



МИГЕЛЬ
НИКОЛЕЛИС

ИСТИННЫЙ ТВОРЕЦ ВСЕГО

КАК ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МОЗГ СФОРМИРОВАЛ ВСЕЛЕННУЮ
В ТОМ ВИДЕ, В КОТОРОМ МЫ ЕЕ ВОСПРИНИМАЕМ


Книжные проекты
Дмитрия Виликина

Современной нейробиологии требуется совершенно новая теория, которая наконец покажет, как миллионы лет эволюции человеческого мозга сделали его Истинным творцом всего.

Corpus

ЭЛЕМЕНТЫ 2.0

Мигель Николелис
Истинный творец всего.
Как человеческий мозг
сформировал вселенную
в том виде, в котором
мы ее воспринимаем
Серия «Элементы 2.0»

indd предоставлен правообладателем
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=68820369
ISBN 978-5-17-132693-7

Аннотация

Мигель Николелис – ученый бразильского происхождения, известный в первую очередь своими исследованиями в области человеческого мозга. В этой книге он представляет свою инновационную теорию, предлагающую рассмотреть всю историю развития человеческого вида через призму Истинного творца всего – человеческого мозга, который на всем протяжении нашего длинного эволюционного пути придавал смысл окружающему нас миру, наделял вещи значениями и сам изменялся в зависимости от получаемой информации, позволяя нам адаптироваться к

переменчивым условиям и выживать несмотря ни на что. Эта книга – настоящая находка для любого, кто интересуется нейробиологией, антропологией и даже социологией.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

Содержание

Предисловие научных редакторов	8
Предисловие автора	13
Глава 1	24
Глава 2	37
Глава 3	70
Конец ознакомительного фрагмента.	83

Мигель Николелис
Истинный творец всего
Как человеческий мозг
сформировал вселенную
в том виде, в котором
мы ее воспринимаем

Издание осуществлено при поддержке «Книжных проектов Дмитрия Зимина»

This edition published by arrangement with Levine Greenberg
Rostan Literary Agency and Synopsis Literary Agency

Художественное оформление и макет Андрея Бондаренко

© Miguel Nicolelis 2020

© Т. Мосолова, перевод на русский язык, 2023

© А. Бондаренко, художественное оформление, макет,
2023

© ООО «Издательство АСТ», 2023

Издательство CORPUS ®

* * *



Книжные проекты Дмитрия Зимина

Эта книга издана в рамках программы «Книжные проекты Дмитрия Зимина» и продолжает серию «Библиотека фонда „Династия“».

Дмитрий Борисович Зимин — основатель компании «Вымпелком» (*Beeline*), фонда некоммерческих программ «Династия» и фонда «Московское время».

Программа «Книжные проекты Дмитрия Зимина» объ-

единяет три проекта, хорошо знакомых читательской аудитории: издание научно-популярных книг «Библиотека фонда „Династия“», издательское направление фонда «Московское время» и премию в области русскоязычной научно-популярной литературы «Просветитель».

Подробную информацию о «Книжных проектах Дмитрия Зими́на» вы найдете на сайте

ziminbookprojects.ru

*Учителям, которые открыли для меня разные
стороны Истинного творца всего:*

*Рикардо Хуаресу Аране, Сезару Тимо-Иариа,
Джону Чепину, Рики Лину, Джону Каасу и Рональду
Сикурелу*

Предисловие научных редакторов

Мигель Николелис – всемирно известный нейрочеловек бразильского происхождения, большую часть своей жизни проработавший в Университете Дьюка в городе Дареме, расположенном в американском штате Северная Каролина. Здесь он возглавил большой научный коллектив, работавший над проблемами нейрофизиологии и нейроинтерфейсов. Широкую известность получили публикации ученых из этого коллектива по интерфейсам, управляющим движениями протезов рук и ног, интерфейсам с осязанием и интерфейсам, включающим несколько мозгов, – мозговым сетям.

В книге «Истинный творец всего» Николелис не только описывает последние работы своей лаборатории, но и делает попытку широкого и глубокого обобщения, основанного на экспериментальных и теоретических данных и философских размышлениях и рисующего человеческий мозг как центр вселенной, во всяком случае той вселенной, которая доступна нашему восприятию и пониманию.

Согласно Николелису, человеческий мозг – плод миллионов лет эволюции, через череду случайных событий приведших к тому, что организмы смогли создавать островки пониженной энтропии, необходимые для поддержания жизнедеятельности, обучились воспринимать окружающий мир

через органы чувств, мыслить и социально взаимодействовать через мозговые сети, в которых нервные системы отдельных организмов синхронизируются в процессе коллективных действий. Такое взаимодействие может нести и пользу, и вред, как, например, мозговые сети, неоднократно образовывавшиеся на протяжении истории человечества для ведения войн. Под мозговыми сетями, разумеется, имеется в виду не прямое взаимодействие мозгов, как в телепатии, а взаимодействие, опосредованное через нормальные каналы связи, такие как зрение, слух, обоняние и тактильная чувствительность. Несмотря на непрямой характер коннективности, в мозговых сетях могут происходить процессы, похожие на обработку информации в нейронных сетях индивидуальных мозгов, такие как, например, пластичность по принципу Хебба – укрепление синаптических соединений при возбуждении зон мозга одновременно с притоком сенсорной информации и сигналов подкрепления. В настоящее время мы находимся на этапе, когда на формирование мозговых сетей оказывают активное влияние новейшие технологии – мобильные телефоны, интернет, роботизация и искусственный интеллект.

Если экспериментальные результаты, описываемые Николелисом, находятся в лоне традиционной нейронауки, изучающей активность и взаимодействие нейронов в разных условиях, то теоретические воззрения автора, по его собственному признанию, менее традиционны и могут быть отнесены к

разряду дискуссионных. Так, излагая свою теорию, Николеллис утверждает – опираясь на умозрительные положения, – что существенную роль в работе мозга играют генерируемые им самим слабые магнитные поля, измеряемые в пикотеслах. Согласно Николеллису, эти магнитные поля, источником которых являются пучки нервных волокон – «биологические соленоиды», позволяют нейронам в разных отделах синхронизироваться и работать как аналоговый органический компьютер, принципиально отличающийся от полупроводниковых цифровых компьютеров.

Николеллис утверждает, что благодаря магнитным полям и осуществляемым ими аналоговым операциям мозг человека способен переводить информацию Шеннона в «информацию Гёделя» – ментальную абстракцию, которую нельзя ни свести к операциям цифровых компьютеров, ни моделировать посредством вычисляемых (алгоритмически задаваемых) функций. Лишь такой аналоговый компьютер мозга способен преодолеть ограничения, накладываемые на формальную логику теоремами Гёделя, которые доказывают неминуемое существование проблем, которые невозможно решить. Вместе с тем Николеллис допускает, что мозг может выполнять и цифровые операции посредством импульсов, генерируемых нейронами в режиме «все или ничего». Эти теоретические построения Николеллис распространяет и на более высокий уровень организации – мозговые сети, определяющие социальные явления в обществе. Поскольку кон-

цепция, излагаемая Николелисом, не имеет прямых экспериментальных подтверждений, читатель может рассматривать ее как нетривиальный взгляд на работу мозга.

Основываясь на базовых представлениях о цифровых и аналоговых операциях, осуществляемых мозгом и мозговыми сетями, Николелис трактует широкий круг проблем, включая происхождение живого из неживого, появление разума и сознания, механизмы памяти, вопросы истории, религии, войны и мира, роботизацию и искусственный интеллект. Николелис убежден, что человеческий мозг – это уникальный продукт эволюции, работу которого нельзя смоделировать с применением цифровых компьютеров и алгоритмов искусственного интеллекта. Более того, Николелис считает, что мозг фактически является творцом всего, поскольку свойства внешнего мира, например время и пространство, порождаются мозгом, а не существуют независимо от него. Будь на нашем месте инопланетяне, у них были бы совершенно другие представления о вселенной и ее законах.

Книга написана богатым литературным языком и содержит массу сведений, стимулирующих работу ума даже самого искушенного читателя.

Михаил Лебедев,

профессор МГУ имени М. В. Ломоносова, главный научный сотрудник ИЭФБ РАН, научный руководитель Центра

биоэлектрических интерфейсов НИУ ВШЭ

Дария Клеева,

*сотрудница Сколковского института науки и технологий и
НИУ ВШЭ*

Предисловие автора

Когда в 2007 году Бразилия была официально объявлена организатором чемпионата мира по футболу 2014 года, я выступил с предложением представить миру новейшие достижения в области исследований мозга и показать, как много мы можем сделать для улучшения жизни людей. После пяти лет подготовки я встретился с президентом Бразилии и генеральным секретарем ФИФА и предложил организовать научную демонстрацию во время церемонии открытия чемпионата. Главной целью этого мероприятия было показать, что новые технологические возможности и понимание основ функционирования человеческого мозга вплотную подвели нейробиологов к огромному прорыву – обретению возможности восстановить подвижность миллионов людей, парализованных в результате повреждений спинного мозга.

Я предложил организаторам церемонии открытия чемпионата мира дать сделать символический первый удар по мячу молодому бразильцу, полностью парализованному ниже пояса из-за повреждения спинного мозга. В ответ организаторы немедленно задали мне вопрос, который задали бы любому человеку, выдвинувшему столь смелый план: как человек с параличом нижних конечностей может ударить по мячу? Мой ответ привел их в еще большее замешательство: с помощью роботизированного экзоскелета нижних конеч-

ностей, полностью контролируемого его или ее мозгом, спокойно ответил я.

К моему полнейшему удивлению, организаторы согласились.

Легкая часть задачи была решена. Теперь предстояло решить трудную часть – воплотить идею в реальность.

Для этого я создал международный благотворительный проект «Снова ходить». За несколько месяцев к нам присоединились десятки инженеров, нейробиологов, робототехников, программистов, врачей, специалистов по реабилитации и техников самого разного профиля из 25 стран. Следующие 18 месяцев были самым сумасшедшим периодом в моей жизни и, возможно, в жизни всех участников проекта. К ноябрю 2013 года восемь крепких духом бразильских пациентов с парализованными конечностями вызвались участвовать в проекте «Снова ходить». Каждый день на протяжении последующих шести месяцев эти люди практиковали уникальное упражнение. Сначала они представляли себе, как ходят на собственных ногах. Затем, при помощи нейроинтерфейса, распознающего электрические сигналы мозга и передающего их роботизированному экзоскелету, в который были заключены их парализованные конечности, они силой мысли начинали передвигать механизированные ноги.

И в результате в холодный зимний (в Южном полушарии) день 12 июня 2014 года, точно в 15 часов 33 минуты по бразильскому времени, Джулиано Пинто (см. рисунок на ти-

тульной странице) – один из добровольцев проекта «Снова ходить» – сделал последнее усилие, чтобы распрямить свое тело. Закованный в новехонький роботизированный каркас, он в напряжении стоял на краю футбольного поля с еще не примятой травой. С трибун за ним пристально наблюдали 65 тысяч футбольных фанатов, не говоря уже более чем о миллиарде телезрителей по всему миру. Джулиано готовился вершить историю.

В момент истины в тот зимний день я и еще 24 члена команды проекта «Снова ходить» стояли буквально в нескольких шагах позади Джулиано. Церемониальный футбольный мяч лежал у его правой ноги. Чтобы дать представление о том, как работает экзоскелет, мы провели две длинных полосы из светодиодов от краев шлема Джулиано до нижней части ног экзоскелета. Джулиано запустил экзоскелет, и лампочки ритмично замигали синим.

