Кроме того, они, как правило, прекрасно говорят по-английски.

Но, как указывают многие ученые, вполне может оказаться, что с омаром или морским огурцом у нас больше общего, чем с пришельцем из космоса.

Как и в случае с кремниевым сознанием, инопланетное сознание, скорее всего, будет обладать теми же общими чертами, описанными нашей пространственно-временной теорией, т. е. способностью строить модель окружающего мира и затем рассчитывать, как она будет развиваться во

времени, чтобы достичь определенной цели. Но если роботов можно запрограммировать так, чтобы они были эмоционально связаны с человеком и преследовали цели, совместимые с нашими, то с инопланетным разумом все сложнее: у него может не оказаться ни того ни другого. Скорее всего, у другой цивилизации будет свой, не совпадающий с человеческим набор ценностей и целей. Можно только гадать, каких именно.

Консультантом фильма «2001» был физик из принстонского Института перспективных исследований доктор Фримен Дайсон. Увидев фильм целиком, он был доволен — и не блестящими спецэффектами, а тем, что впервые в голливудском фильме представлен инопланетный разум с желаниями, целями и намерениями, совершенно непохожими на наши. Впервые инопланетяне в фильме были не просто актерами, нацепившими на себя монструозные костюмы и изо всех сил старающимися изобразить угрозу. Нет, инопланетный разум здесь был представлен как нечто перпендикулярное человеческому опыту, нечто совершенно чуждое.

В 2011 г. Стивен Хокинг поднял еще один вопрос. Известный космолог попал в заголовки новостей, заявив, что мы должны быть готовы к возможному инопланетному вторжению. Он сказал, что если нам суждено когда-нибудь встретиться с инопланетной цивилизацией, то она будет более развитой, чем наша, и потому будет представлять смертельную угрозу нашему существованию.

Достаточно вспомнить о том, что произошло с ацтеками после встречи с кровожадным Кортесом и его конкистадорами, чтобы представить, что может ждать земную цивилизацию после столь судьбоносной встречи. В 1521 г. горстка головорезов, вооруженная технологиями (железные мечи, порох и лошадь), о которых ацтеки, жившие в бронзовом веке, не имели представления, разрушила древнюю ацтекскую цивилизацию всего за несколько месяцев.

Все это заставляет задаться некоторыми вопросами. Что представляет собой инопланетный разум? Чем мыслительный процесс и цели инопланетян могут отличаться от наших? Чего они хотят?

Первый контакт еще в этом столетии

Вопросы, надо сказать, далеко не академические. Учитывая замечательные успехи астрофизиков, мы вполне можем встретиться с представителями инопланетной цивилизации уже в ближайшие

десятилетия. То, как мы отреагируем на такую встречу, может в значительной степени определить будущее человечества, а сама встреча — стать одним из самых ярких поворотных событий в истории цивилизации.

Несколько недавних достижений приближают этот исторический день.

Первое. В 2011 г. научный аппарат «Кеплер» впервые в истории дал астрономам надежные данные о планетах в нашей Галактике. Проанализировав свет тысяч звезд на избранной площадке неба, «Кеплер» выяснил, что вокруг каждой двухсотой звезды может обращаться землеподобная планета, причем в пригодной для жизни зоне. Так мы впервые смогли оценить количество звезд в Галактике, у которых могут быть планеты земной группы: около миллиарда. Глядя на далекие звезды, мы имеем полное основание думать о том, не смотрит ли в этот момент кто-нибудь на нас.

На данный момент при помощи земных телескопов изучено более тысячи экзопланет. (Астрономы сейчас находят их со скоростью примерно две в неделю.) К несчастью, почти все они относятся к группе планет-гигантов, лишенных, вероятно, всякой жизни, сколько-нибудь напоминающей земную. Есть, правда, и несколько «суперземель» — каменных планет в несколько раз больше Земли. А «Кеплер» уже сейчас обнаружил в своей зоне поисков около 2500 экзопланет-кандидатов, некоторые из которых очень похожи на Землю. Эти планеты обращаются вокруг своих солнц на таком расстоянии, которое допускает существование жидких океанов. А жидкая вода — это тот самый «универсальный растворитель», в котором растворяется большинство органических веществ, таких как ДНК и белки.

В 2013 г. ученые NASA объявили о самом впечатляющем открытии «Кеплера»: двух экзопланетах, которые можно считать практически двойниками Земли. Расположены они на расстоянии 1200 световых лет в созвездии Лиры. Они крупнее Земли всего лишь на 60 и 40 % и лежат, что еще важнее, в пределах обитаемой зоны своих звезд; возможно, на них есть жидкие океаны. Из всех ранее исследованных планет они больше всего подходят на роль двойников нашей планеты.

Космический телескоп им. Хаббла дал нам оценку полного числа галактик в видимой части Вселенной: 100 млрд. Соответственно, мы можем подсчитать число землеподобных планет в видимой Вселенной: миллиард раз по 100 млрд, или сто квинтильонов землеподобных планет.

Это поистине астрономическое число, так что вероятность существования жизни во Вселенной астрономически высока, особенно если учесть, что Вселенной 13,8 млрд лет, и времени на развитие — и,

возможно, падение — разумных империй было вполне достаточно. Вообще, было бы чудом, если бы во Вселенной *не было* другой развитой цивилизации.

Проект SETI и инопланетные цивилизации

Второе. Конструкции радиотелескопов усложняются и развиваются. До сих пор на наличие разумной жизни исследовано всего лишь около тысячи звездных систем, но в ближайшее десятилетие их число может вырасти в миллион раз.

Использование радиотелескопов для поисков внеземных цивилизаций началось в 1960-е гг., когда астроном Фрэнк Дрейк инициировал проект Ozma (названный в честь королевы страны Оз) с использованием 25-метрового радиотелескопа в Грин-Бэнк (штат Западная Вирджиния). Так родился проект SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence — Поиск внеземных цивилизаций). К несчастью, сигналов от инопланетян принять не удалось, но в 1971 г. NASA предложило проект Cyclops, в рамках которого предполагалось строительство 1500 радиотелескопов на общую сумму $10 млрд.

Нет ничего удивительного в том, что этот проект развития не получил. Конгрессу идея не понравилась.

Средства были выделены на куда более скромный проект: отправить в 1971 г. в открытый космос тщательно составленное и зашифрованное послание инопланетянам. Кодированное послание длиной 1679 бит гигантский радиотелескоп Аресибо в Пуэрто-Рико отправил в направлении шарового скопления M13, которое отделяет от нас 25 100 световых лет. Это была первая космическая визитка нашей цивилизации, содержащая важную информацию о человеческой расе. Однако ответ получить не удалось. Может быть, мы инопланетянам не понравились, а может, помешала скорость света. Учитывая расстояние, вряд ли стоит ждать ответа раньше, чем еще через 52 174 года.

С тех пор некоторые ученые высказывают сомнения в том, что стоит так явно рекламировать наше существование на весь космос, по крайней мере до тех пор, пока мы не выясним намерения инопланетных существ в отношении нас. Эти люди не согласны со сторонниками проекта METI (Messaging to Extra-Terrestrial Intelligence), которые активно пропагандируют посылку сигналов инопланетным цивилизациям. Сторонники METI рассуждают так: мы уже посылаем в космос огромное

количество радио— и телесигналов, так что несколько дополнительных содержательных сигналов проекта METI погоды не сделают. Однако критики проекта считают, что нам не стоит без нужды повышать шансы на то, что нас обнаружат потенциально враждебные инопланетяне.

В 1995 г. астрономы обратились к частным спонсорам и основали в Маунтин-Вью (штат Калифорния) Институт SETI, чтобы централизовать исследования и инициировать проект Phoenix, призванный изучить тысячу близлежащих солнцеподобных звезд в радиодиапазоне 1200–3000 МГц. Используемое при этом оборудование настолько чувствительно, что способно было бы принять излучение радарной системы аэропорта на расстоянии 200 световых лет. С момента основания Институт SETI, расходуя по $5 млн в год, просканировал больше тысячи звезд, но результата до сих пор нет.

Еще один пример новаторского подхода — проект SETI@home, инициированный в 1999 г. астрономами Калифорнийского университета в Беркли; в нем участвует целая армия из миллионов астрономов-любителей и владельцев ПК. Каждый может принять участие в этой исторической охоте. Пока вы спите ночью, ваш скринсейвер потихоньку «пережевывает» данные, поступающие к нему от телескопа Аресибо в Пуэрто-Рико. Пока что на участие в проекте записались 5,2 млн человек из 234 стран; может быть, они мечтают первыми в истории человечества связаться с внеземной жизнью, и тогда их имена, подобно имени Колумба, войдут в историю. Проект SETI@home вырос так стремительно, что теперь является крупнейшим проектом такого рода из всех, когда-либо предпринимавшихся.

Во время беседы с тогдашним директором SETI@home доктором Дэном Вертхаймером я спросил его, как можно отличить фальшивые послания от настоящих, и он сказал кое-что неожиданное для меня. Он сказал, что иногда они намеренно «скармливают» системе данные радиотелескопов с наложенными на них фальшивыми сигналами воображаемых внеземных цивилизаций. Если никто из участников не обнаружит эти фальшивые сигналы, станет ясно, что с программой непорядок. Так что имейте в виду: если ваш скринсейвер объявляет, что расшифровал послание от инопланетной цивилизации, не спешите звонить в полицию или президенту Соединенных Штатов. Может быть, это фальшивое послание.

Охотники на инопланетян

Один мой коллега посвятил жизнь поиску разумной жизни в космосе; это директор Института SETI доктор Сет Шостак. Я-то скорее ожидал, что он, с его докторской степенью по физике, полученной в Калифорнийском технологическом институте, станет почтенным профессором физики и будет читать лекции аспирантам, но он вместо этого проводит время совершенно иначе: выпрашивает у богатых пожертвования на Институт SETI, вглядывается в потенциальные послания из космоса и ведет радиопередачу. Я однажды поинтересовался, не посмеиваются ли над ним коллеги-ученые, когда он говорит, что слушает инопланетные сигналы из космоса. Теперь уже нет, утверждает он. Новые открытия в астрономии вновь изменили общественное мнение.

Мало того, он подставляется и уверенно заявляет, что контакт с инопланетной цивилизацией ждет нас в самом ближайшем будущем. Он даже объявил, что строящаяся в настоящий момент Антенная решетка Аллена (ATA), включающая 350 антенн, «наткнется на сигнал к 2025 г.»

Не рискованно ли делать такие заявления, спросил я? Что вселяет в него такую уверенность? Один фактор в его пользу — это взрывной рост в последние годы числа радиотелескопов в мире. Правительство США не финансирует проект, но теперь у Института SETI есть надежный источник средств: им удалось убедить Пола Аллена (миллиардера из Microsoft) пожертвовать более $30 млн на начало строительства ATA в Хэт-Крик (штат Калифорния), в 465 км к северу от Сан-Франциско. В настоящее время эта антенная решетка сканирует небо при помощи 42 радиотелескопов, а со временем их число увеличится до 350. (Хронический недостаток финансирования подобных научных экспериментов — по-прежнему проблема. Чтобы скомпенсировать бюджетные сокращения, проект в Хэт-Крик отчасти поддерживается на плаву при помощи военных.)

Шостак признался мне: единственное, что слегка его задевает, — то, что люди порой путают проект SETI с охотой на летающие тарелки. Первое, утверждает он, основано на прочном фундаменте физики и астрономии и использует последние достижения техники. А второе, наоборот, строит свои теории на откровенных слухах, которые могут иметь, а могут и не иметь в своей основе зерно истины. Проблема в том, что массу сообщений о тарелочках, которые он постоянно получает по электронной почте, как правило, невозможно ни проверить, ни воспроизвести. Он просит каждого, кто утверждает, что был похищен инопланетянами и побывал в летающей тарелке, утащить оттуда что-нибудь — хотя бы ручку или пресс-папье, в качестве доказательства. Никогда не покидай летающую

тарелку с пустыми руками, сказал он мне.

Он также считает, что надежных доказательств посещения нашей планеты инопланетянами не существует. Я спросил, не считает ли он, что правительство США намеренно скрывает информацию о встрече с пришельцами (как думают многие сторонники теории заговора). Он ответил: «А удалось бы им в реальности так эффективно скрыть подобное событие? Не забывай, это то же правительство, что организует работу нашей почты».

Уравнение Дрейка

Когда я спросил доктора Вертхаймера, почему он так уверен в существовании инопланетной жизни, он ответил, что цифры работают на него. Еще в 1961 г. астроном Фрэнк Дрейк попытался оценить число разумных цивилизаций при помощи некоторых правдоподобных предположений. Если начать со 100 млрд — числа звезд в Галактике, то можно оценить, какая часть из них по характеристикам напоминает Солнце. Далее можно еще уменьшить это число, оценив долю звезд, у которых есть планеты, а затем долю систем, в которых есть землеподобные планеты и т. д. После множества правдоподобных предположений мы получим оценку — 10 000 развитых цивилизаций в нашей Галактике. (Карл Саган при других предположениях получил миллион.)

С тех пор ученые сумели оценить число развитых цивилизаций в Галактике намного точнее. Так, мы точно знаем, что среднее количество планет у звезды больше, чем первоначально предполагал Дрейк, и землеподобных планет тоже больше. Но по-прежнему есть одна проблема. Даже если мы можем точно сказать, сколько в космосе двойников Земли, мы по-прежнему не представляем, на какой их части возникает разумная жизнь. Даже на Земле прошло 4,5 млрд лет, прежде чем наконец возникли разумные существа (мы). Жизнь существует на планете как минимум 3,5 млрд лет, но только в последние 100 000 лет здесь есть разумные существа вроде нас. Так что даже на землеподобной планете — на самой Земле в частности — развитие разумной жизни проходит очень непросто.

Почему они нас не навещают?

Но затем я задал доктору Сету Шостаку из SETI убийственный вопрос: если звезд в Галактике так много и так много инопланетных

цивилизаций, то почему они не посещают Землю? Это так называемый парадокс Ферми, названный в честь нобелевского лауреата Энрико Ферми, участвовавшего в создании атомной бомбы и открывшего тайны атомного ядра.

На этот счет выдвинуто множество теорий. С одной стороны, расстояния между звездами, возможно, слишком велики для визитов. Нашим самым мощным химическим ракетам потребовалось бы около 70 000 лет, чтобы долететь до ближайших к Земле звезд. Может быть, цивилизация, обогнавшая нас на миллионы лет, решила эту проблему, но есть и другой вариант. Возможно, они погубили себя в ядерной войне. Как сказал однажды Джон Кеннеди, «мне жаль, но в шутке о том, что жизни на других планетах нет, потому что их ученые продвинулись дальше наших, слишком много правды».

Однако самый логичный, может быть, вариант выглядит так: представьте, что вы идете по лесной дороге и видите муравейник. Станете ли вы стучаться к муравьям и объявлять: «Я принес вам кое-какие мелочи. Я принес вам бусы. Я дам вам ядерную энергию. Я создам для вас муравьиный рай. Отведите меня к вашему лидеру»?

Вероятно, нет.

А теперь представьте, что рабочие строят рядом с муравейником восьмиполосную автомагистраль. Поймут ли муравьи, на какой частоте общаются между собой рабочие? Поймут ли они хотя бы, что такое восьмиполосная автомагистраль? Точно так же любая разумная цивилизация, добравшаяся до Земли со звезд, по определению должна обгонять нашу на тысячи, а то и на миллионы лет, и нам, может быть, нечего им предложить. Иными словами, мы слишком много о себе воображаем, если считаем, что инопланетяне полетят за триллионы триллионов километров, чтобы просто встретиться с нами.

Нас, скорее всего, просто нет на экранах их радаров. Как ни смешно, разумных форм жизни в Галактике может быть великое множество, но мы сами настолько примитивны, что ничего не замечаем.

Первый контакт

Но предположим на мгновение, что момент настал — такое произойдет раньше или позже, — и мы вступаем в контакт с инопланетной цивилизацией. Этот момент может стать поворотным в истории человечества. Тогда следующий вопрос: чего мы хотим от этого контакта, и

каким может оказаться инопланетное сознание?

В кино и научно-фантастических романах инопланетяне часто хотят съесть нас, завоевать нас, вступить с нами в сексуальные отношения, поработить нас или попросту обобрать, т. е. вывезти с планеты все ценные ресурсы. Но все эти варианты очень маловероятны.

Наш первый контакт с инопланетной цивилизацией начнется, скорее всего, не с приземления летающей тарелки на лужайке перед Белым домом. Более вероятно, что какой-нибудь подросток, на компьютере которого работает скринсейвер проекта SETI@home, объявит, что его комп расшифровал сигналы с телескопа Аресибо в Пуэрто-Рико. Или, может быть, проект SETI в Хэт-Крик примет сообщение с признаками разумности.

Таким образом, наша первая встреча с инопланетянами будет односторонней. Мы сможем «подслушать» какое-то разумное сообщение, но до отправки ответного, а и тем более до его получения адресатом может пройти не одно десятилетие.

Разговоры, которые мы услышим по радио, дадут нам, возможно, ценные сведения об этой инопланетной цивилизации. Но большинство переговоров, скорее всего, будет содержать сплетни, развлечения, музыку и пр., а не научные сведения.

Тогда я задал доктору Шостаку следующий ключевой вопрос: когда первый контакт состоится, будете ли вы держать его в секрете? В конце концов, известие о нем может вызвать массовую панику, религиозную истерию, хаос и неуправляемое бегство. Я был немного удивлен, когда он ответил: нет. Они передадут все данные правительствам и народам мира.

