

Илья Мартынов

М ЗГ

КАК ОН УСТРОЕН
И ЧТО С НИМ ДЕЛАТЬ

Аванта

Вместо введения

В 2007 году француз Матье, 44-летний отец двух детей, обратился в одну из клиник Марселя с жалобами на слабость (парез) в левой ноге. Он сообщил доктору, что в возрасте 14 лет у него уже было нечто подобное, но после лечения, назначенного детскими врачами, слабость прошла. Остальные аспекты, согласно записям в медицинской карте, были в пределах нормы.

Доктора обследовали ногу Матье, но причин, вызывающих недомогание, обнаружить не смогли. И все же они решили назначить МРТ (магнитно-резонансная томография)

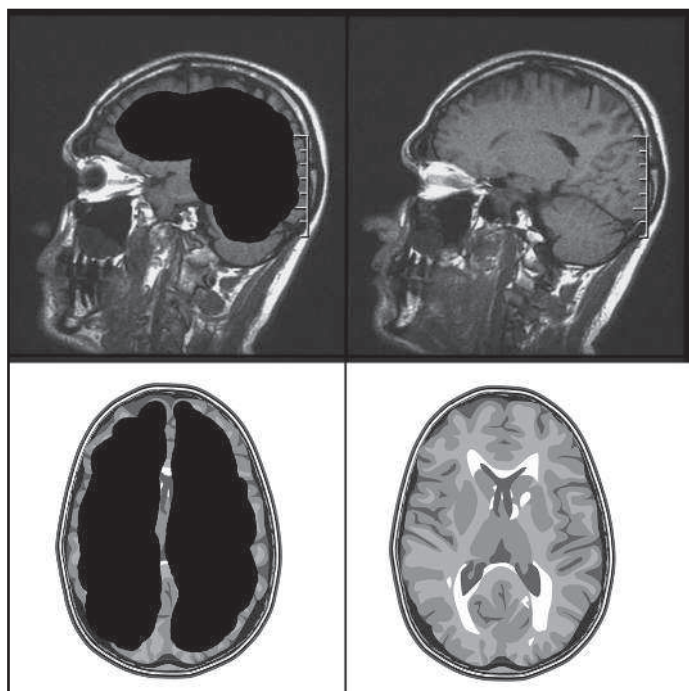


Рис. 1. Слева — мозг Матье (реконструкция), справа — мозг здорового человека

головного мозга, чтобы исключить, например, такое страшное заболевание, как рассеянный склероз: оно может уничтожать клетки нервной системы, отвечающие за движения.

То, что обнаружили специалисты в ходе МРТ-исследования, не укладывалось в представления тогдашней нейронауки. В норме весь череп заполнен серым и белым веществом — это ткань мозга. Внутри есть небольшие цистерны с жидкостью. Но у Матье отсутствовало более 80% мозговой ткани. А сами цистерны расширились, заполнив жидкостью почти весь мозг.

Матье рассказал докторам, что в 14 лет ему сделали шунтирование и откачали жидкость из мозга. Однако впоследствии она снова заполнила черепную коробку мужчины и сдавила его мозг, оттеснив все выжившие клетки к внутренней поверхности костей. То есть, по сути, вот уже более 40 лет Матье жил с «водой» в голове. И это не мешало ему вести вполне нормальный образ жизни. Но как такое возможно? Какие механизмы лежат в основе подобных явлений? Что мы знаем о мозге сегодня? Какова его роль в формировании сознания и механизме принятия решений?



О чем эта книга

Ответить на эти и другие вопросы можно, если обратиться к последним данным нейробиологии (науки о строении и функциях нервной системы) и когнитологии (науки о познании).

Читая научно-популярные лекции по нейробиологии около восьми лет, я не раз замечал, что людям зачастую сложно построить схему процессов, происходящих в мозге.

Основной задачей этой книги я вижу именно формирование у читателей единой системы представлений о мозге. Как мне кажется, это поможет им лучше понять не только процесс развития нервной системы, но и механизм действия антидепрессантов, нейролептиков и других препаратов. Этому и посвящена первая часть книги.

Во второй части речь идет о мышлении, памяти, внимании, научно обоснованной пользе медитации. Также предложены некоторые практические рекомендации и упражнения.