Мы были готовы начинать!

Со всей энергией, болью и надеждой человека, знающего, каково это – провести почти десять лет прикованным к инвалидному креслу, Джулиано совершил движение, которое еще шесть месяцев назад казалось для него невозможным. Его мозг сгенерировал электрические сигналы, содержащие необходимые двигательные инструкции, а компьютер экзоскелета превратил мысленное желание Джулиано двигаться в координированную последовательность движений роботизированной ноги. В этот момент мигающее свечение

синих светодиодных полос сменилось быстрой последовательностью чередующихся зеленых и желтых световых импульсов, бегущих от шлема Джулиано через раму экзоскелета прямо к его ногам.

Казалось, время замедлилось. За незабываемую долю секунды Джулиано сначала отклонился влево, смещая вес в результате слитного движения его собственного туловища и балансирующей системы экзоскелета. Затем под действием мягкой направляющей силы металлического каркаса его правая нога двинулась назад, готовясь к знаменитому бразильскому удару. Достигнув самой верхней точки замаха, его тело подалось вперед, чтобы выполнить самый невероятный на свете удар.



Джулиано Пинто в экзоскелете

И когда правая нога гордого и вновь целого бразильца ударила по мячу, заставив тот мягко покатиться к краю деревянной площадки, Джулиано издал громкий, выстраданный гортанный крик, вскинув сжатую в кулак правую руку к серому бразильскому небу, чтобы отпраздновать свой успех. Всех нас переполняло ощущение, что произошло нечто совершенно невероятное. Мы бросились к Джулиано, и тот оказался в объятиях толпы с такой концентрацией ученых, какая не радовалась голу ни в одном футбольном матче. Среди объятий и поцелуев, его и наших слез Джулиано выкрикнул слова, выразившие глубокую и неожиданную суть произошедшего: «Я почувствовал мяч! Я почувствовал мяч!»

Впереди нас ждали и другие сюрпризы. Согласно клиническому протоколу, которому мы следовали в ходе работы над проектом «Снова ходить», пациенты должны были регулярно проходить неврологическое обследование. Это был не более чем стандартный осмотр, поскольку их состояние оставалось неизменным уже многие годы – они были полностью парализованы и не чувствовали ничего ниже поврежденного участка позвоночника. Мы совершенно не рассчитывали обнаружить какие-либо изменения в их неврологической картине. Но вдруг одна из наших пациенток сообщила врачу, что во время отдыха на пляже впервые за четырна-

дцать лет отчетливо ощутила кожей ног тепло от лучей солнца. Мы стали подозревать, что происходит нечто необычное.

Повреждения спинного мозга классифицируют по специальной шкале, разработанной Американской ассоциацией спинальной травмы (*American Spinal Cord Injury Association, ASIA*). Семеро из наших пациентов относились к группе ASIA A, что означает полный паралич и отсутствие тактильной чувствительности ниже места повреждения спинного мозга. Восьмой пациент относился к группе B – полный паралич при наличии некоторой остаточной чувствительности ниже места повреждения.

Клинические данные, собранные нами к августу 2014 года, привели нас в замешательство: после восьми месяцев упражнений наши пациенты демонстрировали очевидные признаки клинического улучшения – их ноги вновь обретали способность к произвольным движениям и тактильную чувствительность; улучшалась их способность контролировать функцию кишечника и мочевого пузыря.

Удивленные такими результатами, через три месяца мы повторили весь набор неврологических тестов, чтобы исключить фактор временных клинических отклонений. К началу 2015 года данные показывали совершенно невероятную картину. Налицо было не только явное и уверенное улучшение клинического состояния пациентов, но и восстановление их двигательных, сенсорных и висцеральных функций. Пациенты вновь обретали способность произвольным обра-

зом сокращать многие мышцы голеней и бедер, и как минимум трое могли выполнять сложные произвольные движения ногами, находясь на подвеске. Один из них мог даже «снова ходить» в воздухе.

Кроме того, когда мы объединили и усреднили результаты нескольких тестов на соматическую чувствительность, выяснилось, что пациенты стали восприимчивее к боли и начали лучше опознавать тактильную стимуляцию на участках тела значительно ниже поврежденного участка спинного мозга. Также значительно усилились ощущения давления и вибрации.

В конечном итоге к концу 2015 года благодаря этим неожиданным неврологическим улучшениям все семеро пациентов, продолжавших упражнения (один пациент вынужден был покинуть проект в конце 2014 года), перешли в группу ASIA C, что означает, что теперь они считались лишь частично парализованными! Например, Джулиано Пинто теперь неотчетливо ощущал прикосновения к его стопам и пальцам ног!

Но и это было еще не все. В 2016 году двое из наших пациентов, включая Джулиано, поправились настолько, что могли воспользоваться методом нейрореабилитации, который называют неинвазивной функциональной электростимуляцией. До тренировок по нашей программе этот метод стимуляции, при котором для улучшения мышечных сокращений поверхность кожи подвергают воздействию слабых электри-

ческих токов, был бы для них бесполезен. Теперь же двое из них могли ходить с помощью простых ходунков, опирая на землю 30–40 % массы тела. К концу 2017 года они могли проходить уже почти по 5000 шагов с такой минимальной поддержкой.

Дальнейшие клинические исследования показали, что наши пациентки начали вновь ощущать сокращения в брюшной полости, свидетельствовавшие о приближении менструаций. У одной из участниц проекта функции внутренних органов и тактильные ощущения в области промежности восстановились настолько успешно, что она решила во второй раз забеременеть. Девять месяцев спустя, испытав в положенный срок толчки ребенка и схватки, она родила здорового мальчика.

Кроме неожиданного улучшения клинических показателей, мы обнаружили, что наша программа нейрореабилитации сумела помочь нашим пациентам переосмыслить собственное самовосприятие. В результате их мозг принял синтетическое устройство – роботизированный экзоскелет – в качестве полноценного продолжения их биологического тела!

Всех нас больше всего интересовал один и тот же вопрос: какие механизмы или свойства мозга могли вызвать эти радикальные перемены в ощущениях пациентов и привести к таким удивительным и беспрецедентным неврологическим улучшениям?

Возможно, для многих удар Джулиано в тот день стал настоящим символом наступления эры кибернетики или гимном трансгуманизму, но лично я придерживаюсь диаметрально противоположной точки зрения. Там, где многие увидели триумф гибридного и бесшовного сопряжения человека и машины, я обнаружил очередное явное свидетельство непревзойденной и поистине воодушевляющей адаптивной мощности, которую человеческий мозг раз за разом демонстрировал на протяжении всей нашей истории всякий раз, когда ему приходилось сталкиваться с неизвестными прежде обстоятельствами.

Пытаясь в полной мере обосновать такую интерпретацию и мою убежденность в том, что человеческий мозг является органическим вычислительным устройством, с которым не может сравниться ни одна когда-либо созданная машина, включая самую мощную и успешную из всех – цифровой компьютер, я вскоре понял, что современной нейробиологии требуется совершенно новая теория. Теория, которая наконец покажет, как миллионы лет эволюции человеческого мозга сделали его Истинным творцом всего.

Вначале

Истинный творец всего сказал:

Да будет свет!

А после короткого молчания

провозгласил:

И да будет

$$E = mc^2$$

Глава 1

Вначале...

Вначале был только мозг приматов. И из глубин этой сложной и запутанной сети из 86 миллиардов нейронов в результате слепого эволюционного пути и множества ментальных «больших взрывов» за миллиарды лет возник человеческий разум. Свободный, ничем не ограниченный и быстро расширяющийся, словно некая биологическая плазма, он вскоре образовал континуум, породивший гремучую смесь из прямохождения, ловкости рук, умения изготавливать орудия труда, устной и письменной речи, сложных социальных взаимодействий, абстрактного мышления, способности к рефлексии, сознания и свободы воли. Из того же ментального котла вышло самое комплексное представление о времени и пространстве, которое когда-либо порождала органическая материя, послужившее идеальной основой для появления множества ментальных абстракций – поистине священных органических скрижалей, на которых зиждется человечество. Вскоре эти ментальные построения стали определять сущность человеческого бытия и цивилизации: от нашего эгоистического самовосприятия до глубочайших верований, сложных экономических и политических структур, а также уникального нейронного воспроизведения окру-

жающего мира. Из простых электромагнитных возмущений нервных клеток возник великий скульптор нашей материальной реальности, виртуозный композитор и единоличный архитектор нашей героической и трагической истории, самый талантливый исследователь глубочайших тайн природы, неутомимый искатель ускользающей истины о нашем происхождении, искусный иллюзионист, неортодоксальный мистик, артист со множеством талантов, лирик, облакающий в свои несравненные нейробиологические рифмы любые мысли, изречения, мифологические метафоры, наскальные рисунки, религиозные догмы, письменную историю, научные теории, памятники, экспедиции первооткрывателей, чудовищный геноцид и грандиозные завоевания, а также каждый жест любви, каждую мечту или галлюцинацию, когда-либо испытанную каким-либо гоминидом на этой несовершенной голубой планете, которую мы называем своим домом.

И тогда, примерно через 100 тысяч лет после стремительного взлета, Истинный творец всего оглянулся назад на свои невероятные творения и, к собственному удивлению, обнаружил, что создал совершенно новую вселенную.

«Истинный творец всего» – это рассказ о том, как работает человеческий мозг, и о его центральном месте в космологии человеческой вселенной. Под человеческой вселенной я понимаю гигантский набор знаний, восприятий, мифов,

верований и религиозных представлений, научных и философских теорий, культурных, моральных и этических традиций, интеллектуальных и физических достижений, технологий, искусства и всех других побочных продуктов, которые возникают в процессе работы человеческого мозга. Если говорить коротко, человеческая вселенная – это все плохое и хорошее, что определяет наше наследие как вида. Однако это вовсе не учебник истории и не подробный перечень всего, что известно (или считается известным) нейробиологам о фокусах и трюках человеческого мозга. Скорее это научный труд, цель которого заключается в описании мозга в качестве совершенно новой структуры. Центральная часть повествования посвящена деталям новой теории, объясняющей, как человеческий мозг, самостоятельно или в составе широкой сети других мозгов, реализует свои удивительные функции. Я называю эту новую теоретическую систему релятивистской теорией мозга.

Когда я задумался над созданием книги, я намеревался в основном сосредоточиться на той научной сфере, которой посвящена большая часть моей профессиональной деятельности, – исследованиях мозга. Однако вскоре я понял, что это слишком узкий подход. Масштаб моего интеллектуального труда требовалось значительно расширить и включить области знания, в которые нейробиологи редко забредают в наши дни, – философия, искусство, археология, палеонтология, история вычислительной техники, квантовая механика,

лингвистика, математика, робототехника и космология.

После многих месяцев чтения и с растущим разочарованием по поводу того, что мне все еще не удалось найти подходящего начала для моего повествования, я почти случайно наткнулся на великолепную книгу «История искусства» выдающегося немецко-британского историка Э. Х. Гомбриха. Беспокоясь о моем писательском ступоре, моя мать, известная в Бразилии писательница, подарила мне эту книгу на Рождество 2015 года. Прибыв домой поздно ночью, я решил немного почитать перед сном. Но несколько первых предложений полностью меня разбудили. Это было оно! На глянцева́й бумаге черным по белому был записан первый виток моей собственной истории. Я так и не закрыл книгу до раннего утра следующего дня.

