

*Учителям, которые открыли для меня
разные стороны Истинного творца всего:
Рикардо Хуаресу Аране, Сезару Тимо-Иариа, Джону Чепину,
Рику Лину, Джону Каасу и Рональду Сикурелу*

Предисловие научных редакторов

Мигель Николеллис — 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” Николеллис 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 Николеллису, 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 об-

разовывавшиеся 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, Николелис утверждает — опираясь на умозрительные положения, — что существенную роль в работе мозга играют генерируемые им самим слабые магнитные поля, измеряемые в пикотеслах. Согласно Николелису, эти магнитные поля, источником которых являются пучки нервных волокон — “биологические солениды”, позволяют нейронам в разных отделах синхронизироваться и работать как аналоговый органический компьютер, принципиально отличающийся от полупроводниковых цифровых компьютеров.

Николелис 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 Николелис допускает, что мозг может выполнять и цифровые операции посредством импульсов, генерируемых нейро-

нами в режиме “все или ничего”. Эти теоретические построения Николелис распространяет и на более высокий уровень организации — мозговые сети, определяющие социальные явления в обществе. Поскольку концепция, 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 искусственного 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 конечностей, 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 титульной странице) — один из добровольцев проекта “Снова ходить” — сделал последнее усилие, чтобы распрямить свое тело. Закрепленный 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.

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



Джулиано Пинто в экзоскелете

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 четырнадцать 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 образом 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 электрических 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.