В третьей части освещены темы, связанные с принятием решений, поведенческой экономикой, нейромаркетингом, настоящим и будущим современных нейрокомпьютерных интерфейсов — устройств, связывающих наш мозг с компьютером, ноутбуком или планшетом, — и других нейротехнологий.

Итак, в этой книге я предлагаю читателям совершить путешествие от базовых принципов работы мозга к нашему поведению, мышлению и современным нейротехнологиям.

Мозг пристально изучают уже на протяжении долгого времени, но еще никогда мы не знали о нем так много, как сегодня. Нейробиология выводит человечество на новый уровень понимания, каково значение каждого индивида в обществе.

Уже сегодня достижения нейробиологии позволяют успешно лечить болезнь Паркинсона препаратом под названием «L-допа». Используя нейротехнологии и знания о пластичности мозга, мы можем достигать значительных результатов в спорте. С помощью нейромаркетинговых исследований международные корпорации выстраивают работу огромных отделов.

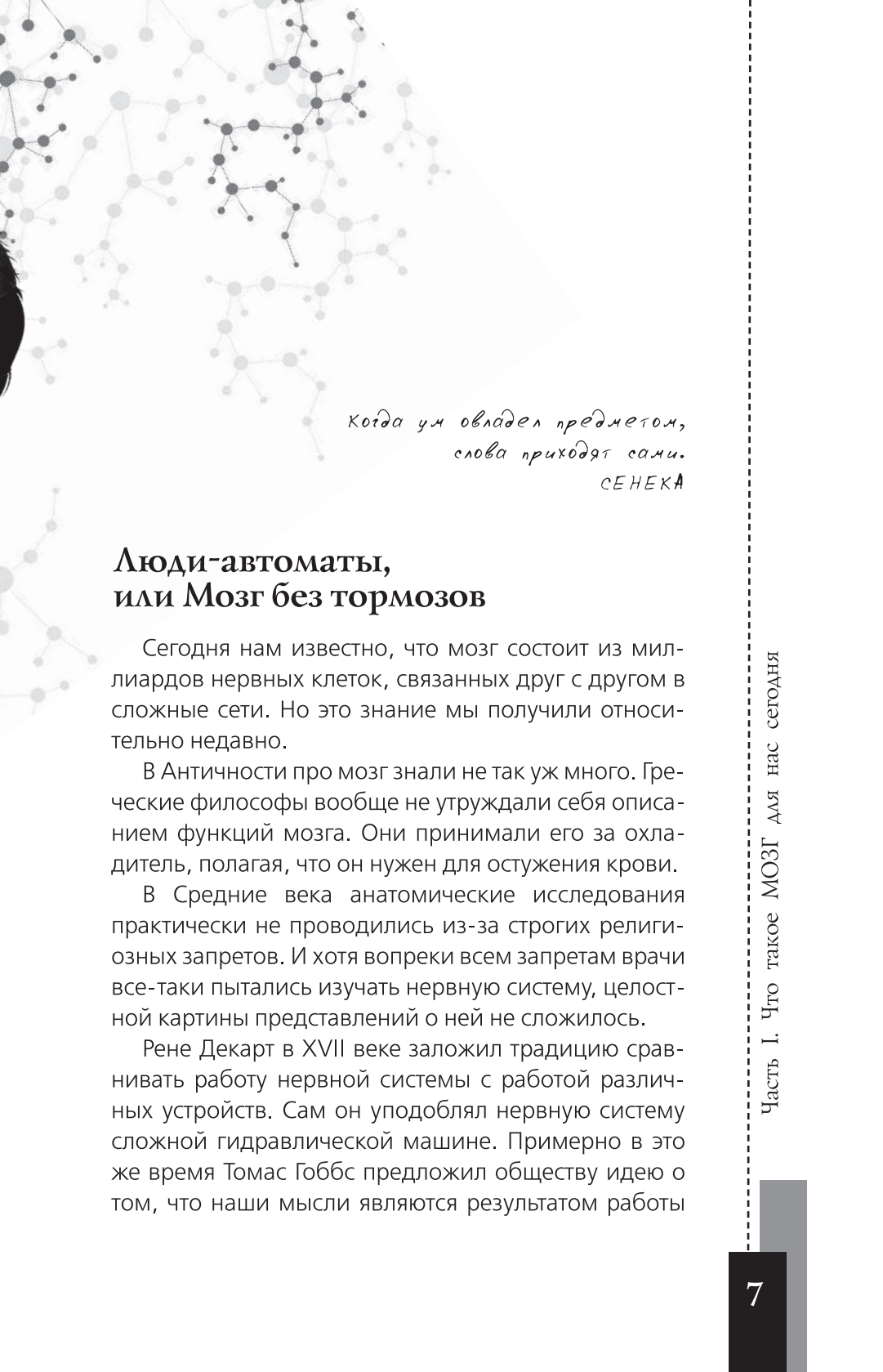
В этой книге я хочу рассказать не только о том, что уже используется на практике, но и о том, чего можно ожидать в ближайшее время. В мире, где потоки информации лавинообразно обрушиваются на каждого из нас, человеку уже не обойтись без богатого опыта нейронаук. Только эти знания способны по-настоящему помочь настроить мозг на эффективную работу.