Вот что писал Гомбрих: «Не существует на самом деле того, что величается искусством. Есть художники. В давние времена они, подобрав с земли кусочки красящих минералов, набрасывали в пещерах фигуры бизонов. В наши дни люди этой породы покупают краски в магазинах и рисуют, например, плакаты, которые мы видим на стенах и заборах. Их руками создано и многое другое»¹.

Неожиданно я нашел союзника. Кого-то, кто понимал, что без человеческого мозга, этой особенной разновидности мозга приматов, смоделированной и сформированной в

¹ Здесь и далее цит. по: Гомбрих Э. *История искусства*. АСТ, 1995. – *Здесь и далее, если не указано иное, прим. перев.*

результате уникального эволюционного процесса, который, скорее всего, никогда больше не повторится нигде в окружающем нас гигантском космосе, не было бы и искусства, поскольку все проявления артистизма являются побочным продуктом пытливого и беспокойного человеческого разума, жаждущего наложить на внешний мир образы из своей внутренней нейронной вселенной.

Это может показаться крохотным нюансом, маловажным семантическим вопросом о нашем мировосприятии. Однако размещение человеческого мозга в центре человеческой вселенной оказывает огромное влияние на наше восприятие собственной жизни и на выбор будущего, которое унаследуют наши потомки. На самом деле, если заменить всего несколько слов, замечание Гомбриха могло бы послужить началом любой книги, описывающей продукты человеческого мозга, например, книги о физике. Наши физические теории столь успешно описывают природные явления, происходящие на разных пространственных масштабах, что большинство из нас, включая постоянно работающих в этих сферах ученых, забывают, что на самом деле означают ключевые понятия физики, такие как масса или заряд. Мой добрый друг бразильский физик-теоретик Марсело Глейзер из Дартмутского колледжа писал в замечательной книге «Остров знаний»: «Масса и заряд не существуют сами по себе. Они лишь часть информационной картины, которую люди

создают для описания мира вокруг себя»².

Мы с Марсело пришли к одинаковому определению человеческой вселенной: если бы иное разумное существо, скажем, знаменитый Спок с планеты Вулкан³, прибыл бы на Землю и чудесным образом смог с нами общаться, вероятнее всего, мы бы обнаружили, что объяснения и теории, не говоря уже о фундаментальных концепциях и понятиях, которыми он воспользовался бы для описания его космологических взглядов на вселенную, были бы совершенно не такими, как наши (рис. 1.1). А с чего нам ожидать сходства? В конце концов, мозг Спока был бы совсем не таким, как наш, поскольку являлся бы продуктом эволюционного процесса и культурного развития на Вулкане, а не на Земле. На мой взгляд, ни одно из двух описаний в таком случае не было бы более точным: они бы просто представляли собой результаты двух наиболее удачных попыток двух разных типов органического разума объяснить окружающую их действительность. В конце концов, что бы ни существовало где-то там в этой вселенной возрастом 13,8 миллиарда лет (по человеческим оценкам), с точки зрения нашего мозга (и, осмелюсь предположить, также с точки зрения любого инопланетного мозга) космос представляет собой массу потенциальной информации, ожидающей разумного наблюдателя, способного извлечь из нее знания и практически сразу придать им ка-

² Глейзер М. *Остров знаний*. Питер, 2017.

³ Персонаж научно-фантастических телесериалов и фильмов «Звездный путь».

КОЙ-ТО СМЫСЛ.

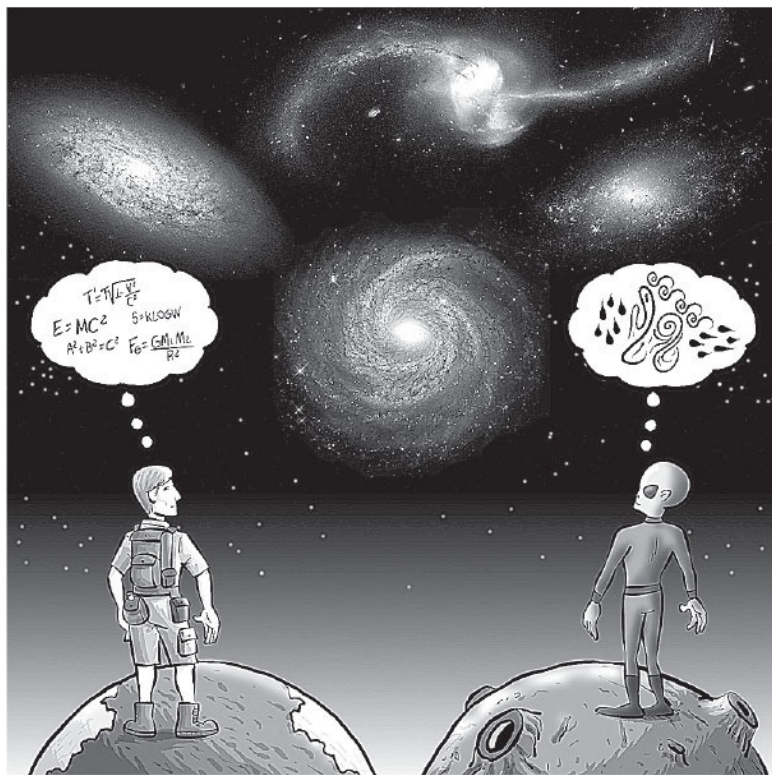


Рис. 1.1. Мозгоцентрическая космология: описание вселенной, сделанное человеческим мозгом (в данном случае с помощью математических выкладок), с большой вероятностью будет отличаться от описания, созданного центральной нервной системой инопланетного существа (рисунок Кусто-

дио Роса).

Именно в присвоении смысла вещам – в создании знаний – Истинный творец всего выступает во всем своем блеске. Знания позволяют нам адаптироваться к постоянно меняющейся окружающей среде и сохранять способность поглощать новую потенциальную информацию из космического супа. Протоны, кварки, галактики, звезды, планеты, камни, деревья, рыбы, кошки, птицы: в сущности, неважно, как мы их называем (наверняка Спок сказал бы, что у него названия более подходящие). С позиции нашего человеческого мозга все это – разные способы описания сырой информации, поступающей к нам из космоса. Наш мозг дает всем этим объектам имя и (для операционного удобства) значение, но в исходном виде их содержимое всегда одно и то же – это потенциальная информация.

Чтобы вы не подумали, что кто-то что-то подмешивает в воду, которую пьют в детстве бразильские нейробиологи и физики родом из Сан-Паулу или Рио-де-Жанейро, позвольте мне прояснить свою мысль. В большинстве случаев мы говорим о физике как о некой универсальной сущности, живущей собственной жизнью, как Искусство с заглавной буквы «И», о котором говорит Гомбрих. Однако физики *per se* вообще не существует. На деле существует лишь набор человеческих ментальных конструкторов, которые на сегодняшний день обеспечивают наилучшее и наиболее точное описание

окружающего нас мира. Физика, как и математика или любая другая отрасль научных знаний, определяется отражениями и отзвуками электромагнитных возмущений, происходивших когда-то в мозгах таких гениев, как Фалес, Пифагор, Эвклид, Архимед, Диофант, Аль-Хорезми, Омар Хайям, Коперник, Кеплер, Галилей, Ньютон, Максвелл, Бор, Кюри, Резерфорд, Эйнштейн, Гейзенберг, Шрёдингер и Штюкельберг, а также многих других.

Таким же образом, данное Гомбрихом определение искусства соответствует фантастической коллекции ментальных изображений, созданных человеческим мозгом, которые за последние десятки тысяч лет были вырезаны, выгравированы, вылеплены, нарисованы или записаны для закрепления внутренних воспоминаний, ощущений, желаний, космологических представлений, верований или предчувствий, записи на самых разных носителях (сначала в человеческих телах, а затем на камнях, костях, дереве, стенах пещер, металле, ткани, мраморе, бумаге, церковных сводах и окнах, видео пленке, CD- и DVD-дисках, в полупроводниковой памяти или в облачном хранилище). В этой коллекции содержатся все творения человека – от потрясающей наскальной росписи, выполненной неизвестными художниками эпохи верхнего палеолита в пещерах Альтамира и Ласко, до работ Боттичелли, Микеланджело, да Винчи, Караваджо, Вермеера, Рембрандта, Тёрнера, Моне, Сезанна, Ван Гога, Гогена и Пикассо, и это если перечислить лишь нескольких художни-

ков, превративших незримые мозговые процессы в красочные эпические аллегории человеческого бытия.

В рамках той же логики наши лучшие и наиболее точные описания вселенной – не что иное, как устоявшаяся извилистая история развития ментальных производных, таких как математика и логика, которым обычно присваивают имена их создателей: законы Кеплера для описания движения планет, астрономические наблюдения Галилея, законы движения Ньютона, уравнения Максвелла для электромагнетизма, специальная и общая теория относительности Эйнштейна, принцип неопределенности Гейзенберга или квантово-механические уравнения Шрёдингера.

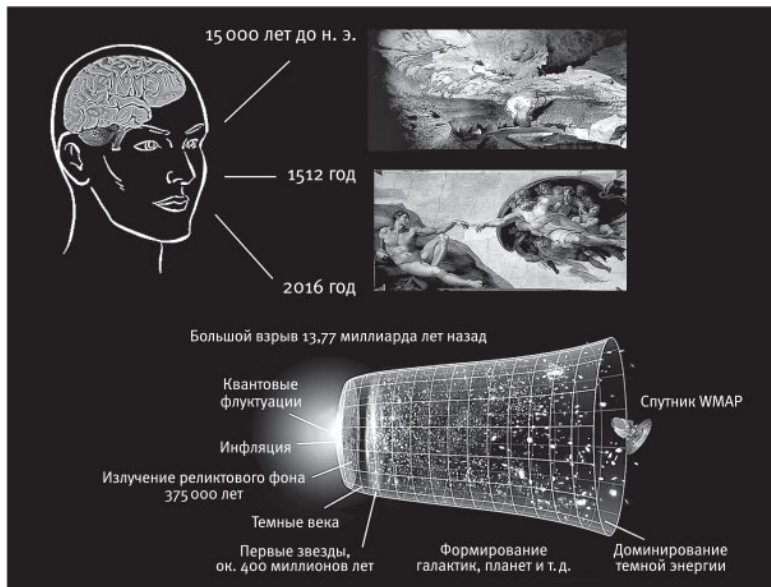


Рис. 1.2. Три космологических представления, выдвинутых Истинным творцом всего в разные исторические периоды: «Зал быков» в пещере Ласко, расписанный нашими предками из верхнего палеолита; Сикстинская капелла Микеланджело; наиболее современное описание происхождения Вселенной, по данным НАСА (рисунок Кустодио Роса).

Прежде чем возмущенные физики начнут вскакивать со стульев, замечу, что эта идея вовсе не ставит удивительные открытия и достижения сообщества физиков под сомнение, а лишь дополняет их, подтверждая, что физики являются по

совместительству талантливыми нейробиологами и способны постичь самые глубинные механизмы человеческого разума (даже если большинство из них обычно отрицают фактор влияния их собственного сознания на процесс научных изысканий). Но эта идея также означает, что поиски священного Грааля в физике – теории всего – не приведут к успеху без учета детальной теории человеческого разума. Большинство консервативных физиков являются яркими противниками идеи о том, что физиология человеческого мозга имеет какое-либо отношение к формированию основных физических теорий, которые они считают абсолютно объективными. Я же в этой книге рассчитываю доказать, что некоторые из самых загадочных природных явлений, включая такие базовые и древние концепции, как пространство и время, нельзя понять полностью, не поставив на передний план самого наблюдателя – и человеческий мозг.