Тогда следующие вопросы. Как будут выглядеть инопланетяне? Как они думают?

Чтобы получить представление о сознании инопланетного существа, полезно проанализировать другое чуждое нам сознание — сознание животных. Мы живем рядом с ними на одной планете, но совершенно не представляем, что происходит у них в головах.

Понимание сознания животных, в свою очередь, может помочь нам понять сознание инопланетян.

Сознание животных

Думают ли животные? И если думают, то о чем? Этот вопрос тысячи лет ставил в тупик лучшие умы человечества. Об этом знаменитом вопросе

говорили еще греческие писатели и историки Плутарх и Плиний, но он не решен и поныне. На протяжении столетий многие гиганты философии предлагали свои ответы.

Пес бежит по дороге в поисках хозяина и встречает развилку, где дорога расходится в трех направлениях. Пес сначала бежит налево, обнюхивает там все, затем возвращается, уже зная, что хозяин выбрал не эту дорогу. Затем бежит направо, нюхает и понимает, что хозяина не было и здесь. Но теперь пес уверенно бежит по средней дороге, ничего уже не обнюхивая.

Что при этом происходило в сознании пса? Величайшие философы безуспешно размышляли над этим вопросом. Французский философ и эссеист Мишель де Монтень писал, что пес, очевидно, решил, что единственный оставшийся вариант — верный. Такой вывод показывает, что собаки способны абстрактно мыслить.

Но Фома Аквинский в XIII в. высказал противоположное мнение — то, что внешне выглядит как абстрактное мышление, не обязательно является таковым. Нас может обмануть внешнее сходство с разумными рассуждениями, утверждал он.

Несколько столетий спустя произошел еще один знаменитый обмен мнениями о сознании животного между Джоном Локком и Джорджем Беркли. «Звери не думают отвлеченно», — однозначно заявил Локк. На что епископ Беркли отозвался: «Если тот факт, что твари не думают отвлеченно, сделать отличительным признаком такого рода животных, я боюсь, что очень многие из тех, кто сходит за человека, должны быть причислены к их числу».

Во все века философы пытались анализировать этот вопрос одним и тем же способом: прикладывая к собаке мерку человеческого сознания. Это стандартная ошибка антропоморфизма, т. е. подхода, при котором считается, что животные думают и ведут себя, как люди. Но, может быть, настоящим решением было бы взглянуть на этот вопрос с точки зрения пса, которая, возможно, совершенно чужда нам.

В главе 2 я дал определение, согласно которому животные являются частью континуума сознания. Возможно, они отличаются от нас по тем параметрам, на основе которых строится модель окружающего мира. Доктор Дэвид Иглман говорит, что психологи называют это «умвельт» — реальность в восприятии других. Он отмечает: «В слепом и глухом мире клеща важными сигналами являются температура и запах масляной кислоты. Для черной ножетелки это электрические поля. Для летучей мыши с ее эхолокатором — волны сжатого воздуха. Каждый организм

обитает в собственном умвельте и считает, вероятно, что это и есть вся объективная реальность «вовне»».

Представьте себе мозг собаки, которая постоянно живет в вихре всевозможных запахов, при помощи которых она добывает пищу или ищет пару. Из этих запахов собака затем строит мысленную карту всего, что существует вокруг. Эта карта запахов совершенно не похожа на ту, что строим мы при помощи глаз, и несет в себе совершенно другой набор информации. (Вспомните, как в главе 1 доктор Пенфилд построил карту мозга в виде искаженной человеческой фигурки. А теперь представьте схему собачьего мозга по Пенфилду. Большая часть ее окажется посвященной носу, а не пальцам, как у человека. Вообще, у разных животных схема Пенфилда получится очень разной. А у инопланетян, вероятно, она будет выглядеть еще более странно.)

К несчастью, мы склонны приписывать животным человеческое сознание, хотя на самом деле взгляд на мир у них может быть совершенно иным. К примеру, если какой-нибудь пес верно следует за хозяином и подчиняется ему, мы подсознательно полагаем, что собака — лучший друг человека, потому что он любит и уважает нас. Но, поскольку собака происходит от *Canis lupus* (серого волка), который охотится стаей и привык к ее жесткой структуре и строгой иерархии, более чем вероятно, что собака видит в вас своего рода альфа-самца, или вожака стаи. Вы для него в каком-то смысле Главный Пес. (Вероятно, это одна из причин того, что выдрессировать щенка намного проще, чем взрослую собаку; скорее всего, чье-то присутствие легко отпечатывается в щенячьем мозгу, тогда как более зрелые собаки понимают, что люди не являются членами их стаи.)

Когда кот входит в незнакомую комнату и тут же спешит описать красивый ковер, мы полагаем, что он зол или нервничает, и стараемся понять, что его расстроило. Но кот, возможно, просто метит территорию, чтобы отвадить посторонних котов. Так что кот вовсе не расстроен; он просто предупреждает других котов, чтобы те держались подальше от этого дома, поскольку дом принадлежит ему.

Если кошка мурлычет и трется о хозяйские ноги, нам кажется, что она благодарна за заботу и такое поведение — признак тепла и приязни. На самом деле она, скорее всего, втирает в вас свои гормоны, заявляя свои права (на вас, разумеется), что имеет целью отвадить других кошек. С точки зрения кошки, вы — что-то вроде прислуги, обязанность которой несколько раз в день подавать еду, и она, втирая в вас свой запах, предупреждает остальных, что у вас уже есть законная хозяйка.

Как писал в XVI в. философ Мишель де Монтень, «когда я играю со

своей кошкой, откуда мне знать, что это не она со мной играет, а я с ней?».

Если кошка в какой-то момент уходит и старается остаться одна, это не обязательно признак злости или холодности. Домашняя кошка происходит от дикого кота, а он, в отличие от собаки, одинокий охотник. У кошек нет вожака, альфа-самца, чтобы пускать на него слюни, тогда как собаке это необходимо. А обилие на телевидении передач о всевозможных «заклинателях животных» говорит, вероятно, о проблемах, с которыми сталкивается человек, пытаясь спроецировать собственное сознание и намерения на животных.

Сознание летучей мыши сильно отличается и от человеческого, и от собачьего — в нем доминируют звуки. Летучая мышь почти слепа и нуждается в получении отклика на тоненький писк, который она издает; эхолокация помогает ей «видеть» насекомых, препятствия и своих собратьев. Схема ее мозга по Пенфилду выглядела бы очень непривычно для нас; ее большая часть была бы посвящена ушам. Аналогично, сознание дельфинов сильно отличается от человеческого и тоже основано на эхолокации. Фронтальная кора мозга у дельфина меньше, чем у человека, поэтому когда-то считалось, что и интеллект дельфинов ниже человеческого, но дельфин компенсирует меньшие размеры фронтальной коры за счет большей суммарной массы мозга. Неокортекс дельфиньего мозга в развернутом виде займет шесть журнальных страниц, тогда как неокортекс человека — только четыре. Кроме того, у дельфина очень развиты затылочный и височный участки коры (именно там происходит анализ сигналов эхолокатора в воде), и это одно из немногих животных, способных узнать себя в зеркале (вероятно, именно поэтому).

В дополнение к сказанному заметим, что структура мозга дельфина отличается от человеческой, поскольку предки дельфинов и людей разошлись на пути эволюции около 95 млн лет назад. Дельфинам не нужен нос, поэтому обонятельная луковица у них исчезает вскоре после рождения. Но 30 млн лет назад у них произошло взрывное увеличение слуховой коры; именно тогда дельфины научились искать пищу при помощи эхолокации. Их мир, как и мир летучих мышей, заполнен крутящимся эхом и всевозможными колебаниями. По сравнению с человеком у дельфина в лимбической системе на одну долю больше; эта доля получила название паралимбической области и, вероятно, помогает дельфинам налаживать социальные связи.

Мало того, у дельфинов есть и разумный язык. Я однажды плавал с дельфинами на съемках телепрограммы для Science Channel и при помощи ультразвукового датчика записывал свист и щелканье, которыми они

разговаривают друг с другом. Записи этих сигналов затем анализировал компьютер. Существует простой способ определить, является ли кажущийся случайным набор звуков разумной речью. К примеру, в английском языке из всех букв чаще всего используется буква *е*. Более того, можно составить список всех букв алфавита в порядке частоты их употребления. И какую бы книгу на английском языке мы ни взяли для анализа, список у нас получится примерно одинаковый.

Точно так же, с помощью той же компьютерной программы, мы можем проанализировать язык дельфинов. И будьте уверены, мы обнаружим те же признаки разумности. Однако при переходе к другим млекопитающим закономерности начинают нарушаться, а у низших животных с маленьким мозгом пропадают вообще, и сигналы становятся почти случайными.

Разумны ли пчелы?

Чтобы получить представление о том, на что может походить инопланетный разум, рассмотрим стратегии, которые использует природа для продолжения жизни. Существует две основных репродуктивных стратегии, глубоко повлиявшие на эволюцию и сознание.

Первая стратегия используется млекопитающими и состоит в том, чтобы производить на свет небольшое количество отпрысков, а затем тщательно ухаживать за каждым и воспитывать до зрелости. Это рискованная стратегия, поскольку в каждом поколении рождается всего несколько особей; однако считается, что забота о потомстве помогает нейтрализовать этот недостаток. Это означает, что каждая жизнь драгоценна и о каждой тщательно и долго заботятся.

Но существует и другая, гораздо более древняя стратегия, которой пользуются многие в растительном и животном царстве, включая насекомых, пресмыкающихся и большинство остальных форм земной жизни. Состоит она в том, чтобы производить огромное количество яиц или семян и оставлять их на произвол судьбы. Без родительской заботы большая часть отпрысков даже не появится на свет и тем более не выживет, так что следующее поколение образуют несколько самых стойких. Это означает, что родители не вкладывают в следующее поколение никакой энергии и продолжение рода полностью зависит от статистических законов.

Эти две стратегии порождают поразительно разное отношение к жизни и разуму. Первая ценит каждого индивидуума без исключения. Любовь, забота, приязнь и привязанность здесь тоже идут на ура. Понятно,

что такая репродуктивная стратегия работает только в том случае, если родители вкладывают в защиту и воспитание молодняка значительное количество драгоценной энергии. Вторая стратегия, напротив, совершенно не ценит отдельную особь, а направлена исключительно на выживание вида или группы в целом. Здесь индивидуальность ничего не значит.

Более того, выбор репродуктивной стратегии несет глубокие последствия для эволюции разума. К примеру, два муравья при встрече обмениваются ограниченным количеством информации, пользуясь химическими запахами и жестами. Передаваемая информация минимальна, но при этом муравьи способны создавать сложные системы туннелей и комнат, необходимые для строительства муравейника. Точно так же пчелы, общаясь между собой лишь посредством танца, способны коллективно строить сложные соты и находить далекие цветущие поляны. Получается, что их интеллект исходит не столько от отдельной особи, сколько от холистического взаимодействия всей колонии и от генов.

Представьте себе инопланетную цивилизацию, основанную на второй стратегии выживания — что-то вроде разумной расы пчел. В таком обществе рабочая пчела, отправляющаяся каждый день на поиски пыльцы, не имеет особой ценности и легко заменима. Рабочие пчелы вообще не размножаются; они живут с единственной целью — служить улью и королеве и ради этого готовы в любой момент пожертвовать собой. Узы, связывающие млекопитающих, для них ничего не значат.

Гипотетически это может сказаться на характере космической программы такой расы. Мы ценим жизнь каждого астронавта, и на возвращение их живыми тратятся значительные ресурсы. Большая доля стоимости космических путешествий уходит на систему жизнеобеспечения, чтобы астронавты могли вернуться домой и войти в атмосферу без вреда для себя. Но для цивилизации разумных пчел жизнь отдельного рабочего не слишком ценна, так что космическая программа обошлась бы им значительно дешевле. Ее участникам не нужно было бы возвращаться. Каждое путешествие было бы дорогой в один конец, и это означало бы немалую экономию.

А теперь представьте, что мы встречаем инопланетного пришельца, который на самом деле представляет собой что-то вроде рабочей пчелы. В обычных условиях, если вы встретите где-нибудь в лесу пчелу, она, скорее всего, просто не обратит на вас внимания, если, конечно, вы не будете угрожать ей самой или улью. Мы для нее практически не существуем. Точно так же и пчеле-пришельцу, скорее всего, ни к чему будет налаживать связь с нами и, к примеру, делиться знаниями. Он будет выполнять свою

главную задачу, не обращая на нас внимания. Более того, наши ценности будут ему непонятны.

Когда-то давно, в 1970-е гг., на межпланетных зондах «Пионер-10» и «Пионер-11» в космос отправились две таблички с информацией о нашем мире и обществе. В них превозносилось разнообразие и богатство жизни на Земле. В те годы ученые полагали, что инопланетные цивилизации должны быть похожи на нашу — любопытны и заинтересованы в контакте. Но, попав на глаза инопланетной рабочей пчеле, такая пластинка, скорее всего, не вызвала бы никакого интереса и ничего не сказала собрату по разуму.

Мало того, каждый рабочий в такой цивилизации не обязан быть слишком умным. Ума у него должно хватать на службу улью, и не более того. Так что если бы нам захотелось отправить послание на планету разумных пчел, наш адресат, даже получив послание, вряд ли стал бы на него отвечать.

Но даже если нам удалось бы наладить контакт с такой цивилизацией, общение с ней оказалось бы непростым делом. Общаясь друг с другом, мы разбиваем мысли на фразы и придаем им структуру субъект — действие, чтобы составить из этих фраз связный рассказ, чаще всего о себе. Большинство наших фраз построены по принципу «Я сделал то-то» или «Они сделали то-то». Большая часть нашей литературы и разговоров строится на сюжете, часто связанном с переживаниями или приключениями нас самих или наших ролевых моделей. Это предполагает, что для нас главный способ подачи информации — наш личный опыт.

Однако цивилизация, основанная на расе разумных пчел, может не испытывать ни малейшего интереса к личным переживаниям и историям. У этих в высшей степени коллективных существ может просто не быть личных сообщений — только факты, только жизненно важная информация, необходимая улью, а не личные мелочи и сплетни, способные повысить социальное положение индивидуума. Более того, наши разговоры, личные впечатления и мнения могут показаться им отталкивающими, поскольку в них завышается роль индивида, а его интересы ставятся выше интересов коллектива.

А еще у рабочей пчелы может оказаться совершенно отличное от нашего чувство времени. Поскольку рабочие пчелы — существа не особенно ценные, то и жить долго им незачем. Может быть, поэтому они берутся только за короткие и строго определенные проекты.

Человек живет намного дольше, но и в его действиях присутствует скрытая временная мотивация: мы выбираем те проекты и занятия,

результаты которых разумно ожидать до конца нашей жизни. Мы подсознательно задаем ритм работы и отношений с другими людьми и даже выбираем цели с учетом конечности собственной жизни. Иными словами, мы проживаем свою жизнь этапами: холостая жизнь, брак, воспитание детей и, наконец, заслуженный отдых. Часто сами того не сознавая, мы всегда помним, что будем жить и в конце концов умрем в пределах конечного промежутка времени.

Но представьте себе существ, которые живут тысячи лет, а может, вообще бессмертны. Их приоритеты, цели и амбиции будут совершенно иными. Они могут браться за проекты, на которые ушел бы не один десяток человеческих жизней. Мы часто относим межзвездные путешествия к категории научной фантастики только потому, что, как мы уже видели, полет традиционной ракеты до ближайших звезд займет примерно 70 000 лет. Для нас это слишком долго и неприемлемо. Но для инопланетной формы жизни это время может оказаться несущественным. Возможно, они умеют ложиться в спячку, замедлять обмен веществ или просто живут неопределенно долго.

Как они выглядят?

Первые переводы инопланетных посланий, вероятно, дадут нам некоторое представление о культуре и образе жизни цивилизации, с которой мы столкнулись. К примеру, весьма вероятно, что разумная раса развилась на основе хищного вида и потому до сих пор обладает некоторыми характеристиками хищников. (В среднем хищники на Земле умнее своих жертв. Такие охотники, как тигры, львы, кошки и собаки, пользуются своим интеллектом, чтобы подстеречь, напасть и спрятаться; для любого из этих действий нужен интеллект. У всех наших хищников глаза расположены спереди, обеспечивая стереозрение при фокусировке. Добыча, у которой глаза располагаются по бокам головы для лучшего обзора, может только убегать. Именно поэтому мы говорим «хитрый как лис» и «глупый как кролик».) Возможно, инопланетные разумные существа переросли многие хищные инстинкты своих далеких предков, но, скорее всего, в них до сих пор отчасти присутствует сознание хищника (территориальность, экспансия, насилие при необходимости и т. п.).

Если рассмотреть повнимательнее человеческую расу, можно увидеть, что наша сегодняшняя разумность подготовлена по крайней мере тремя основными факторами:

1) отстоящий большой палец, позволяющий пользоваться орудиями и изменять с их помощью окружающую среду;

2) стереозрение — трехмерные глаза охотника;

3) язык, позволяющий нам накапливать знания, культуру и мудрость от поколения к поколению.