Часть I

Что такое МОЗГ для нас сегодня





*Когда ум овладел предметом,
слова приходят сами.*
СЕНЕКА

Люди-автоматы, или Мозг без тормозов

Сегодня нам известно, что мозг состоит из миллиардов нервных клеток, связанных друг с другом в сложные сети. Но это знание мы получили относительно недавно.

В Античности про мозг знали не так уж много. Греческие философы вообще не утруждали себя описанием функций мозга. Они принимали его за охладитель, полагая, что он нужен для остужения крови.

В Средние века анатомические исследования практически не проводились из-за строгих религиозных запретов. И хотя вопреки всем запретам врачи все-таки пытались изучать нервную систему, целостной картины представлений о ней не сложилось.

Рене Декарт в XVII веке заложил традицию сравнивать работу нервной системы с работой различных устройств. Сам он уподоблял нервную систему сложной гидравлической машине. Примерно в это же время Томас Гоббс предложил обществу идею о том, что наши мысли являются результатом работы

небольших механизмов в мозгу. В XVIII веке, продолжая традицию Декарта, исследователи сравнивали мозг с электрической машиной, в XIX — уже с телеграфом. В 1940-х годах возникла идея сопоставления мозга с компьютером. И она популярна до сих пор. Но на самом деле все эти сравнения ошибочны. Давайте разберемся почему.

В 1863 году была опубликована фундаментальная работа выдающегося русского физиолога Ивана Михайловича Сеченова. Называлась она просто и ясно — «Рефлексы головного мозга». В ней Сеченов развивал идею о так называемых невольных движениях: по сути, он описывал рефлексы в физиологическом смысле этого слова.

Сеченов одним из первых в России заговорил о проблеме автоматических процессов, которые человек не в состоянии контролировать. Они ведь на то и автоматические, запрограммированные природой. Но самые важные выводы, которые сделал величайший физиолог, заключались в другом.

Сеченов установил, что у лягушки, даже если у нее повреждены верхние отделы мозга, сохраняются невольные движения (то есть рефлексы), связанные с отдергиванием лапки. Все мы знаем, что многие рефлексы необходимы для сохранения жизни и здоровья. Например, если человеку что-то попадает не в то горло, у него рефлекторно активируется кашлевой центр. Толчки воздуха при кашле помогают освободить дыхательные пути от инородных тел. Кстати, с этим рефлексом каждый из нас сталкивался во время простуд, сопровождающихся отхождением мокроты. От нее тоже нужно освобождать дыхательные пути. Одаривая нас такими рефlekсами, природа словно говорит: «Я все сделаю сама, вы ведь все равно, глупышки, не справитесь». И она действительно перехватывает у нас инициативу. И знаете — обычно неплохо справляется. Сколько бы мы, к примеру, извлекали инородное тело из дыхательных путей пинцетом? Или что случилось бы, если бы мы не заметили, как коснулись горячего утюга или чайника?

Для всех этих случаев природа предусмотрела защитные рефлексy.

Так вот, у лягушки то же самое. Сеченов разрезал мозг лягушки на уровне зрительных бугров (это глубокие структуры мозга, залегающие под корой в его центральной части). Затем измерял, как быстро возникает сгибательный рефлекс, если лапку лягушки раздражать серной кислотой. После этого ученый накладывал на зрительные бугры кристаллики соли и вновь измерял, как быстро лапка лягушки поджмается к телу, чтобы пресечь контакт с кислотой.