Ну а теперь – вперед!

Согласно наиболее широко распространенному варианту описания событий, примерно через 400 тысяч лет после сингулярного взрыва, в результате которого образовался космос, наконец выделился свет. Он несся через вселенную, пока не встретил на своем пути кого-то или что-то, что попыталось воссоздать его путешествие и придать произошедшему смысл. На поверхности небольшого голубоватого камня, сформировавшегося около пяти миллиардов лет назад

из межгалактической пыли на орбите обычной желтой звезды, затерянной в ничем не примечательном уголке очередной заурядной галактики, этот первозданный свет встретил существ, которые загорелись желанием осмыслить его и при помощи выработанных в ходе эволюции ментальных способностей и инструментов начали настойчиво воссоздавать в своих головах происхождение этой потенциальной информации и определять ее значение. Три космологических представления, изображенные на рисунке 1.2, отражают крошечные фрагменты этого невероятного коллективного труда человеческой мысли. Глядя что на новейшее визуальное описание известной нам вселенной, предложенное НАСА, что на фрески Микеланджело, что на наскальные рисунки из пещеры Ласко, нельзя не затаить дыхания, не ощутить собственную незначительность и глубокое волнение при виде невероятных свершений, достигнутых Истинным творцом всего за такой короткий отрезок времени.

Глава 2

Эволюционное происхождение Истинного творца всего

В тот момент, когда встревоженный донесшимся из кустов высоким свистом бизон поднял из травы свою тяжелую черную голову, его судьба уже была решена.

В условиях плохой видимости из-за окутавшего долину плотного тумана могучий бык испытал отвратительное чувство страха, когда прямо перед ним из густой листвы показалось пламя и раздались дикие гортанные крики и вопли. После секунды растерянного колебания он развернул свое массивное тело и приготовился бежать – одновременно от огня и от орды двуногих существ, выскочивших из кустов и бросившихся в его сторону. В этот момент внезапного перехода от мертвящего страха ко всепоглощающему желанию бежать прочь бык ощутил первый пронзающий удар в спину. Последовавшая за этим вспышка боли была резкой и сильной, но еще прежде, чем он понял, что его ноги уже перестали подчиняться срочным приказам возбужденного мозга, за несколько секунд один за другим последовало еще несколько подобных ударов, решивших его удел. Ему оставалось лишь поддаться слабости, которая начала охватывать его тело, и просто повалиться на землю.

Дикие крики раздавались все ближе и ближе, пока, по необъяснимой причине, не начали стихать, хоть бык и видел теперь, что его окружала большая толпа ликующих охотников, каждый из которых был одет в несколько слоев дубленых шкур животных и держал по грозному каменному клинку, изготовленному умелыми и ловкими руками. Затихающий звук голосов вовсе не означал, что охотники уходили. Скорее, наоборот – они никуда не денутся еще много тысяч лет. Нет, это таяла на глазах способность самого быка воспринимать происходящее. Он проживал свои последние секунды на земле, все еще пораженный тем, насколько стремительно оборвалась его жизнь.

Быка бы это вряд ли утешило, но эта история практически наверняка была потом навеки запечатлена в виде наскального рисунка: чтобы почтить его память и жертву, обучить будущих охотников примененной в то утро тактике и, возможно, отразить веру в мистическое царство, в которое отправился бык, пав жертвой изобретательности нового разрушительного образа жизни, который ему не дано было понять. В свои последние мгновения это великолепное животное никак не могло понять, что его убийство было тщательно спланировано заранее, а затем безошибочно осуществлено самым мощным, изобретательным, эффективным и порой самым смертоносным параллельным органическим компьютером, когда-либо порожденным наугад естественным отбором – человеческой мозгосетью.

Воспроизведение этой сцены первобытной охоты, хоть и вымышленное, отражает некоторые ключевые нейробиологические свойства, возникшие в ходе сложного эволюционного процесса, начавшегося примерно 6 миллионов лет назад, когда наши самые ранние предки отделились от нашего общего с современными шимпанзе предшественника. Этот процесс наделил представителей нашего вида уникальными умственными способностями. Даже сегодня остаются сомнения по поводу точной причинно-следственной цепочки событий, благоприятствовавшей возникновению таких выдающихся неврологических характеристик. И поэтому я хочу, не углубляясь в детали, крупными мазками набросать важнейшие метаморфозы и гипотетические нейробиологические механизмы, позволившие мозгу современного *Homo sapiens* появиться и завладеть всей планетой. В более узком плане моя задача состоит в том, чтобы описать, каким образом этот органический компьютер (именно так мне нравится называть человеческий мозг) достиг своей нынешней конфигурации и в процессе приобрел способность создавать важнейшие варианты человеческого поведения – необходимый шаг в процессе становления Истинного творца всего в качестве центрального элемента человеческой вселенной.

Исторически первым, что привлекло внимание палеонтологов и антропологов в качестве потенциальной причины усложнения человеческого поведения в ходе эволюции, бы-

ло увеличение объема нашего мозга. Этот процесс, называемый энцефализацией, начался примерно 2,5 миллиона лет назад (рис. 2.1). До этого у первых двуногих гоминидов, таких как представительница вида *Australopithecus afarensis*, которой дали прозвище Люси, головной мозг имел объем около 400 см^3 , примерно как у современных шимпанзе и горилл. Однако 2,5 миллиона лет назад объем мозга *Homo habilis*, научившегося изготавливать орудия, составлял уже около 650 см^3 – более чем на 50 % больше, чем у Люси.

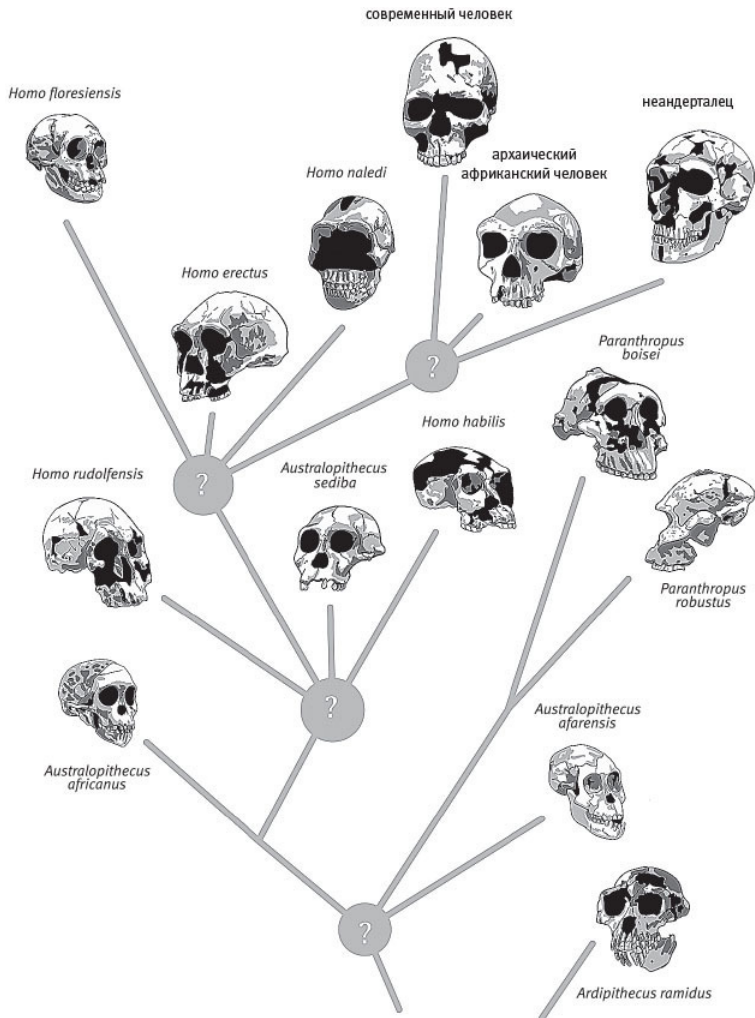


Рис. 2.1. Гипотетическое семейное дерево гоминидов. Во-

просительные знаки стоят там, где палеоантропологи не уверены в картине расхождения ветвей. Иллюстрация любезно предоставлена Джоном Хоуксом; впервые опубликована в книге: Berger L., Hawks J. *Almost Human*. New York: National Geographic, 2017.

Еще 2 миллиона лет спустя началась вторая фаза ускоренного роста мозга. Она стартовала примерно 500 тысяч лет назад и продолжалась 300 тысяч лет. За этот период объем мозга *Homo erectus* – следующего главного героя нашей эволюционной пьесы – достиг 1200 см^3 . В период же с 200 до 30 тысяч лет назад объем мозга наших собратьев достиг максимума у неандертальцев и составил примерно 1600 см^3 . Однако ко времени появления уже нашего вида объем мозга мужчин составлял лишь 1270 см^3 , а объем мозга женщин – порядка 1130 см^3 . Важнейший аспект, который нужно учитывать при анализе этих показателей, заключается в том, что в конце истории длительностью в 2,5 миллиона лет мозг представителей человеческой линии увеличился в размерах значительно больше, чем остальные части тела. То есть трехкратное увеличение объема, приведшее к появлению мозга современного человека, создало центральную нервную систему примерно в девять раз крупнее, чем у любого другого млекопитающего с такой же массой тела.

Попытки ученых установить причину этого невероятно-

го трехкратного увеличения размера мозга при переходе от *Australopithecus afarensis* к *Homo sapiens* показали, что в значительной степени это изменение объема, уже пересчитанное в пропорции с изменившейся массой тела, связано с гигантским увеличением объема неокортекса («новой коры») – извилистого слоя нервной ткани на поверхности нашего мозга. Это особенно важно по той причине, что неокортекс, как известно, является проводником всех наших самых продвинутых когнитивных способностей – ментального ресурса, определяющего самую суть человеческого существа. У большинства приматов на долю неокортекса приходится около 50 % объема мозга. У человека же неокортекс занимает почти 80 % объема всей центральной нервной системы.

Любая теория, объясняющая этот стремительный рост мозга наших предков, должна учитывать один парадокс, заключающийся в том, что наша мозговая ткань потребляет очень много энергии. Следовательно, по мере развития у них крупного мозга нашим предкам приходилось затрачивать все больше и больше усилий на поиски источников калорий для поддержания работы энергозатратной центральной нервной системы. Хотя на долю мозга приходится лишь 2 % всей массы человеческого тела, он поглощает около 20 % производимой каждым из нас энергии. Следовательно, нужно либо потреблять больше пищи, то бишь дольше подвергаться опасности нападения хищников, как наш бизон, либо менять рацион и переходить на более калорийную диету.

ту. Дополнительная энергия появилась, когда гоминиды перешли от исходной диеты приматов, состоявшей из листьев и фруктов, к употреблению легкодоступной пищи с гораздо более высокой энергетической ценностью – богатому жирами и белками мясу животных. Дела пошли еще лучше, когда гоминиды овладели огнем и открыли искусство приготовления пищи. За счет приготовления мяса и энергетически богатых овощей эти гоминиды облегчили себе процесс переваривания пищи, что позволило им извлекать из нее больше энергии. Это изменение в типе питания произошло параллельно с (если не вызвало) очень важной эволюционной адаптацией – значительным сокращением размера и сложности кишечника (особенно толстой кишки). Поскольку работа крупного и сложного кишечника весьма энергозатратна, эти внутренние изменения позволили сэкономить энергию, которую теперь можно было перебросить на поддержание функций увеличившегося мозга.