Если сравнить эти три черты с характеристиками, которые мы находим в животном царстве, можно увидеть, что под такие критерии потенциальной разумности подходит очень мало животных. Собаки и кошки, к примеру, не умеют хватать и не имеют сложного языка. У осьминогов есть сложно устроенные щупальца, но они плохо видят и не имеют разработанного языка.

Конечно, возможны варианты всех трех этих критериев. Так, вместо отстоящего большого пальца у инопланетных существ могут быть клешни или щупальца. (Единственное условие — они должны иметь возможность изменять окружающий мир при помощи орудий, созданных этими конечностями.) Вместо двух глаз у них может быть больше, как у насекомых. Или вместо глаз у них могут быть сенсоры, улавливающие звук или ультрафиолет, а не видимый свет. Тем не менее, вероятно, у них будут стереоглаза охотника, поскольку интеллектом хищник обычно превосходит свою жертву. А вместо языка, основанного на звуках, у них может оказаться система коммуникации на каком-нибудь другом виде колебаний. (Единственное требование — они должны уметь обмениваться информацией и в конце концов создать культуру, которая переживет много поколений.)

А в остальном может быть что угодно.

Еще один момент. Сознание представителей инопланетной цивилизации, вероятно, будет определяться средой их обитания. Сегодня астрономы понимают, что самые многочисленные зоны возможной жизни во Вселенной — это не землеподобные планеты, где существа могут купаться в теплом свете звезды, а ледяные спутники планет-гигантов вроде Юпитера, которые отделяют от звезды миллиарды километров. Ученые убеждены, что на Европе — луне Юпитера — под ледяной коркой скрывается жидкий океан, разогреваемый приливными силами. Поскольку Европа, обращаясь вокруг Юпитера, вращается, гравитационное поле планеты-гиганта стискивает ее в разных направлениях, что вызывает в глубинах планетоида сильное трение. Выделяется тепло, образуются вулканы и горячие донные источники; лед плавится, образуя жидкий океан. По мнению ученых, океаны на Европе достаточно глубокие, а их объем во

много раз превосходит объем земных океанов. А поскольку планеты-гиганты есть у половины всех звезд на небе (их примерно в 100 раз больше, чем землеподобных планет), то и самой распространенной формой жизни во Вселенной могут оказаться обитатели ледяных лун газовых гигантов, похожих на Юпитер.

Поэтому первая встреченная нами инопланетная цивилизация скорее всего будет иметь водное происхождение. (Вероятно, кроме того, они в какой-то момент вышли из океана и научились жить на суше, на ледяной поверхности своей луны. Причин тому несколько. Во-первых, любой вид, постоянно живущий под водой, будет иметь очень ограниченные представления о Вселенной. Если они будут считать, что Вселенная — это лишь океан под ледяной коркой, у них никогда не появятся ни астрономия, ни космическая программа. Во-вторых, вода закорачивает электрические контакты, так что, оставшись под водой, они никогда не придумают радио и телевидение. Чтобы развиваться, цивилизация должна овладеть электроникой, что невозможно в океане. Так что инопланетяне, как и мы когда-то, скорее всего, нашли способ выйти из воды и выжить на суше.)

Но что произойдет, если такая цивилизация разовьется до космического уровня и придумает способ добраться до Земли? Будет ли это по-прежнему цивилизация биологических организмов или постбиологическая цивилизация?

Постбиологическая эра

Есть человек, который посвятил размышлениям об этих вопросах немало времени. Это доктор Пол Дэвис из Университета штата Аризона возле Финикса. В интервью он рассказал мне, что для того, чтобы представить себе, какой может быть цивилизация, обогнавшая нас в развитии на тысячи или даже больше лет, нам придется расширять горизонты собственного мировоззрения.

Учитывая опасности космических путешествий, считает он, выяснится, что эти существа давно отказались от своей биологической формы и представляют собой что-то вроде того самого бестелесного сознания, о котором мы говорили в предыдущей главе. Доктор Дэвис пишет: «Мой вывод поразителен. Я считаю весьма вероятным — и, по существу, даже неизбежным, — что биологический разум окажется всего лишь преходящим явлением, коротким этапом эволюции разума во Вселенной. Если мы когда-нибудь встретимся с внеземным разумом, я

считаю, что он с ошеломляющей вероятностью окажется постбиологическим по своей природе. Этот вывод имеет очевидные и далеко идущие последствия для SETI».

Если инопланетяне обогнали нас на тысячи лет, то они, вполне возможно, давным-давно отказались от своих биологических тел и создали самое совершенное вычислительное тело: планету, вся поверхность которой покрыта компьютерами. Доктор Дэвис говорит: «Нетрудно представить, как вся поверхность планеты покрывается единой интегрированной вычислительной системой… Рэй Брэдбери предложил для таких потрясающих систем термин «мозг-матрешка»».

Если верить доктору Дэвису, инопланетное сознание может утратить концепцию «я», или «самости», и войти в своего рода коллективную Всемирную паутину разумов, которая покроет всю поверхность планеты. Доктор Дэвис добавляет: «Мощная компьютерная сеть без ощущения самости имела бы громадные преимущества перед человеческим разумом, поскольку могла бы перепрограммировать «себя», бесстрашно меняться, сливаться с целыми системами и расти. «Личностное чувство» в ней откровенно тормозило бы прогресс».

Так что он считает, что во имя эффективности и вычислительной мощности представители этой продвинутой цивилизации откажутся от собственной идентичности и потеряются в коллективном сознании[21].

Доктор Дэвис признает, что критикам его идеи эта концепция может показаться отталкивающей. На первый взгляд, этот чуждый нам вид жертвует индивидуальностью и креативностью ради пользы коллектива или улья. Такой исход не является неизбежным, предостерегает он, но это самый эффективный путь для цивилизации.

Кроме того, доктор Дэвис выдвинул гипотезу, которую и сам считает нерадующей. Когда я спросил его, почему эти цивилизации не посещают нас, он дал странный ответ. Он сказал, что любая настолько продвинутая цивилизация наверняка создала виртуальные реальности, которые намного интереснее и увлекательнее реальности настоящей. Сегодняшняя наша виртуальная реальность — детская игрушка по сравнению с виртуальной реальностью цивилизации, обогнавшей нас в развитии на тысячи лет.

Это означает, что их лучшие умы могли предпочесть реальности воображаемую жизнь в различных виртуальных мирах. Такая мысль обескураживает, признается он, но и этот вариант тоже возможен. Более того, не стоит забывать о нем при разработке новых, более совершенных видов виртуальной реальности.

Что им нужно?

В фильме «Матрица» машины захватывают власть и помещают людей в капсулы, используя их как источники энергии для себя. Именно поэтому они сохраняют людям жизнь. Но поскольку одна-единственная электростанция производит больше энергии, чем тела миллионов людей, любой инопланетянин, занятый поисками источников энергии, сразу понял бы, что в людях-батарейках нет необходимости. (Кажется, вожди-машины в «Матрице» этого не понимают, но инопланетяне, будем надеяться, разберутся.)

Еще один вариант состоит в том, что они нами питаются. В одном из эпизодов «Сумеречной зоны» пришельцы высаживаются на Земле и обещают нам все прелести своих продвинутых технологий. Они даже приглашают добровольцев посетить их прекрасную родную планету. Улетая, они случайно оставляют на Земле книгу под названием «Человек». Ученые лихорадочно пытаются расшифровать инопланетный язык, чтобы узнать поскорее, какими же чудесами собираются поделиться с нами добрые пришельцы. Вместо этого выясняется, что книга на самом деле — поваренная. (Правда, поскольку мы построены, вероятно, из совершенно разных белков и ДНК, их пищеварительному тракту затруднительно будет переварить нас.)

Еще одна гипотеза состоит в том, что инопланетяне захотят ограбить Землю, захватив все местные ресурсы и ценные минералы. В этом может быть доля правды, но если эта цивилизация достаточно продвинута, чтобы без труда прилететь сюда со звезд, они смогут с тем же успехом найти для себя сколько угодно необитаемых планет и не думать о беспокойных туземцах. С их точки зрения, глупо колонизировать обитаемую планету, если есть более простые варианты.

Итак, если инопланетяне не хотят сделать нас рабами или поживиться нашими ресурсами, то какую опасность для нас они представляют? Вообразите себе оленя в лесу. Кого ему следует больше бояться — охотника с ружьем или вежливого строителя, вооруженного чертежами? Конечно, охотник может испугать и даже убить оленя, но реально он угрожает всего нескольким особям. Строитель намного опаснее, потому что оленей он просто не замечает: ему до них нет никакого дела. Он занимается своей работой: превращает лес в пространство, пригодное для использования. Ввиду этого зададимся вопросом: как на самом деле может выглядеть инопланетное вторжение?

В голливудских фильмах есть одна вопиющая ошибка: инопланетяне там обогнали человечество всего лет на сто, так что мы, как правило, можем отразить их нападение, разработав секретное оружие или воспользовавшись какой-то очевидной слабостью их защиты, как в фильме «Земля против летающих тарелок». Но на деле, как сказал мне как-то директор SETI доктор Сет Шостак, сражение землян с продвинутой инопланетной цивилизацией будет напоминать сражение Бэмби с Годзиллой.

Действительно, может оказаться, что по оружию инопланетяне обогнали нас на тысячи или даже миллионы лет. Так что, скорее всего, мы мало что сможем сделать для своей защиты. Правда, мы могли бы поучиться у варваров, погубивших когда-то Римскую империю — величайшую военную империю своего времени.

Римляне были искусными инженерами и умели создавать оружие, способное полностью уничтожать варварские деревни, а также строить дороги для снабжения отдаленных военных форпостов огромной империи. Варвары были вчерашними кочевниками и в сражении против отлаженной машины римской армии шансов на победу практически не имели.

Но история свидетельствует, что ткань постоянно расширявшейся империи слишком истончилась: появилось слишком много врагов, с которыми нужно сражаться, и договоров, которые нужно выполнять, а экономики для поддержания всего этого катастрофически не хватало, особенно с учетом постепенного падения численности населения. Более того, империи, которой всегда не хватало рекрутов, пришлось брать в армию молодых варваров и даже продвигать их на командирские должности. Естественно, передовые технологии империи начали просачиваться и к варварам. Со временем те и сами овладели военным искусством, которое в свое время сыграло решающую роль в их покорении.

В конце своего существования империя, ослабленная дворцовыми интригами, серьезными неурожаями, гражданскими войнами и нехваткой войск, оказалась лицом к лицу с варварами, которые уже знали, как остановить римскую армию. Разграбление Рима в 410 и 455 гг. стало прологом к окончательному падению империи в 476 г. н. э.

Можно предположить, что и с инопланетянами дело обернется примерно так же. Поначалу земляне не будут представлять для инопланетного вторжения практически никакой опасности, но со временем, когда нам удастся изучить слабые места вражеской армии, систему ее снабжения, командные центры и, самое главное, оружие, ситуация изменится. Чтобы контролировать местное население, пришельцам

придется набирать коллаборационистов и продвигать их на руководящие посты. В результате передовые технологии мало-помалу начнут просачиваться к землянам.

Затем собранная с миру по нитке армия землян сможет предпринять контратаку. В восточной военной стратегии (к примеру, в классическом трактате Сунь-цзы «Искусство войны») описан способ нанести поражение даже сильнейшей армии. Сначала нужно пустить ее на свои земли. А затем, когда она окажется в незнакомой местности и войска распределятся по большой площади, ударить в самое слабое место.

Еще один вариант — использовать силу вражеской армии против нее самой. Главный принцип дзюдо — использовать энергию нападающего в собственных целях. Вы позволяете противнику напасть, а затем ставите подножку или уводите в сторону, пользуясь его собственной массой и энергией. Чем крупнее враг, тем тяжелее ему падать. Точно так же при борьбе с сильнейшей инопланетной армией единственный шанс победить состоит в том, чтобы впустить врага на свою землю, изучить его оружие и военные тайны, а затем использовать и оружие, и тайны против него самого.

Итак, мощную инопланетную армию не удастся отразить сразу. Но она уйдет сама, если победить сразу не удастся, а затяжной конфликт будет слишком дорого стоить. Успех состоит в том, чтобы лишить врага шанса на победу.

Но мне кажется, инопланетяне будут доброжелательны и по большей части не будут обращать на нас внимания. Нам просто нечего им предложить. Если они посетят нас, то в основном из любопытства или с целью разведки. (Поскольку любопытство сыграло принципиально важную роль в нашем пути к разумности, то и пришельцы, скорее всего, будут любопытны и потому захотят исследовать нас. Это не означает, что они обязательно будут стремиться к контакту.)

Встреча с инопланетным астронавтом

Что бы нам ни показывали в кино, мы, вероятно, не встретимся с инопланетными существами непосредственно, во плоти. Для них это было бы попросту слишком опасно, да и ни к чему. Если сами мы направили на исследование Марса марсоходы, то инопланетяне, скорее всего, направят на Землю вместо себя органические/механические суррогаты или аватары, которые лучше перенесут тяготы межзвездного перелета. Так что

«пришельцы», которых мы встретим на лужайке у Белого дома, могут оказаться совершенно непохожими на своих создателей, оставшихся на родной планете. А хозяева будут проецировать на них свое сознание через космос при помощи промежуточных станций.

Но еще более вероятно, что они направят роботизированные зонды на нашу Луну, поскольку она геологически стабильна и не подвержена эрозии. Эти зонды будут самовоспроизводящимися; они построят завод и произведут, скажем, тысячу копий самих себя. (Такие зонды называют зондами фон Неймана в честь математика Джона фон Неймана, заложившего основы теории цифровых компьютеров. Фон Нейман первым из математиков всерьез рассмотрел задачу создания машин, способных воспроизвести самих себя.) Зонды второго поколения затем отправятся в другие звездные системы, где каждый из них, в свою очередь, построит тысячу зондов третьего поколения; всего зондов будет уже миллион. Новые зонды вновь разлетятся во всех направлениях и построят свои заводы, доведя общее число зондов до миллиарда. Началось все с одного зонда, затем мы получили тысячу, миллион, миллиард. Через пять поколений у нас будет квадриллион зондов. Очень скоро возникнет гигантская сфера, расширяющаяся с околосветовой скоростью и состоящая из триллионов триллионов роботов; таким образом можно за несколько сотен тысяч лет колонизировать всю Галактику.

Доктор Дэвис относится к идее самокопирующихся зондов фон Неймана настолько серьезно, что уже запросил финансирование на новый проект: исследование поверхности Луны для поиска следов инопланетных посещений. Он хочет просканировать поверхность Луны на предмет радиоизлучений или радиационных аномалий, которые могли бы свидетельствовать о визитах инопланетян, имевших место, возможно, миллионы лет назад. Вместе с доктором Робертом Вагнером он написал статью в научный журнал *Acta Astronautica;* в ней ученые призвали тщательнейшим образом изучить фотографии с американского спутника Lunar Reconnaissance Orbiter вплоть до разрешения 0,5 м.

Ученые пишут: «Хотя вероятность того, что инопланетные технологии оставили на Луне следы в виде артефактов или модификации деталей лунного рельефа крайне мала, все же Луна как место поиска хороша уже тем, что находится рядом». Кроме того, следы инопланетных технологий на ней сохранились бы надолго. На Луне нет эрозии, поэтому следы инопланетян были бы видны до сих пор (точно так же, как следы американских астронавтов, оставленные в 1970-е гг., могут, в принципе, сохраняться миллиарды лет).

Одна из проблем, однако, состоит в том, что зонд фон Неймана может быть очень небольшим. Нанозонды, в которых используются молекулярные машины и микроэлектромеханические устройства, по размеру могут быть не больше, а то и меньше, хлебной буханки, сказал мне Дэвис. (Если такой зонд приземлился бы на Земле в чьем-нибудь дворе, то хозяин мог бы его даже не заметить.)

Тем не менее этот метод (использование экспоненциально растущего числа самокопирующихся зондов фон Неймана) представляет собой самый эффективный способ колонизации Галактики. (Кстати говоря, именно таким образом вирус поражает наш организм. Начинается все с горстки вирусов, каждый из них захватывает клетку, запускает механизм репродукции и превращает клетку в завод по производству новых вирусов. За две недели один вирус может поразить триллионы клеток, и мы начнем чихать.)

Если сценарий угадан верно, то Луна — наиболее подходящее место для инопланетного визита. Именно такой вариант лег в основу фильма «2001: Космическая одиссея», который даже сегодня представляет самый вероятный сценарий встречи с внеземной цивилизацией. В фильме зонд был оставлен на Луне миллионы лет назад в основном для наблюдения за эволюцией жизни на Земле. Время от времени он вмешивался в ход эволюции и придавал ей дополнительный импульс. Затем информация с зонда передавалась в систему Юпитера, на промежуточную станцию, а затем — на родную планету этой древней цивилизации.

Понятно, что с точки зрения той продвинутой цивилизации, способной одновременно следить за миллиардами звездных систем, выбор планетных систем для колонизации достаточно велик. Учитывая громадность Галактики, они могут собрать данные из множества систем, а затем спокойно выбрать, на каких планетах и лунах лучше всего добывать ресурсы. Может быть, Земля им не понравится.

15. Последние замечания

Империи будущего будут империями разума.

Уинстон Черчилль

Если мы и дальше будем развивать технику без оглядки на мудрость или осторожность, то слуга может оказаться нашим палачом.