Кристаллы соли выполняли роль раздражителя нервных центров. С ними время реакции постепенно увеличивалось, пока она полностью не исчезала. То есть с солью в мозгу лягушка уже не могла отдернуть лапку. Но как только кристаллики соли снимали и промывали мозг физиологическим раствором, скорость реакции постепенно восстанавливалась (лягушка опять начинала отдергивать лапку).

Этот эксперимент позволил Сеченову сделать важнейший для развития физиологии вывод: торможение — активный процесс, возникающий при раздражении определенных отделов центральной нервной системы (ЦНС).

Это открытие было поистине ошеломляющим. И вот почему. Мы привыкли жить в мире, где работают законы Ньютона, а все движущиеся объекты в конце концов останавливаются. Электропоезд, отключенный от линии передач, или автомобиль с заглохшим двигателем какое-то время двигаются по инерции, но затем они вынуждены останавливаться, потому что на них действуют силы, препятствующие движению (силы трения, сопротивление воздуха и так далее). Таким образом, для нас торможение — это нечто само собой разумеющееся, не требующее каких-то специальных усилий. Вы можете возразить

и сказать: а как же экстренное торможение, когда нужно резко остановить автомобиль, несущийся с огромной скоростью по мокрому асфальту? В таком случае торможение требует немалых усилий.

И это отличное замечание!

Похоже, наш мозг работает в режиме экстренного торможения. Потому что **большинство** протекающих в нем процессов как раз связаны с торможением. Мозг тратит массу энергии, чтобы подавлять ненужную активность.

Вдумайтесь в это! У нас в мозге один сплошной тормоз. И кора больших полушарий, расположенная, как крыша, над всем мозгом, постоянно его тормозит. Теоретически, если бы активность двигательных центров не тормозилась, мы бы бегали, размахивая руками и ногами без остановки. Просто потому, что это автоматические процессы, «защитные» в наш мозг программы.

Это как завести механическую куклу. Пока она не завершит танец, пока пружины натянуты, она будет двигаться. Вот и мы двигались бы, как эти куклы, если бы не тормозящее влияние коры больших полушарий.

Другой наглядный пример процесса растормаживания — агония обезглавленной змеи. Если вы хоть раз видели только что обезглавленную змею, то могли заметить, что она продолжала извиваться и даже как будто пыталась уползти. Почему? Потому что мозг (которого уже нет) перестал вытормаживать рефлексы спинного мозга, и они, «обрадовавшись», заработали на полную мощность. Это, конечно, несколько утрированная схема, но в общих чертах все работает примерно так. Резкие изгибы тела обезглавленной змеи — это своего рода автоматические процессы.

Однако, если вы думаете, что это применимо только к таким примитивным животным, как змеи, вы ошибаетесь. Мы все полны автоматизмов, и это огромная проблема, побуждающая нас бездельничать. Проще ведь «скатиться» до выполнения привычных однотипных действий, а не тратить ресурсы на изучение чего-то нового. Но более

подробно об автоматизмах мы поговорим во второй части этой книги.

Позднее другой русский физиолог Алексей Алексеевич Ухтомский объяснил результаты Сеченова с позиций учения о доминанте.

Доминанта — устойчивый очаг повышенной возбудимости нервных центров (совокупности большого количества нервных клеток). При этом возбуждения (нервные импульсы), приходящие в центр, способствуют усилению возбуждения в очаге. В это же время в остальной части нервной системы широко наблюдаются явления торможения.

К примеру, вы сидите за компьютером или читаете эту книгу. Ваше внимание полностью направлено на текст. Но вдруг вам что-то попало в нос и сильно захотелось чихнуть. Доминанты тут же смещаются: зуд усиливается, мозг не может вытормозить жизненно важный рефлекс. Доминанта рефлекса чихания начинает преобладать (привет бабуле-природе). И вот вы уже не можете сосредоточить внимание на этих строчках. Мысли заняты одним вопросом: чихнуть или сдержаться. Если возбуждение достигает некоторого предельного значения, организм автоматически с силой выталкивает воздух через носовые ходы (и вы чихаете). Но!

Если вы начнете интенсивно чесать переносицу (наверняка многие знают этот нехитрый прием), доминанты сместятся. И вполне вероятно, что чихательный рефлекс даже на какое-то время угаснет.

Короче говоря, принцип таков: одно возбуждаем — другое тормозится.