Однако даже определение источников энергии для поддержания крупного мозга не объясняет причины возникновения столь непропорционально обширной нервной системы. После нескольких неудачных попыток объяснения причин увеличения мозга приматов и человека в 1980-х годах начала наконец формироваться новая правдоподобная и заманчивая гипотеза; Ричард Бирн и Эндрю Уиттен заявили, что мозг человека и человекообразных обезьян увеличивался параллельно с усложнением их сообществ. Эта теория, на-

званная теорией макиавеллианского интеллекта, предполагает, что для выживания и процветания социальных групп людей и человекообразных обезьян индивиды должны подчиняться сложной динамике социальных отношений. Приобретение социальных знаний и их правильная интерпретация и использование необходимы для распознавания друзей, помощников и потенциальных угроз. Таким образом, в соответствии с теорией Бирна и Уиттена важнейшая задача, связанная с необходимостью обрабатывать большой объем социальной информации, потребовала развития у человекообразных обезьян (и особенно у людей) более крупного мозга.

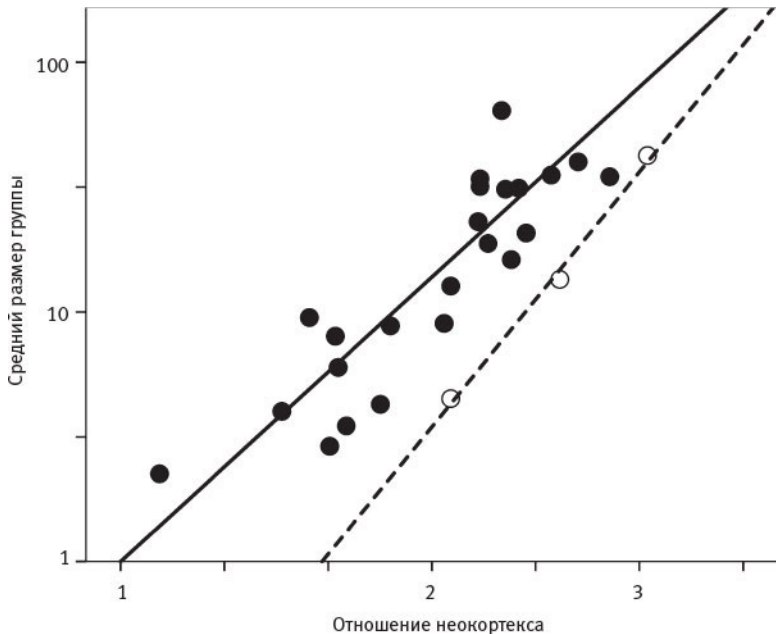


Рис. 2.2. Корреляция между средним размером группы и отношением неокортекса для разных антропоидных приматов (данные для обезьян показаны черными кружками, данные для человекообразных обезьян – незакрашенными). Dunbar R. I., Shultz S. *Evolution in the Social Brain*. Science 317, no. 5843, 2007: 1344–47. Воспроизводится с разрешения AAAS.

Иными словами, теория макиавеллианского интеллекта предполагает, что более крупный мозг необходим для созда-

ния в сознании индивидуума социальной карты группы, к которой он принадлежит и с которой он постоянно взаимодействует. В этом отношении эта теория близка к идее о том, что крупный мозг, подобный нашему, может создавать ментальный конструкт, называемый моделью психического состояния. В общих чертах эта когнитивная способность дает нам возможность не только осознавать, что другие члены нашей социальной группы могут находиться в собственных особых состояниях сознания, но и предполагать, какими могут быть эти состояния при нашем взаимодействии с ними. Иными словами, когнитивные характеристики, связанные с моделью психического состояния, позволяют нам думать о мыслях других людей о нас или о других членах нашей социальной группы. Естественно, следует предположить, что, дабы извлечь пользу из такой невероятной способности, наш крупный мозг также обеспечил нас самоузнаванием, самосознанием и способностью формировать собственную точку зрения.

В 1990-х годах британский антрополог и эволюционный психолог из Университета Оксфорда Робин Данбар предложил новый способ экспериментального подтверждения теории макиавеллианского интеллекта. Во-первых, вместо оценки всего объема мозга он сосредоточился только на неокортексе. Остальные части мозга также выполняют важные физиологические функции, но если речь идет о таких навыках, как изготовление орудий, речь, ощущение само-

го себя, модель психического состояния, и о многих других способностях мозга, следует анализировать именно неокортекс.

Данбар решил проверить свою теорию с помощью единственного показателя уровня социальной организации, который он мог легко контролировать на количественном уровне, – размера социальных групп приматов. Удивительный результат, полученный при проверке догадки проницательного Данбара, представлен на рисунке 2.2 на примере обезьян и человекообразных обезьян. На нем хорошо видно, что зависимость логарифма размера групп нескольких видов приматов от логарифма соответствующего отношения неокортекса⁴ представляет собой прямую линию. Поэтому такой график позволяет легко оценить идеальный размер социальной группы вида исходя из отношения неокортекса для этого вида. В честь этого открытия размер группы животных, определенный с помощью такой кривой, называют теперь числом Данбара для конкретного вида животных. Так, для шимпанзе число Данбара равно 50, что означает, что кора мозга этих человекообразных обезьян позволяет им справляться с уровнем сложности социальных отношений в группе примерно из 50 особей.

⁴ Отношение неокортекса – это отношение массы неокортекса к массе остального мозга.

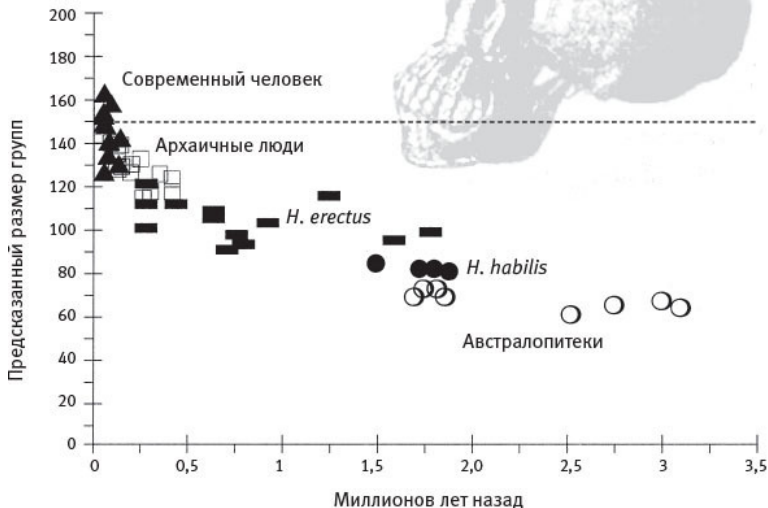


Рис. 2.3. Предполагаемые значения размера популяций пяти наших предков – гоминидов/австралопитеков, *Homo habilis*, *Homo erectus*, архаичных людей (включая неандертальцев) и *Homo sapiens* – в зависимости от приблизительно возраста окаменелостей. Dunbar R. *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*. London: Faber and Faber, 1996.

В соответствии с выдвинутой Данбаром гипотезой социального мозга, как стали называть его идею, разросшаяся кора мозга наделяет нас способностью формировать ближний

социальный круг, включающий до 150 человек, и эти цифры вполне соответствуют данным для современных охотников и собирателей, а также археологическим данным относительно размеров сельскохозяйственных поселений раннего неолита на Ближнем Востоке.

Дополнительным доказательством идеи Данбара о предполагаемом лимите социальной сложности, с которой мы способны справляться исключительно за счет прямых межличностных контактов без каких-либо внешних или искусственных механизмов социального контроля, служат те случаи, когда размер коллектива превышает 150–200 человек. Лучше всего это видно на примере компаний с количеством сотрудников, превышающим число Данбара. Выше этого уровня значительно возрастает потребность в менеджерах, управляющих и административных протоколах – просто чтобы эффективно следить за происходящим.

Ради интереса на рисунке 2.3 указаны числа Данбара для социальных групп большинства наших важнейших эволюционных предков, основанные на отношении неокортекса, полученном в результате реконструкции мозга при анализе окаменелостей их черепов. Взгляните на график, и вы увидите, сколь значительный социальный эффект оказывало увеличение объема мозга на протяжении последних 4 миллионов лет.

Но за счет чего удерживаются социальные группы прима-

тов, состоящие из такого большого числа особей? У приматов, не принадлежащих к человеческому роду, по-видимому, основным инструментом для поддержания социальных связей является груминг. Идея о важной социальной функции груминга основана на наблюдениях, показавших, что приматы посвящают этой активности от 10 до 20 % времени. По-видимому, выделение в ходе груминга эндогенных опиатов (эндорфинов) у обезьян отчасти объясняет высокую эффективность коллективного использования приматами сильных тактильных стимулов для создания прочных связей, необходимых для поддержания целостности социальных групп; после сеанса груминга животные обычно ведут себя спокойнее и становятся меньше подвержены стрессу.

В отличие от наших родственников приматов, мы не тратим много времени на груминг для поддержания гармонии в социальной группе. По оценкам Данбара, для сохранения целостности группы из 150 человек только за счет груминга нам приходилось бы уделять на него от 30 до 40 % времени. Вместо этого, как считает Данбар, мы для достижения той же цели используем речь.

Речь в сочетании с жестами, нечленораздельными звуками и посвистыванием создавала эффективную среду для поддержания целостности весьма многочисленных групп первых людей. Робин Данбар приводит прекрасный пример роли речи в качестве инструмента для создания социальных связей между людьми. Анализируя содержание разговоров в

самых разных социальных группах в современной Англии, он обнаружил, что вне зависимости от самих собеседников около двух третей всех бесед касаются социальных аспектов нашей жизни. Иными словами, согласно данным Данбара, любимым занятием современного человека является болтовня, и, вероятно, именно она и была главным механизмом, с помощью которого сотни тысяч лет назад первые представители нашего вида научились организовывать и поддерживать функционирование крупных социальных групп.

Несмотря на элегантную простоту аргументов Данбара, эволюция животных редко следует простой и линейной цепочке событий, которую предполагает его теория. На самом деле, по-видимому, в процессе эволюции происходит взаимодействие многих причинно-следственных связей, и в итоге многие признаки эволюционируют параллельно в результате определенного селективного давления и даже влияют на эволюцию друг друга. С тех пор как Данбар сформулировал свою гипотезу социального мозга в 1990-х годах, другие авторы предполагали, что подобная сложная и нелинейная причинно-следственная цепочка должна была влиять на связь между расширением неокортекса и увеличением сложности социального поведения. Для начала можно сказать, что увеличение мозга и появление речи не только способствовали усложнению социального поведения человека, но были для него необходимыми условиями, а может быть, и результатами этого усложнения.