Генерал Омар Брэдли

В 2000 г. в научном сообществе разразилась настоящая буря. Один из основателей Sun Computers Билл Джой написал зажигательную статью, в которой объявил о смертельной опасности, которая угрожает человечеству со стороны передовых технологий. Статья с провокационным названием «Будущему мы не нужны» в журнале *Wired* гласила: «Самые мощные наши технологии XXI века — робототехника, генная инженерия и нанотехнологии — грозят сделать человечество вымирающим видом». В статье подвергался сомнению моральный облик сотен преданных делу ученых, раздвигающих в своих лабораториях пределы человеческих знаний. Джой подверг сомнению самую суть научных исследований и заявил, что польза от развития техники намного меньше тех громадных угроз, которые эта самая техника создает для человечества.

Он развернул перед глазами читателей жуткую антиутопию, в которой все наши технологии сговорились уничтожить цивилизацию. Против нас когда-нибудь обернутся три ключевых наших создания, предупреждал он:

• когда-нибудь микробы, полученные биоинженерными методами, выскользнут за стены лабораторий и учинят на Земле настоящий хаос. Поскольку собрать их обратно невозможно по очевидным причинам, они, скорее всего, бешено размножатся и породят на планете смертельную чуму хуже, чем в Средние века. Не исключено, что биотехнологии даже изменят ход эволюции человека, положив начало «нескольким отдельным и неравноценным видам… что поставит под угрозу концепцию равенства — краеугольный камень нашей демократии»;

• когда-нибудь наноботы могут взбеситься и выплеснуть в мир неограниченное количество «серой слизи», которая покроет Землю целиком и задушит на ней всякую жизнь. Поскольку наноботы

«переваривают» обычные вещества и преобразуют их в другие формы, то испортившиеся наноботы могут выйти из-под контроля и пожрать значительную часть планеты. «Серая слизь станет, безусловно, грустным финалом человеческих приключений на Земле; это намного хуже простого огня или льда, к тому же начаться может с обычной лабораторной случайности»;

• когда-нибудь роботы захватят власть и сменят человечество. Они станут настолько разумными, что просто оттолкнут человечество на обочину. Мы останемся лишь примечанием в книге эволюции. «Роботы ни в каком смысле не будут нашими детьми… На этом пути наше человечество вполне может погибнуть».

Джой утверждал, что по сравнению с опасностью, которую представляют для нас эти три чуда техники, опасность атомной бомбы периода 1940-х гг. может показаться пустяком. Тогда Эйнштейн предупреждал о том, что ядерным технологиям под силу разрушить цивилизацию: «Ясно с поразительной очевидностью, что наши технологии превзошли нашу человечность». Но атомная бомба была создана в результате масштабной правительственной программы, которую можно было жестко регулировать, тогда как эти технологии развиваются частными компаниями, где регулирование сильно ослаблено, если вообще присутствует, указывает Джой.

Конечно, соглашается он, в краткосрочной перспективе эти технологии, возможно, облегчат страдания. Но в долгосрочной перспективе все преимущества померкнут перед тем фактом, что результатом развития этих технологий может стать научный армагеддон, способный положить конец роду человеческому.

Джой даже обвинил ученых в эгоизме и наивности в их попытках создать лучшее общество. Он писал: «Традиционная утопия — это хорошее общество и хорошая жизнь. Хорошая жизнь невозможна без других людей. Эта техноутопия сводится только к заявлениям типа: «Я не буду болеть; я не умру; я буду лучше видеть и поумнею» и т. п. Если бы вы рассказали об этом Сократу или Платону, они посмеялись бы над вами».

Завершается статья следующим заявлением: «Я думаю, не будет преувеличением сказать, что мы стоим на пороге дальнейшего совершенствования абсолютного зла, возможности которого простираются гораздо дальше, чем возможности оружия массового уничтожения по отношению к отдельным государствам…»

Какой же из этого может следовать вывод? «Что-то вроде вымирания», — предупреждает Джой.

Как и ожидалось, статья вызвала целую бурю возражений.

После выхода этой статьи прошло уже больше десяти лет — для высоких технологий это целая жизнь. Сегодня уже можно посмотреть на некоторые из предсказаний автора с позиций нового знания. Оглядываясь назад и рассматривая предупреждения в перспективе, мы без труда заметим, что Билл Джой преувеличил угрозу высоких технологий, но одновременно вынудил ученых взглянуть в лицо этическим, моральным и социальным последствиям их работы, а это всегда хорошо.

Кроме того, его статья положила начало дискуссии о том, что такое человек. Разгадывая молекулярные, генетические и нейронные загадки мозга, не дегуманизируем ли мы в какой-то степени человека, не упрощаем ли, сводя человеческую сущность к набору атомов и нейронов? Если нам удастся нанести на карту все нейроны мозга до единого, а также отследить все нервные пути, не лишит ли это человечество покрова тайны и магии?

Ответ Биллу Джою

Задним числом понятно, что угроза со стороны роботов и нанотехнологий далеко не так близка, как считал Билл Джой, и я сказал бы, что предупрежденное человечество успеет предпринять самые разные контрмеры (к примеру, запретить некоторые направления исследований, если они ведут к созданию неуправляемых роботов, или вставить в них специальные чипы для выключения в критических ситуациях, или разработать надежные устройства для иммобилизации в случае необходимости вообще всех роботов).

Более близкую угрозу несут биотехнологии, где опасность со стороны биомикробов, «улизнувших» из лаборатории, может оказаться вполне реальной. Более того, Рэй Курцвайль и Билл Джой совместно написали статью, где раскритиковали публикацию в открытой печати полного генома вируса испанки 1918 г. — одного из самых опасных убийц современности, погубившего больше людей, чем Первая мировая война. Исследовав тела и кровь жертв эпидемии, ученые восстановили давно погибший вирус, секвенировали его гены и опубликовали результаты в Интернете.

Меры предосторожности против случайного распространения таких опасных вирусов уже принимаются, но необходимо и дальше усиливать их и добавлять новые уровни безопасности. В частности, если новый вирус внезапно проявит себя в каком-нибудь отдаленном уголке мира, у ученых должны быть готовы команды быстрого реагирования, способные

изолировать вирус в природе, секвенировать его гены, а затем быстро приготовить вакцину, которая поможет остановить его распространение.

Как это повлияет на будущее сознания

Этот спор, помимо всего, окажет непосредственное влияние на будущее разума. В настоящее время нейробиология находится на достаточно примитивном уровне. Ученые могут прочитать и даже записать на видео простые мысли живого мозга, зафиксировать кое-какие воспоминания, связать мозг с механическими руками (а значит, дать возможность пациентам, лишенным связи с внешним миром, управлять машинами), могут заставить замолчать какие-то конкретные области мозга при помощи магнитного поля, а также определить, нарушение работы каких конкретно участков мозга вызывает болезнь, но не могут сделать еще очень и очень многого.

Однако в ближайшие десятилетия нейробиологию, возможно, ждет взрывной рост. Мы сегодня на пороге новых поразительных научных открытий. Когда-нибудь человек научится без всякого труда силой мысли управлять объектами вокруг себя, записывать воспоминания, лечить болезни психики, повышать интеллект, понимать мозг до последнего нейрона, создавать резервные копии мозга и телепатически общаться друг с другом. Мир будущего будет миром разума.

Но Джой и не оспаривал потенциальные возможности наших технологий в деле облегчения боли и страданий людей. Ужас у него вызывало другое. Он думал о том, что расширение возможностей человека может расколоть род человеческий. В статье он нарисовал грустную антиутопию, в которой крохотная часть человечества — элита — получит усиленный интеллект и разовьет другие ментальные процессы, а основная масса людей будет жить в бедности и невежестве. Его тревожит, что человеческая раса расколется надвое, и может быть, часть ее вовсе перестанет быть людьми[22].

Но, как мы уже говорили, большая часть технологий появляется сначала как дорогая и эксклюзивная услуга для богатых. Затем, однако, массовое производство, снижение цен, конкуренция и недорогой транспорт неизбежно ведут к тому, что технологии и становятся доступны и бедным. Так было с фонографами, радиоприемниками, телевизорами, персональными компьютерами, ноутбуками и сотовыми телефонами.

Наука не делит мир на имущих и неимущих; напротив, она —

двигатель общего процветания. Из всех инструментов, которыми человек овладел с начала времен, самым мощным и продуктивным оказалась наука. Невероятными богатствами мира человечество обязано именно науке. Чтобы понять, что технический прогресс снижает социальное неравенство, а не усиливает его, достаточно вспомнить, как жили наши прадеды в 1900 г. Тогда ожидаемая продолжительность жизни в США составляла 49 лет. Многие дети умирали в младенчестве. Чтобы связаться с соседом, нужно было кричать в окно. Почту доставляли на лошадях, если вообще доставляли. Среди лекарств было множество шарлатанских средств. Единственное, что по-настоящему работало, — это ампутации (без анестезии) и морфин для обезболивания. Пища портилась за несколько дней. Канализации не было. Болезни были постоянной угрозой. А экономика могла поддерживать лишь горсточку богатых и крохотный средний класс.

Технический прогресс изменил все. Нам больше не нужно охотиться ради пищи: мы просто идем в супермаркет. Нам не нужно таскать все на себе: для этого есть автомобили. (Откровенно говоря, самая значительная угроза, которая на данный момент исходит от техники и убивает людей миллионами, — это вовсе не роботы-убийцы или взбесившиеся наноботы, а наш образ жизни, при котором диабет, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, рак и пр. подошли, по существу, к эпидемиологическому порогу. И в этой проблеме виноваты мы сами.)

То же мы видим и на общемировом уровне. За последние несколько десятилетий сотни миллионов людей по всему миру впервые в истории были избавлены от тяжелой нужды. Посмотрев на картину в целом, мы увидим, что значительная часть рода человеческого уже отказалась от неблагодарной жизни земледельца, в поте лица добывающего свой хлеб, и вступила в ряды среднего класса.

Западным странам на индустриализацию понадобилось несколько сотен лет, но Китай и Индия сегодня проделывают тот же путь за несколько десятилетий благодаря высоким технологиям. Беспроводная связь и Интернет позволяют этим странам одним скачком обогнать другие, более развитые, многие годы старательно опутывавшие проводами свои города. Пока Запад сражается со стареющей и разрушающейся городской инфраструктурой, развивающиеся страны строят огромные современные города.

(Когда я работал над диссертацией, мои коллеги в Китае и Индии вынуждены были ждать от нескольких месяцев до года, пока почта доставит им свежие научные журналы. Плюс к тому у них не было

практически никаких контактов с учеными и инженерами Запада, поскольку почти никто из них не мог себе позволить приехать сюда. Это очень мешало распространению новых технологий, которые расползались по миру медленно, как ледники. Сегодня ученые могут читать работы друг друга сразу же, как автор выложит их в Интернет, и могут дистанционно сотрудничать с коллегами по всему миру. Потоки информации невероятно ускорились. А вместе с технологиями приходят прогресс и процветание.)

Более того, не факт, что появление каких-то возможностей по повышению интеллекта вызовет катастрофический раскол рода человеческого, даже если многие не смогут позволить себе эту процедуру. По большей части способность решать сложные математические уравнения или абсолютная память не гарантируют ни хорошего дохода, ни уважения сверстников, ни успеха у представителей противоположного пола, а ведь именно эти стимулы создают мотивацию у большинства. Принцип пещерного человека перевешивает повышение интеллекта.

Доктор Майкл Газзанига отмечает: «Идея возни с собственными внутренностями состоит в том, чтобы дать новые возможности многим. И что же мы будем делать с расширенным интеллектом? Собираемся ли мы использовать его для решения проблем, или он просто позволит нам составлять более длинные списки рождественских открыток?..»

Но, как мы говорили в главе 5, безработные тоже могут получить пользу от новых технологий: ведь время, необходимое на освоение новых умений и навыков, резко уменьшится. Это может не только снять остроту проблемы безработицы, но и оказать влияние на мировую экономику, сделав ее более эффективной и чувствительной к переменам.

Мудрость и демократические дебаты

Отвечая на рассуждения Джоя, некоторые критики указывали, что вопрос на самом деле не в борьбе между учеными и природой, как изображено в статье. Вопрос в противоречиях между тремя сторонами: учеными, природой и обществом.

Ученые-компьютерщики, доктора Джон Браун и Пол Дугид, отозвались на статью заявлением: «Технологии, такие как порох, книгопечатание, железные дороги, телеграф и Интернет, могут вызвать в обществе глубочайшие изменения. Но социальные системы в форме правительств, судов, формальных и неформальных организаций, общественных движений, профессиональных сетей, местных сообществ,

рыночных институтов и пр. смиряют, придают форму и перенаправляют грубую силу техники».

Главное — анализировать технологии через призму общества; в конце концов, именно мы должны принять новое представление о будущем, которое вберет в себя все самые лучшие мысли.

На мой взгляд, главным источником мудрости в этом отношении служат энергичные демократические дебаты. В ближайшие десятилетия публику, вероятно, попросят высказать свое мнение и проголосовать по множеству принципиальных научных вопросов. Технологии невозможно обсуждать в вакууме.

Философские вопросы

Наконец, некоторые критики утверждали, что наука зашла слишком далеко в раскрытии тайн разума и что полученные учеными разгадки дегуманизируют и унижают человека. Какой смысл стараться открывать что-то новое, учиться чему-то новому или наслаждаться отдыхом, если все это можно свести к нейромедиаторам, активирующим несколько нервных контуров?

Иными словами, как астрономия сводит человечество к незначительным пылинкам по сравнению с величием космоса и Вселенной, так нейробиология сводит человеческую сущность к электрическим сигналам, циркулирующим по нейронным путям. Но так ли это?

Мы начали дискуссию с того, что назвали две величайшие загадки всей науки: это разум и Вселенная. Эти две сущности связаны не только общей историей и сюжетом; у них схожая философия, а возможно, и общая судьба. Наука, которой под силу заглянуть в сердце черной дыры и приземлиться на далекой планете, породила две всеобъемлющие философские концепции, имеющие отношение к разуму и Вселенной: принцип Коперника и антропный принцип. Тот и другой согласуются со всеми известными данными, но по существу они диаметрально противоположны.

Первая концепция — принцип Коперника — родилась с изобретением телескопа более 400 лет назад. Этот принцип говорит о том, что человечество не занимает во Вселенной привилегированного положения. Эта обманчиво простая идея низвергла культивировавшиеся тысячами лет мифы и укоренившиеся философские концепции.

Впервые после изгнания Адама и Евы из райского сада за приобщение

к плоду познания человечеству довелось пережить несколько унизительных разоблачений подряд. Во-первых, телескоп Галилея ясно показал, что Земля не является центром Солнечной системы; этот центр — Солнце. Но и эту картину пришлось пересматривать, когда ученые поняли, что Солнечная система — всего лишь пылинка в нашей Галактике и находится примерно в 30 000 световых лет от ее центра. Затем, в 1920-е гг., Эдвин Хаббл открыл множественность галактик. Вселенная неожиданно увеличилась в миллиарды раз. Теперь космический телескоп Хаббла сообщает о том, что в видимой Вселенной имеется до 100 млрд галактик. Наша Галактика сжалась в точку на громадной космической арене.

Более свежие космологические теории еще принизили положение человечества во Вселенной. Теория инфляционной Вселенной утверждает, что видимая ее часть с сотней миллиардов галактик — всего лишь точка в гораздо более масштабной расширяющейся Вселенной, которая настолько велика, что большая часть света из отдаленных ее областей до нас попросту еще не успела дойти. Существуют громадные пространства, которые мы не можем увидеть в наши телескопы и где никогда не сможем побывать, поскольку передвигаться быстрее света невозможно. А если теория струн (моя специализация) верна, то вся наша Вселенная сосуществует с другими вселенными в одиннадцатимерном гиперпространстве. Так что даже трехмерное пространство — не последнее слово. Истинная арена физических явлений — это мультивселенная, в которой плавает множество пузырей-вселенных.

Фантаст Дуглас Адамс попытался отразить ощущение непрерывного ниспровержения основ, придумав в книге «Автостопом по Галактике» устройство под названием Полный Перспективный Вихрь. Он был разработан для того, чтобы превратить любого здравомыслящего человека в душевнобольного. Вы входите в комнатку, и все, что видите вокруг, — это гигантскую карту Вселенной. А на карте крохотной, почти невидимой стрелочкой обозначено: «Вы здесь».

Так что, с одной стороны, принцип Коперника указывает на то, что мы — всего лишь незначительный космический мусор, бесцельно дрейфующий среди звезд. Но, с другой стороны, все последние космологические данные хорошо согласуются с еще одной теорией, отражающей иную философию: с антропным принципом.

Эта теория утверждает, что Вселенная совместима с жизнью. Из этого обманчиво простого утверждения следуют очень глубокие вещи. Оспорить факт существования жизни во Вселенной невозможно. Однако ясно также, что силы природы должны быть откалиброваны очень точно, чтобы эта

жизнь стала реальностью. Физик Фримен Дайсон однажды сказал: «Кажется, Вселенная знала, что мы появимся».

Так, если бы ядерное взаимодействие было чуть сильнее, Солнце выгорело бы миллиарды лет назад — слишком быстро, чтобы ДНК успела «встать на ноги». А если бы это взаимодействие было чуть слабее, то Солнце вообще никогда бы не вспыхнуло и нас бы здесь тоже не было.

Аналогично, если бы гравитация была сильнее, Вселенная коллапсировала бы в Большом сжатии миллиарды лет назад и мы все изжарились бы. Если бы она была немного слабее, Вселенная расширялась бы так быстро, что дошла бы до стадии Большого замерзания, а мы все замерзли бы.