В этом контексте за последние двадцать лет сформировалась иная точка зрения относительно сочетания факторов, которые могли направлять эволюцию человека и процесс энцефализации. Например, профессор департамента эволюционной биологии человека в Гарварде Джозеф Генрих уверен, что в эволюции человека и, возможно, в увеличении объема мозга главную роль сыграла человеческая культура. В книге «Секрет нашего успеха: как культура способствует эволюции человека, приручению наших видов и делает нас умнее» он подробно излагает свою теорию о том, как передача «практик, методов, техник, обучения, орудий, мотиваций, ценностей и верований» из поколения в поколение сделала нас выдающимися «культурными животными». Обучаясь один у другого, сочетая накопленные знания и передавая их другим членам своей социальной группы и последующим поколениям, люди при помощи культуры не только обеспечили себя могучим подспорьем для выживания, но и в конечном итоге создали новое селективное давление, которое отсеивало тех, кто не умел обучаться и ассимилировать подобные культурные накопления. С этой точки зрения эволюция человека находилась под глубоким влиянием того, что Генрих называет генно-культурной коэволюцией – взаимным рекуррентным влиянием культуры и генов. В первую очередь этот процесс связан с тем, что динамические взаимодействия между людьми в социальных группах в качестве эмерджентного свойства при параллельных взаимодей-

ствиях мозга многих индивидуумов в составе групп создают культурные продукты. Генрих называет этот процесс группового обучения, уточнения и передачи знаний продуктом «коллективного мозга» группы. Я считаю его основополагающей функцией человеческих мозговых сетей – главным механизмом, при помощи которого сформировалась человеческая вселенная.

В соответствии с представлениями Генриха эволюционная успешность *Homo sapiens* в гораздо большей степени определяется умением извлекать выгоду из плодов труда нашего коллективного мозга, чем способностями нервной системы отдельных индивидуумов. Эта гипотеза отчасти объясняет, например, почему гоминиды с небольшим объемом мозга, окаменелости которых были найдены на острове Флорес в Индонезии, смогли, судя по всему, научиться пользоваться огнем для приготовления пищи или изготавливать каменные орудия, хотя объем их мозга был сравним с объемом мозга наших родственников австралопитеков. Формирование и передача культурных навыков мозгосетями компенсировала небольшой размер мозга каждого отдельно взятого *Homo floresiensis*. Соответственно, размер мозга – не единственная переменная, которую следует учитывать при анализе эволюции когнитивных способностей человека.

Хотя я согласен с большинством доводов Генриха, очевидно, что уникальные нейроанатомические и нейрофизиологические свойства каждого индивидуального мозга игра-

ют решающую роль в формировании оптимальных мозговых сетей и появления у социальных групп людей способности создавать и передавать знания (см. главу 7).

Смысл теории генно-культурной коэволюции, а также моих замечаний в отношении этой теории можно четко проиллюстрировать на примере одного из главных результатов человеческой эволюции – нашей уникальной способности создавать орудия труда. Встав примерно 4 миллиона лет назад на ноги, наши предки значительно увеличили дальность своих ежедневных перемещений в поисках пищи и крова. В какой-то момент это удивительное биологическое новшество позволило африканским гоминидам распространиться сначала вдоль побережья и вглубь континента, а затем и по всему миру. Таким образом, первым волнам колонизации мира человеком, а также истокам того, что мы сейчас называем глобализацией, мы обязаны босым ногам африканских иммигрантов, искавших лучшей жизни. Кто бы напомнил современным политикам, что без этих масштабных миграций не сформировался бы наш современный мир, каким мы его знаем.

Однако прямохождение не просто расширило границы перемещений человека. Оно освободило руки наших предков для множества других вариантов моторного поведения, некоторые из которых требовали тонких и точных координированных движений всех пяти пальцев, включая противопоставленный большой. Способность перемещаться на двух

ногах в сочетании с выборочным разрастанием лобно-теменных сетей коры дала нам возможность пользоваться руками для изготовления орудий труда.

Однако для этого нашим предкам нужно было еще и научиться наблюдать и опознавать причинно-следственные связи в окружающем мире. Скажем, какой-то из наших предков швырнул камень о скалу. Поняв, что образовавшимися осколками много что можно было разрезать, этот гоминид решил намеренно разбивать камни друг о друга, чтобы получить больше орудий, которые лучше резали. А когда этот первый изобретатель с помощью своего инструмента смог быстрее и эффективнее отделить мясо от костей, вероятно, другие члены группы заметили это и начали внимательно наблюдать за тем, как изобретатель делал новый инструмент. Способность находить решения проблем и последующее распространение новых знаний среди членов социальной группы определяют ключевое неврологическое свойство, отличающее наш вид от других приматов.

Явление одновременной активации одинаковых структур мозга у нескольких наблюдателей при виде двигательных действий индивидуума называется моторным резонансом. Если наблюдатели начинают повторять наблюдаемые движения – это называют моторным заражением. Если такое заражение проявляется очень быстро, данное явление называют мимикрией. Особые сети в мозге приматов (см. главу 7) играют ключевую роль в создании моторного резонанса, кото-

рый у макак-резусов, шимпанзе и человека вызывает либо заражение, либо мимирию. Однако сравнительные анатомические и физиологические исследования этих кортикальных сетей у трех данных групп приматов выявляют значительные различия как в функциональной связности, так и в картине активации в процессе резонанса. Это очень важные наблюдения, поскольку они подчеркивают влияние эволюционного процесса сначала на связность сигналов между разными отделами коры височных, теменных и фронтальных долей, а затем и на схемы функциональной активации, что привело в итоге к формированию различных мозговых сетей у разных приматов.

В среднем макаки-резусы опираются на социальные взаимодействия для обучения новым навыкам меньше, чем шимпанзе, которые, в свою очередь, выполняют меньше сложных действий, выученных через социальное общение, чем люди. Это означает, что в поведении макак-резусов редко можно обнаружить примеры моторных навыков, приобретенных за счет социальных взаимодействий – через моторный резонанс и моторное заражение. У диких шимпанзе же, напротив, проявляется моторное заражение навыками, такими как коммуникационные жесты и изготовление орудий. В отличие от макак и шимпанзе, люди превосходно умеют использовать механизмы моторного резонанса и моторного заражения для распространения новых навыков в своей социальной группе – либо на локальном уровне с помощью жестов и ре-

чи, либо на расстоянии посредством огромного разнообразия способов коммуникации и технологий, созданных «коллективным мозгом».

У наблюдателя есть два способа, с помощью которых он подхватывает новые моторные действия: эмуляция и мимикрия. Эмуляция представляет собой простое копирование конечного результата наблюдаемого моторного действия, а мимикрия распространяет внимание наблюдателя также и на воспроизведение или копирование всего процесса, необходимого для достижения этого результата. Примечательно, что анализ всех доступных поведенческих данных показывает, что макаки-резусы склонны скорее эмулировать моторные действия, чем мимикрировать, тогда как у шимпанзе чаще наблюдается мимикрия. Шимпанзе способны наблюдать, осваивать, копировать и передавать новые навыки моторного поведения другим членам своей группы, а это свойство человекообразных обезьян предполагает умение развивать и поддерживать прототип моторной культуры.

Однако, несмотря на очевидную способность мимикрировать, шимпанзе делают это гораздо реже, чем люди. Главным образом, это означает, что шимпанзе все еще в большей степени сосредоточены на эмуляции (копировании финального результата моторного поведения), тогда как люди являются гораздо лучшими имитаторами, т. е. фокусируются в первую очередь на воспроизведении процесса, с помощью которого решается моторная задача. Более того, благодаря неверо-

ятному усилению коммуникации за счет речи люди гораздо лучше умеют обучать новым навыкам других. Иными словами, у людей понимание новых навыков довольно быстро и эффективно распространяется посредством разговора.

Как только понимание приходит к отдельному индивидууму или небольшой группе, оно посредством механизма, который я обсуждаю в главах 7 и 11, за счет моторного резонанса и заражения распространяется и заражает (почти как вирус) многих представителей данной социальной группы. Это вовлечение мозга отдельных людей ответственно за возникновение связанных с изготовлением орудий мозгосетей, которые совершенствуют технику, накапливают знания и передают их следующим поколениям.

После изобретения первого охотничьего орудия в постепенном процессе открытий, усовершенствования и последовательного усложнения начало эволюционировать искусство расщепления камня, составляющее основу первой в истории человечества промышленной революции и процесса изготовления орудий в целом. Хотя прошли миллионы лет, прежде чем примитивные ручные каменные топоры наших ранних предков превратились в острые копья, с помощью которых охотники *Homo sapiens* смогли убивать крупную добычу, изготовление и применение орудий неотъемлемы в любом описании определяющих характеристик человека. Другие животные, включая шимпанзе, также изготавливают рудиментарные орудия, их инструменты не обладают такой ад-

дитивной сложностью, как наши. Кроме того, эти животные не проявляют уникальной человеческой способности приобретать и накапливать подобные знания и передавать их от одного поколения к другому на протяжении сотен, тысяч или даже миллионов лет.

Таким образом, появление необходимых для получения знаний умственных способностей у вида, склонного одновременно к кооперации и хвастовству своими навыками, привело к распространению инновационных подходов к расщеплению камня, что привело к революции в жизни человека. С этого момента для успешного развития и внедрения методов и навыков изготовления орудий требовалась реклама мастеров по обработке камня (поначалу очень тесной обособленной группы талантливых ремесленников), без которой эти недавно приобретенные знания неизбежно канули бы в Лету в полной неизвестности, как пленники в мозговых карцерах отдельных мастеров.

Накопление, уточнение и передача знаний в человеческих мозгосетях в доисторические времена, вероятно, внесли вклад в создание самого главного оружия для успешной охоты на крупную добычу. Я имею в виду человеческую способность планировать и координировать действия большой группы охотников. Эта гигантская задача была связана не только со способностью эффективно обмениваться информацией со всеми индивидуумами в группе охотников в любой заданный момент времени, но также с более тонкими

умственными задачами, решение которых позволяло всем членам команды и их вожакам понимать, что думают обо всем происходящем и о своих ролях другие члены команды, а также что они могут, а что не могут выдержать в психологическом и физическом плане в ходе столь напряженной операции. Речь в то же время стала основным способом распространения в человеческих обществах принципов новых мифологий.

Появление речи, изготовление орудий, создание модели психического состояния и социальный интеллект – все это ключи к пониманию причин невероятного увеличения размеров коры головного мозга за последние 2,5 миллиона лет нашей эволюции. И в то же время появление такого количества эволюционных инноваций поднимает важный вопрос: как все эти способности могли сочетаться в едином подвижном разуме?

Профессор археологии из Университета Рединга в Англии Стивен Митен тщательно исследовал эту проблему и выдвинул очень интересную гипотезу о том, как в результате сочетания ряда определенных ментальных навыков мог возникнуть целостный разум, способный на подобный уровень когнитивной подвижности. Находясь под сильным влиянием теории множественного интеллекта, сформулированной Говардом Гарднером, Митен выделил три основные фазы в процессе объединения возможностей человеческого разума. По мнению Митена, поначалу разум наших древней-

ших предков из гоминидов был «сферой общего интеллекта – сводом общих правил обучения и принятия решений». С течением времени наши предки приобретали новые индивидуальные интеллектуальные способности, такие как навыки изготовления орудий, речь и модель психического состояния, но их мозг не был способен интегрировать все эти модули. Скорее, в соответствии с приводимой Митеном аналогией, их мозг действовал подобно сложному швейцарскому армейскому ножу – устройству, обладающему множеством отдельных функций, которые невозможно объединить в одном инструменте. На заключительной стадии в модели Митена индивидуальные модули объединились или слились в единую функциональную сущность, дав начало разуму современного человека. С этого момента информация и знания, накопленные каждым отдельным модулем, стали доступны для свободного обмена и передачи, что привело к возникновению новых ментальных производных и когнитивных способностей, обеспечивающих человеческий разум подвижностью, творческим потенциалом, интуицией и возможностью генерировать предположения и инновационные идеи, которые не могли бы возникнуть ни в одном отдельном модуле.