Такая тонкая настройка распространяется на каждый атом нашего тела. Физика подсказывает, что все мы сделаны из звездной пыли, что все атомы рождены в гигантской звездной печи. Мы в буквальном смысле дети звезд.

Но ядерные реакции, которые выжгли водород и образовали более тяжелые элементы нашего тела, очень сложны; их цепочка могла прерваться в любой момент. Тогда возникновение тяжелых элементов было бы невозможно, и атомы ДНК, а также жизнь не возникли бы.

Иными словами, жизнь драгоценна — это настоящее чудо.

Тонкой настройки требует такое количество параметров, что кое-кто считает, что это не может быть случайностью. Слабый антропный принцип предполагает, что существование жизни вынуждает физические параметры Вселенной лежать в очень узком и точно определенном диапазоне. Сильный антропный принцип заходит еще дальше и утверждает, что Бог или какой-то другой дизайнер создал Вселенную именно такой намеренно, чтобы жизнь в ней была возможна.

Философия и нейробиология

Спор между принципом Коперника и антропным принципом отражается и в нейробиологии. К примеру, некоторые ученые утверждают, что человека можно свести к совокупности атомов, молекул и нейронов и потому во Вселенной нет для человечества достойного места.

Доктор Дэвид Иглмен пишет: «Тот вы, которого ваши друзья знают и любят, не может существовать, если все транзисторы, болтики и винтики в вашем мозгу на месте. Если вы в это не верите, зайдите в неврологическое отделение любой больницы. Повреждение даже небольших участков мозга

может привести к ужасу утраты нужных навыков: способности называть животных, или слышать музыку, или рисковать, или различать цвета, или принимать простые решения».

Представляется, что мозг не может функционировать без всех своих «винтиков и болтиков». Иглмен делает вывод: «Наша реальность зависит от того, на что способна наша биология».

Итак, с одной стороны, наше место во Вселенной умаляется, если нас можно, как роботов, свести к совокупности (биологических) винтиков и болтиков. Мы — всего лишь плоть, в которой действует программа под названием сознание — ни больше ни меньше. Наши мысли, желания, надежды и стремления можно свести к электрическим импульсам, циркулирующим в некоторой области префронтальной коры. Это принцип Коперника в применении к сознанию.

Но к сознанию можно применить и антропный принцип, и тогда мы придем к противоположному выводу. Он гласит, что условия во Вселенной делают сознание возможным, хотя получить разум в результате случайных событий очень сложно. Великий биолог Викторианской эпохи Томас Гексли говорил: «Как получается, что нечто столь замечательное, как состояние сознания, возникает в результате раздражения нервной ткани, столь же непостижимо, как появление джинна в результате того, что Аладдин потер лампу».

Более того, большинство астрономов считает, что когда-нибудь нам, возможно, удастся обнаружить жизнь на других планетах, но это, скорее всего, будет микрожизнь, властвовавшая в наших океанах миллиарды лет. Вместо великих городов и империй мы, возможно, увидим лишь океаны дрейфующих микроорганизмов.

Когда я во время интервью спросил об этом у ныне покойного гарвардского биолога Стивена Джея Гулда, он объяснил мне, что думает так: если бы мы могли каким-то образом получить копию Земли такой, какой она была 4,5 млрд лет назад, то что стало бы с ней через 4,5 млрд лет? Стала бы она точной копией Земли сегодняшней? Скорее всего, нет. Существует значительная вероятность, что ДНК и жизнь никогда не стали бы на ноги, и еще бóльшая вероятность того, что разумная жизнь и сознание никогда не поднялись бы из трясины.

Гулд писал: *«Homo sapiens* — всего лишь небольшая веточка [на древе жизни]… Тем не менее наша веточка, к добру или к худу, развила в себе самое необычное новое качество в истории многоклеточной жизни, начиная с кембрийского взрыва 500 млн лет назад. Мы изобрели сознание со всеми его следствиями от Гамлета до Хиросимы».

Вообще-то в истории Земли было множество моментов, когда разумная жизнь легко могла исчезнуть. Помимо массового вымирания, стершего с лица планеты динозавров и бóльшую часть других видов, человечество переживало и собственные катастрофические периоды. Так, все люди на Земле генетически довольно близко связаны между собой — намного ближе, чем типичные животные одного вида. Люди могут выглядеть по-разному, но наши гены и внутренняя биохимия говорят о другом. Любые два человека на планете так близкородственны друг другу генетически, что можно даже подсчитать, когда именно «генетическая Ева» или «генетический Адам» дали жизнь всему роду человеческому. Более того, можно вычислить, сколько всего людей жило на Земле в прошлом.

Числа, кстати, получаются замечательные. Генетика показывает, что 70 000–100 000 лет назад на Земле жило от нескольких сотен до нескольких тысяч человек, от которых и пошел весь род человеческий. (Одна из теорий утверждает, что титанический взрыв вулкана Тоба в Индонезии около 70 000 лет назад вызвал такое похолодание, что большая часть людей вымерла, а горстка оставшихся вновь заселила Землю.) Из этой небольшой группы людей вышли искатели приключений и исследователи, которым со временем удалось колонизировать всю планету.

Раз за разом в ходе истории Земли разумная жизнь на ней оказывалась в тупике. Чудо, что мы все же уцелели. Можно заключить также, что, хотя жизнь может существовать на многих планетах, сознательная жизнь, по всей видимости, развивается лишь на крохотной их части. Поэтому мы должны ценить земной разум. Это высшая форма сложности, известная во Вселенной, и, вероятно, самая редкая.

Иногда, размышляя о будущей судьбе рода человеческого, я думаю и о вероятности нашего самоуничтожения. Конечно, вулканы и землетрясения опасны для человека и могут погубить его, но думается, что самую большую опасность для нас представляют рукотворные катастрофы, такие как ядерная война или микробы, созданные в лабораториях биоинженерии. Если так, то единственная, возможно, разумная жизнь в этой части Галактики может погибнуть. Мне кажется, это было бы трагедией не только для нас, но и для Вселенной. Сознание кажется нам естественным состоянием, но мы не задумываемся о длинной и непростой цепочке биологических событий, которая привела к его возникновению. Психолог Стивен Пинкер пишет: «Я сказал бы, что ничто не придает жизни большей целеустремленности, чем понимание того, что каждый момент осознания себя есть драгоценный и хрупкий дар».

Чудо сознания

Наконец, есть критики науки, утверждающие, что понять что-то означает сорвать с этого чего-то покров тайны и волшебства. Наука, срывая с сознания покровы, делает его более обычным и будничным. Однако, чем больше я узнаю о сложности мозга, тем сильнее поражаюсь тому, что на плечах у нас находится самый сложный известный нам объект во Вселенной. Доктор Дэвид Иглмен говорит: «Какой все же мозг загадочный шедевр, и как же нам повезло, что мы принадлежим к поколению, у которого есть технологии и воля обратить на него свое внимание! Это самая чудесная вещь, которую мы до сих пор обнаружили во Вселенной, — и это мы». Вместо того чтобы умалять наше восхищение, новые знания о мозге лишь усиливают его.

Более двух тысяч лет назад Сократ сказал: «Познай самого себя — это начало мудрости». Нам предстоит долгий путь, прежде чем мы сможем выполнить его пожелание.

Приложение

Квантовое сознание?

Несмотря на великолепные успехи в сканировании мозга и высоких технологиях, некоторые утверждают, что мы никогда не раскроем тайны сознания, поскольку сознание выходит далеко за пределы возможностей нашей жалкой техники. С их точки зрения, сознание более фундаментально, чем атомы, молекулы и нейроны, и определяет саму природу реальности. Сознание для них — фундаментальная сущность, из которой соткан материальный мир. И чтобы доказать эту точку зрения, они ссылаются на один из величайших парадоксов науки, бросающий вызов самому определению реальности: парадокс, связанный с котом Шрёдингера. Сегодня не существует общепринятой точки зрения на эту проблему, и даже нобелевские лауреаты занимают разные позиции. Но и цена вопроса велика: на кон ставится ни много ни мало природа реальности и мысли.

Парадокс кота Шрёдингера лежит практически в основании квантовой механики — области науки, благодаря которой возможны лазер, МРТ-сканер, радио и телевидение, современная электроника, GPS и телекоммуникации. От нее зависит мировая экономика. Многие из предсказаний квантовой теории проверены до точности в одну стомиллиардную долю[23].

Всю свою профессиональную жизнь я работал над квантовой теорией. Да, я понимаю, что это колосс на глиняных ногах. Очень неприятно чувствовать, что работа всей моей жизни основана на теории, фундамент которой составляет парадокс.

В свое время дебаты на эту тему начал австрийский физик Эрвин Шрёдингер, один из отцов-основателей квантовой теории. Вообще-то он пытался объяснить странное поведение электронов, которые норовили продемонстрировать свойства то волны, то частицы. Как может электрон, точечная частица, следовать двум разным моделям поведения? Иногда электроны вели себя как частицы и оставляли хорошо заметный след в камере Вильсона. В других случаях электроны вели себя как волны, проходили сквозь крохотные отверстия и создавали волноподобные интерференционные картины, подобно волнам на поверхности пруда.

В 1925 г. Шрёдингер предложил свое знаменитое волновое уравнение, которое позже было названо его именем, — одно из важнейших уравнений всех времен. Оно сразу же стало сенсацией и в 1933 г. принесло

Шрёдингеру Нобелевскую премию. Уравнение Шрёдингера точно описывало волновое поведение электрона, а в приложении к атому водорода прекрасно объясняло его странные свойства. Поразительно, но приложить его можно было к любому атому, причем при помощи уравнения удавалось объяснить большую часть особенностей периодической системы Менделеева. Создавалось впечатление, что вся химия (а значит, и вся биология) является не чем иным, как решениями этого волнового уравнения. Некоторые физики даже утверждали, что вся Вселенная со всеми звездами, планетами и даже с нами не что иное, как решение этого уравнения.

Но затем физики начали задавать вопрос, звучащий актуально даже сегодня: если электрон описывается волновой функцией, то что именно колеблется?

В 1927 г. Вернер Гейзенберг предложил новый принцип, расколовший физическое сообщество надвое. Знаменитый принцип неопределенности Гейзенберга гласит, что одновременно точно знать и положение электрона, и его импульс невозможно. Причем такая неопределенность не зависит от того, насколько грубы ваши инструменты, а изначально заложена в самой физике. Даже Бог или другое какое-нибудь небесное существо не в состоянии знать точное расположение и импульс электрона.

Так что волновая функция Шрёдингера на самом деле описывает вероятность нахождения электрона в данной точке. Ученые тысячи лет пытались устранить всякие случайности и вероятности из своей работы, а теперь вдруг Гейзенбергу вздумалось впустить их с черного хода.

Новую философию можно подытожить примерно таким образом: электрон — точечная частица, но вероятность его нахождения в данной точке задается волновой функцией. А волна эта подчиняется уравнению Шрёдингера и порождает принцип неопределенности.

Физическое сообщество раскололось. С одной стороны, собрались такие физики, как Нильс Бор и Вернер Гейзенберг, и большинство атомных физиков с готовностью приняли новую формулировку. Почти ежедневно они объявляли о новых прорывах в исследовании свойств вещества. Нобелевские премии вручались, как «Оскары», и одна за другой доставались специалистам по квантовой физике. Квантовая механика потихоньку переходила в разряд руководства к действию. Не нужно было быть великим физиком, чтобы внести поистине звездный вклад: чтобы делать поразительные открытия, достаточно было просто следовать рецептам квантовой механики.

С другой стороны, нобелевские лауреаты старшего поколения, такие

как Альберт Эйнштейн, Эрвин Шрёдингер и Луи де Бройль, поднимали философские вопросы. Шрёдингер, с работ которого, собственно, и начался процесс, жаловался: знай он, что его уравнение впустит в физику вероятности, никогда бы не стал вводить его.

Физики затеяли спор, который продлился 80 лет и продолжается до сих пор. С одной стороны, Эйнштейн заявил, что «Бог не играет в кости с миром». С другой стороны, Нильс Бор, как рассказывали, ответил: «Перестаньте указывать Богу, что он должен делать».

В 1935 г. Шрёдингер, пытаясь раз и навсегда покончить с квантовой физикой, предложил свой знаменитый мысленный эксперимент с котом. Помещаем кота в запечатанный ящик вместе с контейнером, содержащим ядовитый газ. Там же, в ящике, находится крохотный кусочек урана. Атом урана нестабилен и при распаде испускает частицы, которые можно зарегистрировать счетчиком Гейгера. Счетчик включает механизм, который опускает молоток на стеклянный контейнер с газом; стекло разбивается, газ выходит и убивает кота.

Как при этом можно описать кота? Специалист по квантовой физике сказал бы, что атом урана описывается волновой функцией, которая может распасться или не распасться. Поэтому нам следует сложить две волны. Если атом урана сработает, кот умрет; этот случай описывается одной волновой функцией. Если уран не сработает, кот будет жить, и этот случай тоже описывается функцией. Таким образом, чтобы описать кота, вам придется сложить волновые функции живого и мертвого кота.

Это означает, что кот и не жив, и не мертв! Он находится в промежуточном состоянии между жизнью и смертью и представляет собой сумму волновой функции, описывающей мертвого кота, и волновой функции, описывающей живого.

В этом суть проблемы, почти век гремевшей всюду, где есть физики. Как разрешить этот парадокс? Существует по крайней мере три способа (и сотни их вариантов).

Первая — это оригинальная копенгагенская интерпретация, предложенная Бором и Гейзенбергом; именно ее обычно излагают в учебниках. (Я тоже начинаю с нее, когда преподаю квантовую механику.) В ней утверждается: чтобы определить состояние кота, вы должны открыть ящик и произвести измерение. Волновая функция кота (сумма функций живого и мертвого кота) в этот момент схлопывается в единственную волновую функцию, и становится известно, жив кот в данный момент или мертв. Таким образом, наблюдение определяет существование и состояние кота. Именно процесс измерения отвечает за то, что две функции

волшебным образом растворяются и превращаются в одну.

Эйнштейну это очень не понравилось. Столетиями ученые боролись с позицией, известной как «солипсизм» или «субъективный идеализм», согласно которой объекты не могут существовать, если вокруг нет никого, кто мог бы наблюдать их. Лишь сознание реально — материальный мир существует только в сознании в виде идей. Так, говорят солипсисты (к примеру, епископ Джордж Беркли), если дерево упадет в лесу, но никого не окажется рядом, чтобы это увидеть, то, может, дерево и не упадет. Эйнштейн, считавший подобные рассуждения чистой чепухой, выступал с противоположной позиции так называемой «объективной реальности», согласно которой Вселенная существует в уникальном и вполне определенном состоянии, которое не зависит ни от каких человеческих наблюдений. Именно эту точку зрения подсказывает большинству людей здравый смысл.

Объективная реальность восходит к Исааку Ньютону. В этом сценарии атом и субатомные частицы похожи на крохотные стальные шарики, существующие в определенных точках пространства и времени. Нет никакой двойственности, никакой вероятности в определении положения этих шариков, движения которых определяются соответствующими физическими законами. Объективная реальность замечательно описывала движение планет, звезд и галактик. Если добавить относительность, она может описывать также черные дыры и расширяющуюся Вселенную. Но есть одно место, где она отказывает, и это место — внутри атома.

Классические физики вроде Ньютона и Эйнштейна считали, что объективная реальность окончательно изгнала солипсизм из физики. Журналист Уолтер Липпман так описал ситуацию: «Радикальная новизна современной физики заключается именно в отрицании веры… в то, что силы, движущие звездами и атомами, согласуются в предпочтениями человеческого сердца».

Но квантовая механика впустила в физику новую форму солипсизма. В этой картине дерево до наблюдения может существовать в любом возможном состоянии (живом, сгоревшем, спиленном, сгнившем, в виде зубочисток и т. п.). Но если вы посмотрите на него, его волновая функция внезапно схлопнется и дерево станет деревом. Прежние солипсисты говорили о деревьях, которые то ли падают, то ли нет. Новые квантовые солипсисты ввели в рассмотрение *все* возможные состояния дерева.

Для Эйнштейна это было слишком. Он нередко задавал своим гостям вопрос: «Неужели Луна существует потому, что на нее смотрит мышь?» Для квантового физика ответ в определенном смысле может быть «да».

Эйнштейн и его коллеги нападали на Бора с вопросом: как может квантовый микромир (где коты бывают одновременно живыми и мертвыми) сосуществовать с миром здравого смысла, который все мы видим вокруг? Ответ был такой: наш мир от мира атомов отделяет «стена». По одну сторону стены правит здравый смысл. По другую — квантовая теория. Стену при желании можно передвинуть, но результат будет тот же.

Эту интерпретацию, какой бы странной она ни казалась, специалистам по квантовой физике преподавали 80 лет. Не так давно в отношении копенгагенской интерпретации возникли некоторые сомнения. Сегодня у нас есть нанотехнологии, при которых мы манипулируем отдельными атомами. На экране сканирующего туннельного микроскопа атомы похожи на пушистые теннисные мячики. (Во время съемок сюжета для BBC-TV мне довелось попасть в лабораторию Almaden фирмы IBM в Сан-Хосе (штат Калифорния) и даже подвигать отдельные атомы при помощи крохотного зонда. Сегодня мы можем играть с атомами, а ведь когда-то считалось, что они настолько малы, что даже увидеть их человеку никогда не удастся.)

Как мы уже говорили, век кремния медленно подходит к концу, и кое-кто считает, что на смену кремниевым транзисторам придут молекулярные. Если так, то парадоксы квантовой теории лягут в фундамент каждого компьютера будущего. Когда-нибудь на них, возможно, будет основана мировая экономика.

Космическое сознание и множественность вселенных

Существует две альтернативные интерпретации парадокса, связанного с котом, уводящие нас в самые странные владения науки: в царство Бога и множественность вселенных.

В 1967 г. второе решение задачи кота сформулировал нобелевский лауреат Юджин Вигнер, работы которого легли в основу квантовой механики и создания атомной бомбы. Он сказал, что только существо, обладающее сознанием, может провести наблюдение, которое приведет к схлопыванию волновой функции. Но кто может сказать, что такая личность существует? Невозможно отделить наблюдателя от наблюдаемого, так что, может быть, это существо тоже одновременно живо и мертво. Иными словами, должна существовать другая волновая функция, включающая в себя и кота, и наблюдателя. Чтобы убедиться в том, что наблюдатель жив, вам потребуется второй наблюдатель, который будет наблюдать за первым. Второго наблюдателя называют «другом Вигнера»; он необходим, чтобы все волновые функции схлопнулись. Но кто может сказать, что второй наблюдатель жив? Его придется тоже включить в волновую функцию, которая все разрастается. Но так не может продолжаться до бесконечности. Ясно, что без бесконечного числа «друзей» вы не сможете схлопнуть предыдущую волновую функцию и убедиться, что они живы. Здесь не обойтись без некой формы «космического сознания», или Бога.

Вигнер сделал вывод: «Невозможно сформулировать законы (квантовой теории) в полном и непротиворечивом виде без ссылки на сознание». Может, поэтому в конце жизни он заинтересовался ведантой и философией индуизма.

При таком подходе Бог или какое-то другое вечное сознание наблюдает за всеми нами, схлопывая наши волновые функции, чтобы можно было сказать, что мы живы. Эта интерпретация дает тот же физический результат, что и копенгагенская, так что опровергнуть ее невозможно. Но из нее следует, что сознание — фундаментальная сущность Вселенной, причем более фундаментальная, чем атомы. Материальный мир приходит и уходит, а сознание остается как определяющий элемент — значит, сознание в определенном смысле создает реальность. Само существование атомов, которые мы видим вокруг себя, основано на нашей способности их видеть и прикасаться к ним.

(Здесь важно отметить, что некоторые считают, что раз сознание определяет существование, то сознание может и управлять существованием, например посредством медитации. Им кажется, что мы можем сами создавать реальность на собственный вкус. Такое мнение, каким бы привлекательным оно ни казалось, противоречит квантовой механике. В квантовой физике сознание производит наблюдения и таким образом определяет состояние реальности, но сознание не может заранее знать, какое состояние реальности на самом деле существует. Квантовая механика позволяет нам только дать реальности возможность занять одно определенное состояние, но управлять реальностью и заставлять ее делать то, что нужно нам, мы не можем. Так, в азартных играх можно математически рассчитать вероятность получения флэш-рояля, но это не означает, что можно каким-то образом управлять картами и действительно получить его по желанию. Невозможно выбирать вселенные, как невозможно по собственному желанию сделать кота живым или мертвым.)

Множественность вселенных

Третий способ разрешить парадокс — интерпретация Эверетта, или теория многомирности, предложенная в 1957 г. Хью Эвереттом. Это самая необычная теория. По ней Вселенная непрерывно дробится и образует мультивселенную, состоящую из множества вселенных. В одной вселенной мы имеем мертвого кота. В другой — живого. Такой подход можно сформулировать следующим образом: волновые функции никогда не схлопываются, они просто расщепляются. Теория многомирности Эверетта отличается от копенгагенской интерпретации только тем, что из нее исключено последнее положение: коллапс волновой функции. В каком-то смысле это простейшая формулировка квантовой механики; простейшая, но одновременно самая тревожная.

У третьего подхода есть очень серьезные следствия. Если он верен, то все вселенные могут существовать — все, даже очень странные и на первый взгляд невозможные. (Однако чем вселенная необычнее, тем меньше вероятность ее существования.)

Это означает, что люди, умершие в нашей вселенной, в другой могут быть живы. И эти умершие люди готовы утверждать, что именно их вселенная настоящая, а наша (в которой они мертвы) — поддельная. Но если «духи» умерших все еще живы где-то, то почему мы не можем с ними встретиться? Почему мы не можем прикоснуться к этим параллельным мирам? (Каким бы странным это ни казалось, в такой картине мира Элвис Пресли до сих пор живет в одной из вселенных.)

Более того, некоторые из этих вселенных сами могут быть мертвы и безжизненны, а другие могут выглядеть в точности, как наша, за исключением какого-то определяющего фактора. К примеру, попадание одной-единственной космической частицы — крохотное квантовое событие. Но что произойдет, если эта частица пройдет сквозь мать Адольфа Гитлера, произойдет выкидыш, и младенец не родится? Крохотное квантовое событие — столкновение одного космического луча — вызовет расщепление вселенной. В одной ее части Вторая мировая война не начнется, и 60 млн человек не придется умирать. В другой мы все знаем, что произошло. Эти две вселенные разойдутся достаточно далеко, но первоначально их разделило одно крохотное квантовое событие.

В научной фантастике этот феномен исследовал Филип Дик в романе «Человек в высоком замке», где параллельная вселенная тоже возникает в

результате одного события: убийства Франклина Рузвельта. Это поворотное событие означает, что США не готово ко Второй мировой войне, что нацисты и японцы побеждают и в конце концов делят США надвое.

Но выстрел от осечки тоже отличает одно событие — искра в пороховом заряде, которая определяется сложными молекулярными реакциями с участием электронов. Так что не исключено, что квантовые флуктуации в порохе определят, произойдет выстрел или нет, а следовательно, и тех, кто победит: союзники или нацисты.

Так что никакой «стены», отделяющей квантовый мир от макромира, не существует, и странности квантовой теории вполне могут вползти в наш «отвечающий здравому смыслу» мир. Волновые функции никогда не схлопываются — они бесконечно расщепляют Вселенную на параллельные реальности. Парадоксы микромира (к примеру, способность одновременно быть живым и мертвым, присутствовать в двух местах, исчезать и появляться в другом месте) входят и в наш повседневный мир.

Но если волновая функция постоянно расщепляется, порождая при этом совершенно новые вселенные, то почему мы не можем в них попасть?

Нобелевский лауреат Стивен Вайнберг говорит, что это как слушать радио в гостиной. Сотни радиочастот со всего мира одновременно наполняют комнату, но ваш приемник настроен только на одну частоту. Иными словами, ваше радио «некогерентно» всем остальным станциям. (Когерентностью называют состояние, при котором волны вибрируют в унисон, как в лазерном луче. Декогеренция — это когда волны начинают выпадать из фазы и уже не могут вибрировать в унисон.) Другие частоты тоже существуют, но ваш приемник не в состоянии уловить их, потому что мы с ними колеблемся на разных частотах. Они «развязаны» с нами, т. е. их колебания декогерировали от наших.

Точно так же волновые функции мертвого и живого кота могут со временем декогерировать. Из этого следуют поразительные выводы. Вы в собственной гостиной сосуществуете с волновыми функциями динозавров, пиратов, инопланетных пришельцев и чудовищ. Но вы, к счастью, даже не подозреваете, что делите одно пространство с этими странными обитателями квантового пространства, поскольку ваши атомы колеблются не в унисон с их атомами. Параллельные вселенные существуют не где-то далеко, неизвестно где; они существуют в вашей гостиной.

Проникновение в один из этих параллельных миров называется квантовым скачком, или скольжением, и представляет собой любимую уловку научной фантастики. Чтобы попасть в параллельную вселенную, нужно совершить квантовый скачок. (Был даже телесериал под названием

«Скользящие», где герои скользили между параллельными мирами туда и обратно. Сериал начинается с того, что мальчик читает книгу. Читает он, надо сказать, мое «Гиперпространство», но я не отвечаю за научную основу сюжета.)

На самом деле прыгать между вселенными не так просто. Мы иногда предлагаем аспирантам подсчитать вероятность того, что вы проскочите через кирпичную стену и выйдете невредимым с другой стороны. Результат отрезвляет. Наступления такого события, скорее всего, придется ждать дольше, чем существует Вселенная. То же можно сказать и о скольжении между мирами.

Взгляд в зеркало

Глядя на себя в зеркало, я вижу себя не таким, какой я на самом деле. Во-первых, я вижу себя таким, каким был примерно одну миллиардную долю секунды назад (именно столько времени тратит свет на путь от моего лица до зеркала и обратно до глаз). Во-вторых, то, что я вижу, — это на самом деле усреднение миллиардов и миллиардов волновых функций. Конечно, это усредненное изображение напоминает меня, но точным не является. А вокруг меня множество моих изображений растекается во всех направлениях. Я окружен иными вселенными, постоянно ветвящимися мирами, но вероятность проскользнуть из одного мира в другой настолько мала, что ньютонова механика, как ни приглядывайся, не нарушается.

В этот момент некоторые люди задаются вопросом: почему ученые просто не проведут эксперимент и не определят на практике, какая интерпретация верна? Если провести эксперимент с электроном, все три интерпретации дадут один и тот же результат. Все три варианта представляют собой серьезные и правдоподобные интерпретации квантовой механики, построенные на базе одной и той же квантовой теории. Различаются они только тем, как мы объясняем результат.

Через сотни лет в будущем физики и философы, возможно, все еще будут спорить по этому вопросу. Ответ не будет получен, поскольку все три интерпретации дают одни и те же физические результаты. Но в одном отношении — в вопросе о свободе воли — этот философский спор затрагивает наш мозг и тем самым влияет на моральный фундамент человеческого общества.

Свобода воли

Вся наша цивилизация основана на концепции свободы воли, из которой выводятся понятия вознаграждения, наказания и личной ответственности. Но существует ли в действительности свободная воля? Или, быть может, это просто разумный способ держать общество как целое, хотя при этом и нарушаются научные принципы? Это противоречие восходит к самому сердцу квантовой механики.

Можно с уверенностью утверждать, что все большая часть нейробиологов постепенно приходит к заключению о том, что свободной воли не существует, по крайней мере в обычном смысле слова. Ведь если определенные виды ненормального поведения могут быть соотнесены с конкретными дефектами мозга, то имеющее их лицо не может с точки зрения науки быть ответственным за преступления, которые могло бы совершить. Эти ученые считают, что такой человек может быть слишком опасен, чтобы позволить ему ходить по улицам, и должен быть изолирован в заведении определенного рода, но наказывать кого-то за то, что у него в мозгу следы удара или опухоль, некорректно. В действительности такой человек нуждается в медицинской и психологической помощи. Быть может, повреждение мозга поддается лечению (например, путем удаления опухоли), и тогда этот человек может стать продуктивным членом общества.

К примеру, когда я беседовал с доктором Саймоном Барон-Коэном, психологом Кембриджского университета, он сказал мне, что у многих (хотя не всех) маньяков-убийц были отклонения в структуре мозга. При сканировании было установлено, что они не испытывают эмпатию, видя, что другому больно, и могут даже наслаждаться его страданиями. (У таких людей светятся мозжечковая миндалина и прилежащее ядро, центр удовольствия, когда они смотрят видео с людьми, испытывающими боль.)

Некоторые могут прийти к заключению, что такие люди не являются действительно ответственными за свои чудовищные действия, хотя и должны быть удалены от общества. Им необходима помощь, а не наказание, так как их мозг поврежден. В определенном смысле можно считать, что они действуют, не имея свободы воли, когда совершают свои преступления.

Эксперимент, проведенный в 1985 г. доктором Бенджамином Либетом, поставил под сомнение само существование свободы воли. Допустим, вы

просите испытуемых наблюдать за ходом часов и точно отметить момент, когда они решили пошевелить пальцем. На ЭЭГ-снимках можно точно увидеть, когда мозг принял это решение. Но сравнив результаты, вы увидите несоответствие между ними. Снимки показывают, что в действительности мозг принял решение примерно на 300 миллисекунд раньше, чем испытуемый узнал об этом!

Это значит, что свобода воли в определенном смысле — фикция. Мозг принимает решение раньше, до того, как сработает сознание, а затем пытается прикрыть этот факт, говоря, что решение было сознательным. «Результаты Либета дают основание полагать, что мозг знает, что решит его владелец, еще до того, как он принимает решение… — заключает доктор Майкл Суини. — Нам нужно переосмыслить не только идею о том, что движения бывают произвольными и непроизвольными, но и само представление о свободе воли».

Итак, это как будто указывает, что свобода воли, краеугольный камень нашего общества, есть фикция, иллюзия, созданная левым полушарием нашего мозга. Так что же — мы все-таки хозяева своей судьбы или лишь пешки в нечестной игре мозга?

Есть несколько подходов к этому неизбежному вопросу. Свобода воли прямо противоречит детерминизму — философскому учению, которое утверждает, что все будущие события предопределены законами физики. Сам Ньютон считал Вселенную чем-то вроде часового механизма, который был заведен в начале времен и с тех пор идет, подчиняясь законам движения. Следовательно, все события могут быть предсказаны. Но тогда вопрос: а мы являемся частью этого механизма? Все наши действия тоже предопределены? Эти вопросы имеют психологические и теологические следствия. К примеру, большинство религий придерживается той или иной формы детерминизма и предопределения. Поскольку Бог всемогущ, всеведущ и вездесущ, Он знает будущее, поэтому будущее предопределено. Он даже знает до вашего рождения, предстоит ли вам отправиться в ад или в рай. Католическая церковь претерпела раскол как раз по этому вопросу во время протестантской революции. Как гласила католическая доктрина того времени, человек может изменить свою судьбу, получив индульгенцию, — как правило, после передачи Церкви щедрых даров. Иными словами, детерминизм может быть отменен за счет толщины кошелька. Мартин Лютер особо выделил торговлю индульгенциями, когда в 1517 г. прибил свои 95 тезисов к двери церкви, дав старт протестантской революции. Это была одна из основных причин, по которым произошел раскол Церкви, что привело к миллионам жертв и опустошению целых областей Европы.

После 1925 г., однако, с квантовой механикой в физику пришла неопределенность. Внезапно ни в чем не осталось уверенности, и все, что можно было вычислить, — это вероятности. В этом смысле, быть может, свободная воля существует, и в этом есть проявление квантовой механики. Поэтому некоторые заявили, что квантовая теория восстановила концепцию свободы воли. Однако детерминисты нанесли ответный удар, указав, что квантовые эффекты исключительно малы (на уровне атомов) — слишком малы, чтобы ими можно было объяснить свободу воли человеческих существ.

Сегодня ситуация остается весьма неопределенной. Быть может, вопрос «Существует ли свободная воля?» похож на вопрос «Что такое жизнь?». Открытие ДНК сделало вопрос о жизни неактуальным. Сегодня мы понимаем, что этот вопрос неоднозначен и достаточно сложен. Вероятно, то же можно сказать и о свободе воли, да и можно ли о ней говорить с определенностью?

Если так, то само определение свободы воли становится неопределенным. Один способ определить ее — спросить: можно ли предсказать поведение? Если свобода воли существует, тогда поведение заранее предсказать невозможно. Допустим, вы смотрите кино. Сюжет полностью определен, и никакой свободной воли нет и в помине. Значит, и фильм полностью предсказуем. Но наш мир — это не кино. Тому есть две причины. Первая — это, как мы уже видели, квантовая теория. Фильм представляет лишь одну историю. Вторая причина — это теория хаоса. Хотя классическая физика утверждает, что все движения атомов полностью предопределены и предсказуемы, на практике предсказать их движение невозможно, потому что в нем участвует слишком много атомов. Малейшее возмущение в движении единственного атома порождает эффект ряби, и он нарастает, приводя к возмущениям огромного масштаба.

Возьмем для примера метеорологию. В принципе, зная поведение каждого атома в воздухе и имея достаточно мощный компьютер, вы могли бы предсказать погоду на сто лет вперед. На практике, однако, это невозможно. Всего лишь через несколько часов погода станет настолько сложной, что любая компьютерная модель окажется бесполезной.

Эта ситуация известна как «эффект бабочки». Каждый взмах крыльев бабочки вызывает в атмосфере слабые волны, которые могут расти и в итоге развиться в ураган. Но, если даже крылья бабочки могут вызвать бурю, надежда на точный прогноз погоды просто смешна.

Давайте вернемся к мысленному эксперименту, о котором рассказал мне Стивен Джей Гулд. Он попросил меня вообразить себе Землю 4,5 млрд

лет назад, когда она еще только родилась. А теперь, сказал Гулд, представь себе, что ты можешь создать идентичную копию Земли и позволить ей эволюционировать. Будем ли на этой второй Земле через 4,5 млрд лет существовать мы?

Несложно представить себе, что из-за квантовых эффектов или хаотической природы погоды и океанов человечество не эволюционировало в точно такой же вид на второй Земле. Представляется очевидным, что неопределенность в сочетании с хаосом делает мир точного детерминизма невозможным.

Квантовый мозг

Этот спор затрагивает и вопрос обратной разработки мозга. Если можно с успехом построить точную копию мозга на транзисторах, это означает, что мозг предсказуем и детерминирован. Задайте ему любой вопрос и получите всегда один и тот же ответ. Компьютеры детерминированы таким образом и всегда отвечают на один и тот же вопрос одинаково.