Хотя другие археологи критикуют теорию и аналогии Митена, мне они кажутся интересными, по крайней мере в качестве отправной точки, помогающей связать познания о деталях анатомической эволюции коры человеческого мозга от момента нашего расхождения с общим предком с шимпанзе

со знаниями о функционировании мозга современного человека после этого предполагаемого этапа слияния интеллектов. Митен не указывает никаких нейробиологических механизмов, способных объяснить этот процесс слияния способностей мозга. И это вполне понятно, поскольку большинство умозаключений относительно эволюции человеческого разума основаны исключительно на анализе эндокраниальных слепков, снятых с окаменевших черепов, которые редко доходят до нас целиком, и обычно лишены отдельных частей или вовсе состоят из фрагментов. Это не означает, что окаменелости бесполезны: реконструкции этих черепов позволяют оценить объем мозга всех наших предков, а эндокраниальные слепки часто дают возможность увидеть отпечатки, оставленные мозговой тканью на внутренней поверхности черепа. Все эти данные в сумме позволяют делать аргументированные выводы о форме и объеме разных частей неокортекса. В целом сравнительный анализ слепков показывает, что форма мозга претерпела значительные изменения при переходе от *Australopithecus afarensis* к *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* и, наконец, к *Homo sapiens*.

Еще один способ оценить, что происходило в ходе эволюции человеческого мозга, заключается в сравнении его анатомии с анатомией мозга других приматов, таких как макаки-резусы и шимпанзе. Современные шимпанзе тоже эволюционировали с тех пор, как наши виды разошлись 6 милли-

онов лет назад, однако, хоть мы и не можем считать, что их мозг идентичен мозгу нашего общего предка, это полезный ориентир. Специалисты в области нейроанатомии, интересующиеся эволюцией мозга, проводят сравнения такого рода на протяжении уже многих десятилетий. Успехи в развитии современных методов визуализации мозга позволяют узнать гораздо больше подробностей о том, как происходило невероятное расширение неокортекса мозга человека по сравнению с мозгом наших ближайших родственников.

В целом неокортекс образован двумя основными компонентами – серым и белым веществом. Серое вещество содержит крупные кластеры главных типов клеток, определяющих функцию мозга: это нейроны и поддерживающие их клетки другого типа, называемые глией. Белое же вещество образовано большим количеством пучков нервных волокон. Эти пучки волокон ответственны за обширные связи между разными зонами коры, формирующими четыре доли (лобную, теменную, височную и затылочную⁵) в каждом из полушарий мозга – в левом и в правом. Также они обеспечивают прочную связь между правым и левым полушариями мозга через выросты так называемого мозолистого тела – нейрональной трассы, через которую кора получает и отправляет сообщения к субкортикальным структурам, таким как спинной мозг. Серое и белое вещество неокортекса легко разли-

⁵ В современной литературе также дополнительно выделяют островковую и лимбическую доли. – *Прим. науч. ред.*

чимы. Первое образует шестислойную нейронную структуру. Эти нейроны, принадлежащие собственно неокортексу, располагаются поверх плотного и толстого слоя белого вещества.

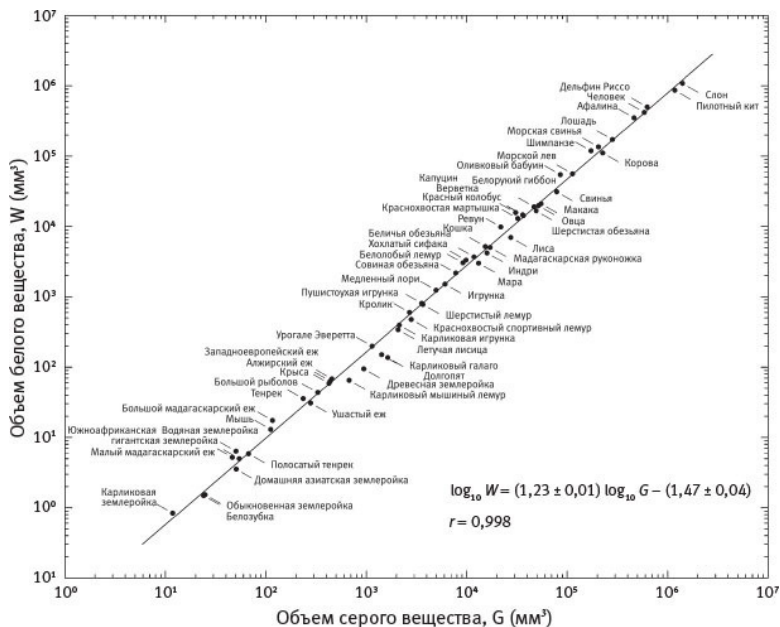


Рис. 2.4. Соотношение между серым и белым веществом коры у 59 видов животных. Обратите внимание, что обе оси являются логарифмическими. Zhang K., Sejnowski T. J. A *Universal Scaling Law between Gray Matter and White Matter of Cerebral Cortex*. PNAS 97, no. 10 (2000): 5621–26.

В конце 1990-х годов нейробиолог из Калифорнийского технологического института (Калтеха) Джон Оллман, который посвятил значительную часть своей научной карьеры изучению важнейших вопросов эволюции мозга млекопитающих, показал нечто, что стало теперь уже классическим открытием в области взаимосвязи между серым и белым веществом мозга. Оллман обнаружил, что график зависимости объема серого вещества коры от объема белого вещества для очень большого числа видов млекопитающих, включая многих приматов и человека, подчиняется строгому степенному соотношению.

$$\text{Объем белого вещества} = (\text{Объем серого вещества})^{4/3}$$

Показатель степени в этом уравнении (4/3) показывает, что при разрастании коры мозга объем белого вещества увеличивается намного быстрее (рис. 2.4). Если проанализировать аналогичные данные для приматов и попытаться выяснить, что именно изменилось в неокортексе человека и определило наши отличия от родственных нам шимпанзе и макак-резусов, становится ясно, что у человека наиболее значительный рост коры происходил за счет лобной доли, особенно ее самой передней части (непосредственно за лбом),

называемой префронтальной корой, а также так называемых ассоциативных кортикальных областей в задней теменной и височной долях коры.

Если говорить о лобной доле, по сравнению с макаками-резусами у людей объем этой ткани увеличился в 30 раз. Интересно, что, как и предсказал Оллман, в наибольшей степени увеличение этой доли произошло за счет значительного разрастания белого вещества. Это привело к невероятному усилению связности между сильно разросшейся префронтальной корой и премоторной и моторной областями лобной доли и другими частями мозга, в том числе другими зонами коры в теменной и височной долях, а также субкортикальными зонами.

Это уникальное увеличение объема белого вещества в лобной доле человеческого мозга, а также сопутствующий рост ассоциативных зон в теменной и височной долях показывают, что гораздо большая часть человеческого неокортекса стала отвечать за концептуальное и абстрактное мышление более высокого уровня, требующееся для реализации развитых когнитивных навыков. Следовательно, не случайно нейробиологи, которые ищут неокортикальные сети, отвечающие за речь, изготовление орудий, четкое осознание самих себя, социальный разум и модель психического состояния — все те атрибуты, которые возникли за последние 4 миллиона лет эволюции гоминидов, — находят их в лобно-теменно-височных участках коры и в связывающих их аксональных пу-

тях. Я считаю, что именно такое распределение, скорее всего, породило органический вычислительный субстрат, давший начало Истинному творцу всего.

Учитывая все эти данные, мой вывод достаточно очевиден: для обеспечения эволюции больших и сложных социальных групп со сложным поведением, не говоря уже о культуре, которую мы передавали потомкам на протяжении тысячелетий, нам совершенно явно требовалось больше нейронов. Но несмотря на важность общего объема нейронов, думается, не менее принципиальна была уникальная нейронная сеть мозга, ставшая главной движущей силой возникновения у нашего вида удивительных ментальных способностей.

Оптимально подключенный внутри для гиперконнективности снаружи – кажется, именно таков лозунг эволюционной истории развития нашего мозга.

Но одного лозунга недостаточно ни для того, чтобы объяснить, как все эти человеческие свойства могли объединиться в цельном и подвижном разуме *Homo sapiens*, ни для того, чтобы найти нейрофизиологический механизм, позволивший нашему разросшемуся неокортексу формировать более крупные и более стабильные социальные группы. В современной нейробиологии первую проблему называют проблемой связывания. На протяжении последних тридцати лет проблема связывания была предметом жарких споров, в особенности среди тех, кто, как известный немецкий нейробио-

лог Вольф Зингер, изучает систему зрительного восприятия. Дело в том, что классическая теоретическая схема, именуемая моделью Хьюбела и Визеля в честь лауреатов Нобелевской премии Дэвида Хьюбела и Торстена Визеля, чья работа в области зрительного восприятия произвела революцию в нейробиологии в целом и привела к рождению теоретической модели, которая спустя пятьдесят с лишним лет остается центральной догмой в физиологии зрения, не способна дать вменяемый ответ на этот вопрос.

С другой стороны, вторая проблема чрезвычайно важна для понимания того, почему мы, люди, преуспели в построении творческих и сплоченных социальных групп, которые смогли сформировать всю человеческую вселенную. Каким образом неокортекс соединяет свои части в единое непрерывное (или аналоговое) вычислительное устройство и как в конечном итоге она позволяет синхронизировать мозговую активность тысяч, миллионов и даже миллиардов отдельных людей в функциональные мозгосети?

Глава 3

Информация и мозг: немного Шеннона, чуточку Гёделя

В жаркий влажный день лета 2015 года веселая толпа молодежи заполняла пасторальный променад в деревне Кларанс на швейцарской стороне Женевского озера, двигаясь, казалось, в ритме очередного концерта на открытом воздухе в рамках джазового фестиваля в Монтрё. С удовольствием отобедав в ресторане «Пале Ориенталь», расположенном всего в нескольких сотнях метров, мы с моим лучшим другом швейцарско-египетским математиком и философом Рональдом Сикурелом решили совершить послеобеденную прогулку и проанализировать еще один принципиальный элемент теории, которую мы выстраивали совместными усилиями. Мы шли бок о бок, подбрасывая друг другу идеи и обсуждая одну из наших любимых тем того богатого на события швейцарского лета (а именно – последовательность событий, позволивших жизни возникнуть на Земле несколько миллиардов лет назад, эволюционировать и преуспеть в непрестанном сопротивлении безжалостной и возрастающей во вселенной энтропии), пока вдруг не остановились перед странным деревом (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Рональд Сикурел позирует у знаменитого дерева на берегу Женевского озера в Монтрё, в Швейцарии, после важного теоретического прорыва (фотография любезно предоставлена Мигелем А. Николелисом).

Мы стояли, застыв посреди променада и сосредоточив все свое внимание на этом необычном дереве, и тут мне в голову неожиданно пришла одна идея. «Жизнь есть диссипация энергии с целью записи информации в органическую материю», – вдруг ни с того ни с сего произнес я, а затем повторил эту фразу несколько раз, чтобы точно ее не забыть.

Захваченный врасплох этой мыслью, которая немедленно начала резонировать у него в голове, Рональд вновь повернулся и уставился на дерево, словно ища на нем окончательное подтверждение. После недолгого молчания он широко улыбнулся, хотя и выглядел чуть более взволнованным, чем обычно. Он указал на ближайшую скамейку, приглашая меня присесть, и в конце концов заявил: «Кажется, есть!»

И тогда я понял, что мы наконец поймали нить, которую искали все лето, прогуливаясь по этому променаду каждый день, глядя на озеро, цапель, уток и гусей, раздражая спешащих по своим делам прохожих своей странной привычкой проводить мысленные эксперименты посреди оживленных улиц и в итоге по воле судьбы все же совершив наше судьбоносное знакомство со странным деревом, которое явно не казалось примечательным никому, кроме нас.