Так что, похоже, у нас проблема. С одной стороны, квантовая механика и теория хаоса утверждают, что Вселенная непредсказуема, а потому свобода воли, судя по всему, существует. Но мозг, построенный на транзисторах методами обратной разработки, будет предсказуем по определению. А поскольку такая копия мозга теоретически идентична живому мозгу, получается, что и человеческий мозг детерминирован, а свободы воли не существует. Очевидно, это противоречит первому утверждению.

Небольшая часть ученых считает, что аутентичная обратная разработка мозга невозможна и нельзя даже создать по-настоящему мыслящую машину — именно из-за квантовой теории. Мозг, утверждают они, — это квантовое устройство, а не просто набор транзисторов. Поэтому проект обратной разработки мозга обречен на неудачу. В этом лагере, в частности, находится оксфордский физик Роджер Пенроуз — авторитет в теории относительности Эйнштейна; он утверждает, что своим сознанием человеческий мозг, возможно, обязан квантовым процессам. Пенроуз начинает с напоминания о том, что математик Курт Гёдель доказал, что арифметика неполна (т. е. что в арифметике существуют истинные высказывания, которые невозможно доказать с использованием только аксиом арифметики). Но неполна не только математика, но и физика. В конце концов он делает вывод о том, что мозг — это, по существу, квантово-механическое устройство и существуют задачи, которые не сможет решить ни одна машина, из-за теоремы Гёделя о неполноте. Человек, однако, справляется с этими головоломками при помощи интуиции.

Аналогично, мозг, созданный методами обратной разработки, каким бы сложным он ни был, все равно будет представлять собой набор транзисторов и проводов. В такой детерминированной системе всегда можно точно предсказать будущее поведение, поскольку законы движения

хорошо известны. А вот квантовая система по определению непредсказуема. Все, что можно про нее сказать точно, — это с какой вероятностью произойдет то или иное событие. Все дело в принципе неопределенности.

Если окажется, что копия мозга не в состоянии воспроизвести человеческое поведение, то ученым, возможно, придется признать, что здесь работают непредсказуемые силы (к примеру, квантовые эффекты внутри мозга). Доктор Пенроуз утверждает, что внутри нейрона существуют крохотные структуры под названием микротрубочки, в которых доминируют квантовые процессы.

В настоящее время ученые не пришли к единому мнению по этому вопросу. Судя по первой реакции на выдвинутую Пенроузом идею, можно с уверенностью сказать, что в большинстве ученое сообщество настроено скептически по отношению к его подходу. Наука, однако, — это не состязание в популярности; она развивается через проверяемые, воспроизводимые и опровержимые теории.

Я, со своей стороны, считаю, что транзисторы не в состоянии точно воспроизвести поведение нейронов, осуществляющих и аналоговые, и цифровые вычисления. Мы знаем, что нейроны работают неидеально. Они иногда текут, дают ложные срабатывания, стареют, умирают и чувствительны к окружающей среде. Это свидетельствует о том, что набор транзисторов сможет лишь приблизительно смоделировать поведение нейронов. К примеру, обсуждая физику мозга, мы видели, что если аксон нейрона истончается, то химические реакции в нем уже не могут проходить корректно. Какая-то часть таких нарушений и ложных срабатываний объясняется квантовыми эффектами. А если попытаться представить себе нейроны более тонкими, плотно упакованными и быстрыми, то и квантовые эффекты проявятся очевиднее. Это означает, что даже у нормальных нейронов существуют проблемы с утечками и нестабильностью, причем как классические, так и квантово-механические.

В заключение скажу, что робот, построенный методами обратной разработки, станет хорошим приближением человеческого мозга, но не его точной копией. В отличие от Пенроуза, я считаю, что можно создать детерминированного робота на транзисторах, поведение которого внешне будет напоминать сознательное, но свободой волей такой робот обладать не будет. Он пройдет тест Тьюринга. Но мне кажется, что между таким роботом и человеком все же будут различия из-за тех самых крохотных квантовых эффектов.

Мне кажется, свобода воли все же существует, но это не та свобода

воли, о которой грезят крайние индивидуалисты, считающие, что они — полные хозяева собственной судьбы. Мозг испытывает влияние тысяч неосознанных факторов, которые заранее располагают нас к определенным решениям, даже если мы уверены, что принимаем решение совершенно самостоятельно. Это не обязательно означает, что мы лишь действующие лица в фильме, который можно в любой момент перемотать и запустить с начала. Сценарий финальной части фильма еще на написан, так что строгий детерминизм нарушается из-за тонкого сочетания квантовых эффектов и теории хаоса. В конце концов все мы — хозяева своей судьбы.

Библиография

Baker, Sherry. «Helen Mayberg.» *Discover Magazine Presents the Brain.* Waukesha, WI: Kalmbach Publishing Co., Fall 2012.

Bloom, Floyd. *Best of the Brain from Scientifi c American: Mind, Matter, and Tomorrow's Brain*. New York: Dana Press, 2007.

Boleyn-Fitzgerald, Miriam. *Pictures of the Mind: What the New Neuroscience Tells Us About Who We Are*. Upper Saddle River, N. J.: Pearson Education, 2010.

Brockman, John, ed. *The Mind: Leading Scientists Explore the Brain, Memory, Personality, and Happiness.* New York: Harper Perennial, 2011.

Calvin, William H. *A Brief History of the Mind.* New York: Oxford University Press, 2004.

Carter, Rita. *Mapping the Mind.* Berkeley: University of California Press, 2010.

Crevier, Daniel. AI: *The Tumultuous History of the Search for Artifi cial Intelligence.* New York: Basic Books, 1993.

Crick, Francis. *The Astonishing Hypothesis: The Science Search for the Soul.* New York: Touchstone, 1994.

Damasio, Antonio. *Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain.* New York: Pantheon Books, 2010.

Davies, Paul. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence.* New York: Houghton Miffl in Harcourt, 2010.

Dennet, Daniel C. *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon.* New York: Viking, 2006.

–. *Conscious Explained.* New York: Back Bay Books, 1991.

DeSalle, Rob, and Ian Tattersall. *The Brain: Big Bangs, Behaviors, and Beliefs.* New Haven, CT: Yale University Press, 2012.

Eagleman, David. *Incognito: The Secret Lives of the Brain.* New York: Pantheon Books, 2011.

Fox, Douglas. «The Limits of Intelligence,» *Scientific American*, July 2011.

Garreau, Joel. *Radical Evolution: The Promise and Peril of Enhancing Our Minds, Our Bodies — and What It Means to Be Human.* New York: Random House, 2005.

Gazzaniga, Michael S. *Human: The Science Behind What Makes Us Unique.* New York: HarperCollins, 2008.

Gilbert, Daniel. *Stumbling on Happiness.* New York: Alfred A. Knopf,

2006.

Gladwell, Malcolm. *Outliers: The Story of Success.* New York: Back Bay Books, 2008.

Gould, Stephen Jay. *The Mismeasure of Man.* New York: W. W. Norton, 1996.

Horstman, Judith. *The Scientifi c American Brave New Brain.* San Francisco: John Wiley and Sons, 2010.

Kaku, Michio. *Physics of the Future.* New York: Doubleday, 2009.

Kurzweil, Ray. *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed.* New York: Viking Books, 2012.

Kushner, David. «The Man Who Builds Brains.» *Discover Magazine Presents the Brain.* Waukesha, WI: Kalmbach Publishing Co., Fall 2001.

Moravec, Hans. *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1988.

Moss, Frank. T*he Sorcerers and Their Apprentices: How the Digital Magicians of the MIT Media Lab Are Creating the Innovative Technologies That Will Transform Our Lives.* New York: Crown Business, 2011.

Nelson, Kevin. *The Spiritual Doorway in the Brain.* New York: Dutton, 2011.

Nicolelis, Miguel. *Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machines — and How It Will Change Our Lives.* New York: Henry Holt and Co., 2011.

Pinker, Steven. *How the Mind Works.* New York: W. W. Norton, 2009.

–. *The Stuff of Thought: Language as a Window into Human Nature.* New York: Viking, 2007.

–. «The Riddle of Knowing You’re Here.» *Your Brain: A User’s Guide.* New York: Time Inc. Specials, 2011.

Piore, Adam. «The Thought Helmet: The U. S. Army Wants to Train Soldiers to Communicate Just by Thinking.» *The Brain, Discover Magazine Special*, Spring 2012.

Purves, Dale, et al., eds. *Neuroscience*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2001.

Ramachandran, V. S. *The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist’s Quest for What Makes Us Human.* New York: W. W. Norton, 2011.

Rose, Steven. *The Future of the Brain: The Promise and Perils of Tomorrow’s Neuroscience.* Oxford, UK: Oxford University Press, 2005.

Sagan, Carl. *The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence.* New York: Ballantine Books, 1977.

Sweeney, Michael S. *Brain: The Complete Mind: How It Develops, How It*

Works, and How to Keep It Sharp. Washington, D. C.: National Geographic, 2009.

Tammet, Daniel. *Born on a Blue Day: Inside the Extraordinary Mind of an Autistic Savant.* New York: Free Press, 2006.

Wade, Nicholas, ed. *The Science Times Book of the Brain.* New York: New York Times Books, 1998.

Об авторе

Митио Каку — профессор теоретической физики в Городском университете Нью-Йорка, один из основателей струнной теории поля и автор нескольких пользующихся широкой популярностью научных книг, включая «Гиперпространство», «Дальше Эйнштейна», «Физика невозможного» и «Физика будущего». Окончил с отличием Гарвардский университет, защитил степень доктора философии в Калифорнийском университете в Беркли, преподавал в Нью-Йоркском университете и Институте перспективных исследований в Принстоне. Ведущий многочисленных научных телепрограмм, основанных, в частности, и на его книгах, в том числе *Time* и *Visions of the Future* на BBC-TV, а также *Sci Fi Science* и *Futurescope* на канале Discovery/Science. Его еженедельные научные радиопрограммы можно услышать на 130 радиостанциях и спутниковом радио Sirius XM. Доктор Каку писал для *Wall Street Journal, Newsweek, Time, Scientific American, Discover Magazine, Astronomy Magazine, Wired Magazine, New Scientist Magazine* и *Boston Globe*. Участвовал в выпусках передач *Good Morning America, Today, Nightline, CNN, Fox News, Late Show with David Letterman, The View* и *The Colbert Report.* В настоящее время является научным консультантом CBS-TV.

Благодарности

Огромную радость и удовольствие доставило мне общение и совместная работа со многими видными учеными, лидерами в своих областях. Я хотел бы выразить благодарность за то, что каждый из них великодушно выделил время для беседы о будущем науки. Они направляли и вдохновляли меня, помогая создать прочный научный фундамент для моей книги.

Я хотел бы поблагодарить всех этих пионеров и новаторов науки, особенно тех, кто согласился участвовать в научно-популярных телепередачах на каналах BBC, Discovery и Science TV, а также в радиошоу *Science Fantastic* и *Explorations*.

Питер Догерти, нобелевский лауреат, Исследовательская детская больница Св. Иуды

Джеральд Эделман, нобелевский лауреат, Исследовательский институт Скриппса

Леон Ледерман, нобелевский лауреат, Иллинойсский технологический институт

Мюррей Гелл-Манн, нобелевский лауреат, Институт Санта-Фе и Калифорнийский технологический институт

Генри Кендалл, ныне покойный, нобелевский лауреат, Массачусетский технологический институт

Уолтер Гилберт, нобелевский лауреат, Гарвардский университет

Дэвид Гросс, нобелевский лауреат, Институт теоретической физики им. Кавли

Джозеф Ротблат, нобелевский лауреат, Больница Св. Варфоломея

Ёитиро Намбу, нобелевский лауреат, Чикагский университет

Стивен Вайнберг, нобелевский лауреат, Техасский университет в Остине

Фрэнк Вильчек, нобелевский лауреат, Массачусетский технологический институт

Амир Ацель, автор книги «Урановые войны» (Uranium Wars)

*** * ***

Базз Олдрин, бывший астронавт NASA, второй человек, побывавший

на Луне

Джефф Андерсен, Академия BBC США, автор книги «Телескоп» (The Telescope)

Джей Барбри, автор книги «Цель — Луна» (Moon Shot)

Джон Барроу, физик, Кембриджский университет, автор книги «Невозможность» (Impossibility)

Марсия Бартусяк, автор книги «Неоконченная симфония Эйнштейна» (Einstein’s Unfinished Symphony)

Джим Белл, астроном, Корнелльский университет

Джеффри Беннет, автор книги «НЛО: что дальше?» (Beyond UFOs)

Боб Берман, астроном, автор книги «Тайны ночного неба» (The Secrets of the Night Sky)

Лесли Бизекер, Национальный институт здоровья

Пирс Бизони, автор книги «Как построить звездолет» (How to Build Your Own Starship)

Майкл Блейз, Национальный институт здоровья

Алекс Бойзе, основатель Музея розыгрышей

Ник Бостром, трансгуманист, Оксфордский университет

Роберт Боуман, подполковник, Институт исследований космоса и безопасности

Синтия Бризел, специалист по искусственному интеллекту, медиалаборатория МТИ

Лоуренс Броуди, Национальный институт здоровья

Родни Брукс, директор лаборатории искусственного интеллекта МТИ

Лестер Браун, Институт земной политики

Майкл Браун, астроном, Калифорнийский технологический институт

Джеймс Кэнтон, автор книги «Предельное будущее» (The Extreme Future)

Артур Каплан, директор Центра биоэтики Пенсильванского университета

Фритьоф Капра, автор книги «Наука Леонардо» (The Science of Leonardo)

Шон Кэрролл, космолог, Калифорнийский технологический институт

Эндрю Чайкин, автор книги «Человек на Луне» (A Man on the Moon)

Лерой Чиао, астронавт NASA

Эрик Чивиан, Врачи мира за предотвращение ядерной войны

Дипак Чопра, автор книги «Супермозг» (Super Brain)

Джордж Чёрч, директор Гарвардского центра вычислительной генетики

Томас Кохран, физик, Совет по защите природных ресурсов

Кристофер Кокинос, астроном, автор книги «Упавшее небо» (Fallen Sky)

Фрэнсис Коллинз, Национальный институт здоровья

Вики Колвин, нанотехнолог, Техасский университет

Нил Коминз, автор книги «Опасности космических путешествий» (Hazards of Space Travel)

Стив Кук, представитель NASA

Кристин Косгроув, автор книги «Нормальность любой ценой» (Normal at Any Cost)

Стив Казинс, президент и исполнительный директор программы Willow Garage Personal Robots

Филлип Койл, бывший помощник министра обороны США

Дэниел Кревьер, эксперт по искусственному интеллекту, генеральный директор Coreco

Кен Кросвелл, астроном, автор книги «Величественная вселенная» (Magnificent Universe)

Стивен Куммер, специалист по компьютерным наукам, Университет Дьюка

Марк Кутковски, специалист по инженерной механике, Стэнфордский университет

Пол Дэвис, физик, автор книги «Суперсила» (Superforce)

Дэниел Деннет, философ, Университет Тафтса

Майкл Дертузос, ныне покойный, специалист по компьютерным наукам, Массачусетский технологический институт

Джаред Даймонд, лауреат Пулитцеровской премии, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе

Марьетта ДиКристина, журнал *Scientific American*

Питер Дилворт, лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института

Джон Донохью, создатель системы BrainGate, Университет Брауна

Энн Друян, вдова Карла Сагана, Cosmos Studios

Фримен Дайсон, Институт перспективных исследований, Принстонский университет

Дэвид Иглмен, нейробиолог, Медицинский колледж, Бэйлорский университет

Джон Эллис, физик, ЦЕРН

Пол Эрлих, эколог, Стэнфордский университет

Дэниел Фэрбэнкс, автор книги «Реликты Эдема» (Relics of Eden)

Тимоти Феррис, Университет Калифорнии, автор книги «Зрелость в галактике Млечный Путь» (Coming of Age in the Milky Way Galaxy)

Мария Финицо, специалист по стволовым клеткам, лауреат премии Пибоди

Роберт Финкельштейн, специалист в области искусственного интеллекта

Кристофер Флавин, Институт по наблюдению за планетой

Луис Фридман, один из основателей Планетарного общества

Джек Галлант, нейробиолог, Калифорнийский университет в Беркли

Джеймс Гарвин, старший научный сотрудник NASA

Эвелин Гейтс, автор книги «Телескоп Эйнштейна» (Einstein’s Telescope)

Майкл Газзанига, невролог, Калифорнийский университет в Санта-Барбаре

Джек Гейгер, один из основателей общества «Врачи за социальную ответственность»

Дэвид Гелертнер, специалист по компьютерным наукам, Йельский университет, Калифорнийский университет

Нил Гершенфельд, медиалаборатория Массачусетского технологического института

Дэниел Гилберт, психолог, Гарвардский университет

Пол Гилстер, автор книги «Мечты о Центавре» (Centauri Dreams)

Ребекка Голдберг, Фонд защиты окружающей среды

Дон Голдсмит, астроном, автор книги «Сбежавшая вселенная» (Runaway Universe)

Дэвид Гудстейн, помощник ректора Калифорнийского технологического института

Ричард Готт III, Принстонский университет, автор книги «Путешествия во времени в Эйнштейновской вселенной» (Travel in Einstein’s Universe)

Стивен Джей Гулд, ныне покойный, биолог, Гарвардский университет

Томас Грэм, посол, специалист по спутникам-шпионам и методам разведки

Джон Грант, автор книги «Коррумпированная наука» (Corrupted Science)

Эрик Грин, Национальный институт здоровья

Рональд Грин, автор книги «Дети по спецпроекту» (Babies by Design)

Брайан Грин, Колумбийский университет, автор книги «Элегантная вселенная» (The Elegant Universe)

Алан Гут, физик, МТИ, автор книги «Инфляционная вселенная» (The Inflationary Universe)

Уильям Хансон, автор книги «Передний край медицины» (The Edge of Medicine)

Леонард Хейфлик, Медицинская школа Калифорнийского университета в Сан-Франциско

Дональд Хиллебранд, Аргоннская национальная лаборатория, будущее автомобиля

Фрэнк фон Хиппл, физик, Принстонский университет

Аллан Хобсон, психиатр, Гарвардский университет

Джеффри Хоффман, астронавт NASA, Массачусетский технологический институт

Дуглас Хофштадтер, лауреат Пулитцеровской премии, Университет Индианы, автор книги «Гёдель, Эшер, Бах» (Gödel, Escher, Bach)

Джон Хорган, Технологический институт Стивенса, автор книги «Конец науки» (The End of Science)

Джейми Хайнеман, ведущий передачи «Разрушители легенд» (MythBusters)

Крис Импи, астроном, автор книги «Живой космос» (The Living Cosmos)

Роберт Айри, лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института

П. Якобович, *PC magazine*

Джей Ярослав, лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института

Дональд Йохансон, палеоантрополог, нашедший Люси

Джордж Джонсон, научный журналист *New York Times*

Том Джоунз, астронавт NASA

Стив Кейтс, астроном

Джек Кесслер, специалист по стволовым клеткам, лауреат премии Пибоди

Роберт Киршнер, астроном, Гарвардский университет

Крис Кёниг, астроном

Лоуренс Краусс, Университет штата Аризона, автор книги «Физика в Star Trek» (Physics of Star Trek)

Лоуренс Кун, автор научно-популярных фильмов и философ, передача «Ближе к истине» (Closer to Truth)

Рэй Курцвайль, изобретатель, автор книги «Эра одушевленных машин» (The Age of Spiritual Machines)

Роберт Ланца, специалист по биотехнологиям, Advanced Cell Technologies

Роджер Лауниус, историк NASA, автор книги «Роботы в космосе» (Robots in Space)

Стэн Ли, автор комиксов «Марвел» и «Спайдермен»

Майкл Лемоник, старший редактор по науке, журнал *Time*

Артур Лернер-Лэм, геолог, вулканолог

Саймон ЛеВей, автор книги «Когда наука заблуждается» (When Science Goes Wrong)

Джон Льюис, астроном, Аризонский университет

Алан Лайтман, МТИ, автор книги «Мечты Эйнштейна» (Einstein’s Dreams)

Джордж Лайнехен, автор книги Space One

Сет Ллойд, МТИ, автор книги «Программируя Вселенную» (Programming the Universe)

Вернер Левенстейн, бывший директор лаборатории клеточной физики, Колумбийский университет

Джозеф Ликкен, физик, Национальная лаборатория им. Ферми

Пэтти Маес, медиалаборатория Массачусетского технологического института

Роберт Манн, автор книги «Лабораторный детектив» (Forensic Detective)

Майкл Пол Мейсон, автор книги «Дело о голове: Травмы мозга и их последствия» (Head Cases: Stories of Brain Injury and Its Aftermath)

Патрик Маккрей, автор книги «Не забывайте наблюдать за небом!» (Keep Watching the Skies)

Гленн Макги, автор книги «Идеальный ребенок» (The Perfect Baby)

Джеймс Маклуркин, лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института

Пол МакМиллан, директор Космической вахты

Фулвия Мелиа, астроном, Аризонский университет

Уильям Меллер, автор книги «Эволюция Rx» (Evolution Rx)

Пол Мельцер, Национальный институт здоровья

Марвин Мински, МТИ, автор книги «Общество разума» (The Society of Minds)

Ганс Моравек, автор книги «Робот» (Robot)

Филлип Моррисон, ныне покойный, физик, Массачусетский технологический институт

Ричард Мюллер, астрофизик, Калифорнийский университет в Беркли

Дэвид Нахаму, IBM, отдел технологий человеческого языка

Кристина Нил, вулканолог

Мигель Николелис, нейробиолог, Университет Дьюка

Синдзи Нисимото, невролог, Калифорнийский университет в Беркли

Майкл Новачек, Американский музей естественной истории

Майкл Оппенгеймер, эколог, Принстонский университет

Дин Орниш, специалист по раку и сердечным заболеваниям

Питер Палезе, виролог, Медицинская школа «Гора Синай»

Чарльз Пеллерин, сотрудник NASA

Сидни Перковиц, автор книги «Голливудская наука» (Hollywood Science)

Джон Пайк, GlobalSecurity.org

Джена Пинкотт, автор книги «Действительно ли джентльмены предпочитают блондинок?» (Do Gentlemen Really Prefer Blondes?)

Томазо Поджо, специалист по искусственному интеллекту, Массачусетский технологический институт

Корри Пауэлл, редактор журнала *Discover*

Джон Пауэлл, основатель JP Aerospace

Ричард Престон, автор книг «Горячая зона» (Hot Zone) и «Демон в холодильнике» (Demon in the Freezer)

Раман Принджа, астроном, Университетский колледж Лондона

Дэвид Каммен, биолог-эволюционист, автор книги «Нерешительный мистер Дарвин» (Reluctant Mr. Darwin)

Катерина Рамсленд, патологоанатом

Лиза Рэндалл, Гарвардский университет, автор книги «Закрученные пассажи» (Warped Passages)

Сэр Мартин Рис, королевский астроном Великобритании, Кембриджский университет, автор книги «До начала» (Before the Beginning)

Джереми Рифкин, Фонд экономических тенденций

Дэвид Рикье, медиалаборатория Массачусетского технологического института

Джейн Рисслер, Союз обеспокоенных ученых

Стивен Розенберг, Национальный институт здоровья

Оливер Сакс, невролог, Колумбийский университет

Пол Саффо, футурист, Институт будущего

Карл Саган, ныне покойный, Корнелльский университет, автор книги «Космос» (Cosmos)

Ник Саган, соавтор книги «И это вы называете будущим?» (You Call This the Future?)

Майкл Саламон, программа NASA «После Эйнштейна»

Адам Сэвидж, ведущий передачи MythBusters

Питер Шварц, футурист, основатель Global Business Network

Майкл Шермер, основатель Общества скептиков и журнала *Skeptic*

Донна Ширли, марсианская программа NASA

Сет Шостак, Институт SETI

Нил Шубин, автор книги «Внутренняя рыба» (Your Inner Fish)

Пол Шух, Лига SETI

Питер Сингер, автор книги «Готов к войне» (Wired for War)

Саймон Сингх, автор книги «Большой взрыв» (The Big Bang)

Гэри Смолл, автор книги iBrain

Пол Спудис, автор книги «Акционерное общество Odyssey Moon» (Odyssey Moon Limited)

Стивен Сквайрз, астроном, Корнелльский университет

Пол Стейнхардт, Принстонский университет, автор книги «Бесконечная вселенная» (Endless Universe)

Джек Стерн, хирург, специалист по стволовым клеткам

Грегори Сток, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, автор книги «Переделывая человека» (Redesigning Humans)

Ричард Стоун, автор книг «Астероиды, сближающиеся с Землей» (NEOs) и «Тунгуска» (Tunguska)

Брайан Салливан, Хейденский планетарий

Леонард Зусскинд, физик, Стэнфордский университет

Дэниел Таммет, автор книги «Рожденный в синий день» (Born on a Blue Day)

Джеффри Тейлор, физик, Мельбурнский университет

Тед Тейлор, ныне покойный, разработчик американских ядерных боеголовок

Макс Тегмарк, космолог, Массачусетский технологический институт

Элвин Тоффлер, автор книги «Третья волна» (The Third Wave)

Патрик Такер, Общество будущего мира

Крис Тёрни, Университет Уоллонгонга, автор книги «Лед, грязь и кровь» (Ice, Mud and Blood)

Нил де Грассе Тайсон, директор Хейденского планетария

Сеш Веламур, Фонд будущего

Роберт Уоллес, автор книги «Техника шпионажа» (Spycraft)

Кевин Уорвик, люди-киборги, Университет Ридинга, Великобритания

Фред Уотсон, астроном, автор книги «Звездочет» (Stargazer)

Марк Визер, ныне покойный, Xerox PARC

Алан Вейсман, автор книги «Мир без нас» (The World Without Us)

Дэниел Вертимер, программа SETI at Home, Калифорнийский университет в Беркли

Майк Весслер, лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института

Роджер Винс, астроном, Национальная лаборатория в Лос-Аламосе

Артур Уиггинс, автор книги «Радость физики» (The Joy of Physics)

Энтони Уиншоу-Борис, Национальный институт здоровья

Карл Циммер, биолог, автор книги «Эволюция» (Evolution)

Роберт Циммерман, автор книги «Покидая Землю» (Leaving Earth)

Роберт Зубрин, основатель Марсианского общества

Я хотел бы также поблагодарить моего агента Стюарта Кричевски, который все эти годы поддерживал меня и давал ценные советы. Его здравый смысл всегда шел на пользу делу. Кроме того, я хотел бы поблагодарить моих редакторов Эдварда Кастенмейера и Мелиссу Даначко, которые благополучно провели мою книгу сквозь рифы и помогали бесценными редакторскими советами. И я хотел бы поблагодарить доктора Мишель Каку, мою дочь и врача-невролога из больницы Маунт-Синай в Нью-Йорке, за бодрящие, вдумчивые и плодотворные дискуссии о будущем неврологии. Ее скрупулезная и тщательная работа с рукописью сильно улучшила и язык, и содержание книги.

РОБОАГЕНТСТВО
БАЛ РОБОТОВ
САМЫЕ УМНЫЕ И
КРАСИВЫЕ РОБОТЫ
ДЛЯ ВАС
robotheSpian
+7 (495) 215 56 17
BALROBOTOV.RU

notes

Сноски

1

Чтобы убедиться в этом, определим «сложность» через общее количество хранимой информации. Ближайшим соперником нашего мозга может считаться ДНК, т. е. информация, в ней содержащаяся. В нашей ДНК три миллиарда пар оснований, причем каждая из них содержит один из четырех нуклеотидов (обозначаемых как A, T, C, G). Таким образом, полное количество информации, которое может содержаться в ДНК человека, равно четырем в степени три миллиарда. Но мозг с его 100 млрд нейронов, каждый из которых может либо сработать, либо нет, вмещает гораздо больше информации. Следовательно, у мозга существует два в степени 100 млрд возможных начальных состояний. Но ДНК статична, а состояние мозга меняется каждые несколько миллисекунд. Простая мысль может включать в себя около 100 поколений нейронных срабатываний. Следовательно, два в степени 100 млрд нужно возвести еще в сотую степень (число последовательных срабатываний в одной мысли). Но нейроны мозга работают постоянно, днем и ночью, так что количество мыслей, способных уместиться в N поколений, составляет два в степени 100 млрд в степени N — поистине астрономическое число. Таким образом, количество информации, которую может вместить человеческий мозг, намного превышает количество информации, содержащееся в ДНК. Более того, наш мозг — самое емкое вместилище информации в Солнечной системе и, возможно, в нашем секторе Галактики. — *Прим. авт.*

2

Френолог — специалист по френологии — науке, согласно которой характер и способности человека обусловлены строением его черепа. — *Прим. ред.*

3

Тринадцатый президент США. — *Прим. ред.*

4

Холистика (от греч. «холос») — цельный, полный, а также здоровье, оздоровление и гармония — философское направление, которое рассматривает тело и дух в безупречной гармонии между собой и окружающей средой. — *Прим. ред.*

5

Юрист по-английски lawer (лойер). — *Прим. пер.*

6

Сознание уровня II можно определить по числу различных обратных связей при взаимодействии животного с другими животными того же вида. Нужно перемножить число животных в стае (за исключением исследуемого экземпляра) и число различных эмоций или жестов, которыми эти животные пользуются при взаимодействии друг с другом. Это, конечно, всего лишь грубая оценка.

Так, дикие кошки — общественные животные, но охотятся в одиночку, поэтому на первый взгляд число животных в стае равно единице. Но это верно только во время охоты. Когда приходит время продолжения рода, кошки начинают сложный ритуал ухаживания, так что при определении уровня сознания это тоже надо учитывать.

Более того, после рождения котят, которых нужно кормить и обихаживать, число социальных взаимодействий еще возрастает. Так что даже одинокий охотник не одинок, если разобраться, и число различных обратных связей у него может быть значительным.

Точно так же, если, например, число волков в стае уменьшается, то, судя по всему, снижается и уровень сознания (или, по крайней мере, характеризующее его число). Чтобы учесть это, следует ввести понятие среднего числа уровня II для вида, а также индивидуального числа сознания уровня II для отдельного животного.

Если стая уменьшится, то среднее число уровня II для всего вида не изменится, но изменятся соответствующие числа для отдельных, входящих в эту стаю животных (поскольку они отражают индивидуальную ментальную деятельность и сознание).

В приложении к человеку среднее число уровня II должно учитывать число Данбара, равное 150 и представляющее примерное число людей в той социальной группе, в которой мы вращаемся. Так что число уровня II для человека как вида будет равняться числу различных эмоций и жестов, которые мы используем при общении, умноженному на 150. (У отдельных людей могут быть разные числа сознания уровня II, поскольку круг знакомых и способы общения могут меняться очень значительно.)

Следует также отметить, что некоторые организмы уровня I (например, насекомые и пресмыкающиеся) могут демонстрировать социальное поведение. Муравьи обмениваются информацией при помощи запахов, а пчелы танцуют, объясняя другим пчелам, где находятся заросли

цветов. У пресмыкающихся даже есть примитивная лимбическая система. Но они, как правило, не проявляют эмоций. — *Прим. авт.*

7

В нашей литературе принят термин «модель психического состояния человека». — *Прим. ред.*

8

Зона 51 — удаленное подразделение военно-воздушной базы Эдвардс, где, согласно официальным данным, разрабатываются экспериментальные летательные аппараты и системы вооружения. — *Прим. ред.*

9

Около г. Розуэлл в штате Нью-Мексико в июле 1947 г. произошло, как предполагают, крушение НЛО. Согласно официальной версии, обнаруженный объект был метеозондом. — *Прим. ред.*

10

Роботы при ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы использовались, причем советский показал себя с лучшей стороны. Однако функции они выполняли практически те же, что и роботы-тележки на Фукусиме. — *Прим. ред.*

11

Это поднимает вопрос о том, есть ли у почтовых голубей, перелетных птиц, китов и т. п. долговременная память, ведь они в поисках пищи или на пути к местам гнездовий преодолевают сотни и тысячи километров. Наука мало что знает об этом. Считается, однако, что их долговременная память основана на поиске в пути определенных ориентиров, а не на подробных воспоминаниях. Иными словами, они не используют память о прошлых событиях для моделирования будущего. Их долговременная память представляет собой всего лишь серию маркеров. Очевидно, только человек при моделировании будущего пользуется воспоминаниями. — *Прим. авт.*

12

Синдром саванта (от фр. savant — «ученый») — редкое состояние, при котором лица с отклонением в развитии (в том числе аутистического спектра) имеют «остров гениальности» — выдающиеся способности в одной или нескольких областях знаний, а также феноменальную память. — *Прим. ред.*

13

В переводе Саши Казакова. — *Прим. пер.*

14

Гладуэлл М. Гении и аутсайдеры. Почему одним все, а другим ничего? — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011.

15

Нам импонирует убежденность автора в существовании космических пришельцев, однако следует заметить, что на сегодняшний день пришельцы не обнаружены. — *Прим. науч. ред.*

16

Токсичность ЛСД действительно крайне низка; известен единственный случай смерти от предположительной передозировки: в 1962 г. слон Туско из зоопарка Оклахомы погиб через несколько минут после введения большой дозы ЛСД. — *Прим. науч. ред.*

17

Строго говоря, опсины — не гены, а разнообразные светочувствительные белки. Гены, кодирующие эти белки, имеют сложные цифро-буквенные названия. — *Прим. науч. ред.*

18

Blue Gene — проект массово-параллельной архитектуры, разработанный для создания нескольких суперкомпьютеров и направленный на достижение скорости обработки данных, превышающей 1 петафлопс. — *Прим. ред.*

19

Впервые в художественной литературе подобная идея встречается в книге Клиффорда Саймака «Пересадочная станция» (1963). — *Прим. науч. ред.*

20

Облако Оорта — гипотетическая сферическая область Солнечной системы. Инструментально существование не подтверждено, есть только косвенные свидетельства. Считается, что именно облако Оорта — источник долгопериодических комет. — *Прим. ред.*

21

Художественное развитие подобных идей можно найти в романе Артура Кларка «Конец детства». — *Прим. науч. ред.*

22

В художественной литературе такая возможность изучается в повести А. и Б. Стругацких «Волны гасят ветер». — *Прим. науч. ред.*

23

Речь идет об аномальном магнитном моменте электрона, значение которого действительно можно теоретически предсказать с поразительно высокой точностью. — *Прим. науч. ред.*