В то утро перед нашей обычной ежедневной встречей я по случайности обратил внимание на ветки и листья деревьев, росших по берегам этого швейцарского озера. Вспоминая типичные огромные кроны тропических деревьев Бразилии, которыми я восхищался с самого детства, я хорошо видел теперь, насколько разница в широте влияла на форму листьев деревьев и общую пространственную конфигурацию растений в разных уголках планеты. Я помню, как подумал об удивительном механизме адаптации, придуманном природой для оптимизации биологических солнечных панелей, используемых деревьями для извлечения максимального количества солнечной энергии в зависимости от того, где именно на планете Земля им выдалось пустить корни. Эта мысль заставила меня вспомнить почти забытый урок школьной учительницы ботаники, услышанный мною сорок лет назад. Речь шла о дендрохронологии – одном из увлечений нашей учительницы в 1977 году. Как считала мисс Зульмира, великий Леонардо да Винчи первым заметил, что каждый год на стволах деревьев образуется новое кольцо, ширина которого отражает климатические условия этого сезона (в определенных климатических условиях некоторые деревья могут образовывать за год несколько колец). Вооруженный этими знаниями, американский ученый и изобретатель Александр Твининг предположил, что путем сопоставления рисунка колец большого количества деревьев можно восстановить историю климатических условий в любой точке Земли. Годы

с большим количеством влаги приводят к появлению более широких колец, а в засушливые периоды древесина нарастает лишь очень тонкими слоями.

Развивая эту идею, пионер в современной истории вычислительной техники Чарлз Бэббидж предположил, что можно характеризовать возраст геологических слоев и соответствующие климатические условия путем анализа колец, запечатленных в окаменелых деревьях. Хотя Бэббидж предложил этот метод в 1830-х годах, дендрохронология стала активной сферой научных исследований только благодаря трудам и настойчивости американского астронома Эндрю Элликота Дугласа, который обнаружил корреляцию между древесными кольцами и циклами солнечных пятен, на протяжении тридцати лет измеряя ширину древесных колец от настоящего времени вплоть до 700-х годов нашей эры. Используя эти уникальные биологические записи, археологи смогли точно установить, например, время постройки некоторых сооружений ацтеков в юго-западной части современных Соединенных Штатов. Сегодня дендрохронология позволяет ученым восстанавливать картины вулканической активности, ураганов, оледенений и осадков, происходивших на Земле в прошлом.

Таким образом, древесные кольца достаточно ярко иллюстрируют, каким образом органическая материя может физически заполняться информацией, представляющей подробный отчет о климате, а также о геологических и даже

астрофизических событиях, происходивших за время жизни организма.

За исключением воздаяния должного за дендрохронологию мисс Зульмире, я не смог сделать никаких важных выводов из двух, казалось бы, несвязанных наблюдений – изысканной формы листьев деревьев в парке Монтрё и записей о возможных временных событиях в стволах деревьев. Поэтому я занялся рисованием – хобби, к которому я вернулся во время сбора материала для этой книги, – пока до встречи с Рональдом в ресторане «Пале Ориенталь» еще оставалось время.

Через несколько часов, когда мы с Рональдом сидели на скамейке в парке, все эти соображения вновь пришли мне в голову. С той лишь разницей, что теперь я видел четкую логическую и причинную связь между солнечными панелями дерева и отсчитывающими время древесными кольцами. «Точно, Рональд! Солнечная энергия рассредоточивается в виде информации, прописываемой в органическом веществе, формирующем ствол дерева. Вот он, ключ: энергия превращается в физически закреплённую информацию, чтобы достичь максимального локального снижения энтропии, которое необходимо дереву, чтобы прожить следующий день, собрать еще больше энергии, встроить больше информации в свою плоть и продолжать противостоять аннигиляции!»

Летом 2015 года мы с Рональдом с головой окунулись

в идею об использовании термодинамики в качестве объединяющей основы для плавного связывания эволюции всей вселенной с теми процессами, которые привели к возникновению и эволюции жизни на Земле. В ходе этих бесед мы достаточно быстро осознали возможные последствия от восприятия жизни и живых организмов в качестве реальных эволюционных экспериментов, нацеленных на поиск оптимального пути для превращения энергии во встроенную информацию в качестве главной стратегии, с помощью которой жизнь хотя бы некоторое время может противостоять ужасу окончательного исчезновения при переходе в состояние, называемое нами смертью.

Хотя за последние сто лет многие авторы обсуждали такие концепции, как энергия, информация и энтропия в приложении к живым организмам, нам казалось, что за время той нашей прогулки нам удалось прийти к чему-то новому. Для начала наше открытие требовало нового определения информации, которое бы точнее отражало основы функционирования живых систем и отличалось от более известной версии термина, предложенной Клодом Шенноном в электротехнике для описания сообщений, передаваемых через зашумленные каналы в искусственных устройствах. Кроме того, тщательно обдумав свою теорию, мы поняли, что выработали в процессе еще одну новую идею, приравняв организмы и даже их клеточные и субклеточные компоненты к новому классу вычислительных устройств – к органическим компьютерам,

о которых я уже упоминал в 2013 году в статье, написанной при совершенно иных обстоятельствах.

В отличие от механических, электронных, цифровых или квантовых компьютеров, создаваемых инженерами, органические компьютеры возникают в процессе естественной эволюции. Их главная особенность заключается в том, что для приобретения, обработки и хранения информации они используют свою органическую структуру и законы физики и химии. Это фундаментальное свойство означает, что функционирование органических компьютеров в первую очередь основано на аналоговом вычислении, хотя в некоторых важных случаях встречаются элементы цифрового вычисления. (Аналоговые системы для расчетов используют непрерывные вариации заданных физических параметров, описывающих электрический ток, механическое перемещение или поток жидкости. Простейший пример аналогового вычислительного устройства – логарифмическая линейка. Аналоговые компьютеры использовались повсеместно до появления в конце 1940-х годов цифровой логики и цифровых компьютеров.)

Учитывая, что для нас отправной точкой была термодинамика, с самого начала нашего сотрудничества мы с Рональдом находились под глубоким влиянием работ российско-бельгийского химика и лауреата Нобелевской премии Ильи Пригожина и его построенном на законах термодинамики мировоззрении. В одной из ставших ныне класси-

ческими книг, «Порядок из хаоса», написанной в соавторстве с Изабель Стенжерс, Пригожин представляет свою теорию термодинамики сложных химических реакций и непосредственные следствия из своей работы, позволившие ему сформулировать совершенно новое, подробное определение жизни. Теория Пригожина о так называемых самоорганизующихся химических реакциях позволяет понять, как из неживой материи могут возникать живые системы.

Ключевым элементом концепции Пригожина является понятие термодинамического равновесия. Система находится в равновесии, если внутри нее или между ней и окружающей средой не происходит суммарного переноса энергии или вещества. Если по какой-либо причине возникает градиент энергии, создающий участки с более высоким и более низким уровнем энергии, система самопроизвольно перераспределяет избыток энергии с первого участка на второй. Для наглядности представьте себе чайник с водой, оставленный в помещении при комнатной температуре. В таких условиях вода в нем находится в тепловом равновесии, и на макроскопическом уровне никаких изменений не происходит, поскольку вода спокойно остается в жидком состоянии. Но если вы начинаете нагревать воду, чтобы заварить чай, то по мере повышения температуры и ее приближения к точке кипения вода все больше и больше удаляется от жидкого равновесного состояния, пока не претерпевает фазовый переход и не превращается в водяной пар.

По мнению Пригожина, все организмы – от бактерий до деревьев и людей – представляют собой открытые системы, которые выживают только благодаря поддержанию себя в максимально далеком от равновесия состоянии. Это означает, что для жизни необходим постоянный обмен энергией, материей и информацией внутри самого организма и между ним и его окружением, что позволяет поддерживать химический и тепловой градиенты в клетках, в организмах в целом и между организмами и окружающей средой. И эта борьба длится на протяжении всей жизни организма. Нарушение этого удаленного от равновесия состояния неизбежно приводит организм к смерти и распаду.

С явлением диссипации, то есть рассеивания энергии, мы сталкиваемся каждый день. Например, когда мы поворачиваем ключ зажигания в машине – двигатель начинает работать, и часть энергии, образующейся при сгорании бензина, затрачивается на перемещение автомобиля, но значительное ее количество рассеивается в форме тепла, которое уже не используется для полезного действия. Это и есть диссипация: преобразование одной формы энергии, которая может совершать большее количество работы, в энергию, которая может совершать меньшее количество работы. Возникающие в природе крупные структуры также являются результатом процессов, происходящих с диссипацией большого количества энергии. Хороший пример – ураганы. Гигантские закрученные белесые пятна на спутниковых снимках

– результат процесса самоорганизации с участием облаков и ветра; они образуются за счет диссипации большого количества энергии в виде гигантских масс горячего и влажного воздуха, формирующегося в районе экватора и поднимающегося от поверхности океана на большую высоту. Поднимаясь все выше и выше в атмосфере, он оставляет позади себя зоны пониженного давления, которые вскоре заполняются более холодным воздухом из соседних зон высокого давления. Этот воздух нагревается, увлажняется и поднимается вверх. При достижении больших высот с более низкой температурой водяные пары из воздуха конденсируют и образуют облака, которые вращаются под влиянием сильных ветров, возникающих из-за быстрой циркуляции горячего и холодного воздуха. Наблюдаемая нами структура урагана и его перемещение – результат самоорганизующегося процесса диссипации энергии, являющегося следствием этого погодного механизма, который в самых экстремальных случаях может быть сравним с мощнейшей климатической бомбой.

Пригожин и его коллеги обнаружили, что в лабораторных чашках Петри могут происходить химические реакции, приводящие к возникновению самоорганизующихся структур, чем-то напоминающих структуру урагана. Например, изменяя количество определенных реагентов, внешние условия (например, температуру) или вводя катализатор, можно добиться появления неожиданных ритмичных осцилляций в образовании продуктов реакции. Такие явления получи-

ли название химических часов. Ученые также обнаружили сложные пространственные структуры, в том числе сегрегацию различных типов молекул в разных частях реакционного сосуда. Короче говоря, случайные столкновения реагирующих веществ могут приводить к возникновению упорядоченности за счет рассредоточения энергии в системе.

На основании этих наблюдений Пригожин сформулировал две основные концепции. Первая описывает некий момент, когда добавление небольшого количества реагента или небольшое изменение температуры может принципиальным образом изменить течение химической реакции во времени и (или) пространстве. Интересно, что в конце XIX века французский математик Анри Пуанкаре столкнулся с этим же явлением в математике при анализе нелинейных дифференциальных уравнений: существует определенная точка, после которой становится невозможно с точностью предсказать поведение функции; начиная с этого момента система начинает вести себя хаотическим образом, и все численные результаты уравнения описывают математическую макроструктуру, называемую странным аттрактором. Вторая принципиальная концепция называется концепцией синхронизации. Она гласит, что при некоторых условиях, далеких от состояния равновесия, молекулы реагирующих веществ как бы «переговариваются» друг с другом, в результате чего в процессе самоорганизации могут возникать сложные временные или пространственные картины. Обе концепции иг-

рают важнейшую роль в определении индивидуального мозга и сетей синхронизированных мозгов (мозгосетей) в качестве органических компьютеров (см. главу 7).

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.