Ухтомский объяснил опыт с лягушкой так. В зрительных буграх мозга возникает доминанта возбуждения, которая подавляет действие спинного мозга. Поэтому условный рефлекс со сгибанием лапки перестает работать. Его центры как раз и находятся в спинном мозге.

С помощью учения о доминанте Ухтомский пытался объяснить не только сугубо физиологические аспекты нашей жизни, но и социально-культурные явления.

Ухтомский указывал на то, что есть «низшие» и «высшие» доминанты. «Низшие» отвечают за жизненные функции, связанные с пищевым, оборонительным, половым поведением, тогда как «высшие» доминанты составляют физиологическую основу «акта внимания и предметного мышления».

Ухтомский полагал, что все аспекты человеческого опыта, в том числе культура и наука, подвержены влиянию доминант. Именно с помощью доминант мозг подбирает нам впечатления, образы и убеждения.

На этот счет в труде «Доминанта и интегральный образ» Ухтомский писал:

Чтобы овладеть человеческим опытом, чтобы овладеть самим собою и другими, чтобы направить в определенное русло поведение и самую интимную жизнь людей, надо овладеть физиологическими доминантами в себе самих и в окружающих.



*Главный принцип — не дурачить самого себя.
А себя как раз легче всего обдурачить.
Здесь надо быть очень внимательным.
РИЧАРД ФЕЙНМАН*

Как мы учимся, или Откуда мозг знает, что ему делать

Если говорить более современным языком, Ухтомский описал группы нервных клеток, которые попеременно включаются в работу, отражая текущую деятельность мозга. Когда мы двигаемся, работают моторные структуры мозга (есть даже специальные мотонейроны), а когда мы о чем-то думаем, активны очень обширные области, связанные с вниманием, извлечением информации из памяти.

Но давайте разберемся, откуда клетки знают, что им надо поработать вместе для решения какой-то задачи?

Сеченов и другие исследователи второй половины XIX века активно развивали идею о том, что есть «встроенные» от рождения рефлекторные дуги. Сейчас мы знаем, что их свойства определяются генетикой. В норме эти дуги у всех работают одинаково. Вспомните, как невролог легонько ударял молоточком чуть ниже вашей коленной чашечки... и стопа вдруг сама подлетала вверх. Так происходило потому, что раздражалось сухожилие четырехглавой мышцы бедра (и нога разгибалась).

Причем это правило работает для всех мышц. Если ударить молоточком по сухожилию соответствующей мышцы, она сократится.

И для этого достаточно всего двух нервных клеток: чувствительного и двигательного нейронов. В нервных цепях подобных рефлексов еще включаются вставочные нейроны, но это отдельная огромная тема, поэтому на данном этапе повествования мы ее опустим.

Нейроны устанавливают связи друг с другом еще до рождения человека, в утробе матери. И не просто так. Судьба многих нервных клеток предопределена. Бабуля-природа распорядилась, чтобы некоторые клетки оставались связанными друг с другом на всю жизнь и обеспечивали врожденные рефлексы.

Но мы же понимаем, что в процессе жизни мы обучаемся, регулярно узнаем что-то новое, да и новые связи между клетками образуются постоянно.

Иван Петрович Павлов обнаружил удивительное явление — условные рефлексы. Он заметил, что у животных (так же как и у человека) безусловные рефлексы могут сопрягаться с некоторыми раздражителями.

Врожденные дуги (совместно работающие группы клеток) могут вдруг включаться в работу при предъявлении стимула. У собаки есть врожденный безусловный рефлекс, связанный со слюноотделением. Чтобы запустился такой рефлекс, нужен запах пищи (он выступает здесь в роли молоточка невролога). Когда собака ощущает запах мяса, слюна вырабатывается сама, чтобы желудку животного не пришлось справляться с сухим комком пищи (бабуля-природа и тут все автоматизировала). Если же в момент предъявления пищи постоянно подавать какой-то звуковой сигнал (например, звонить в колокольчик), через некоторое время слюна у собаки начнет вырабатываться просто при звоне колокольчика.

Позднее Беррес Фредерик Скиннер, следуя по стопам Павлова, предложил теорию так называемого оперантного обусловливания, когда подкрепляется то спонтанное поведение, которое признается желательным.

Все мы постоянно совершаем ошибки. В детстве кто-то пытался засунуть пальцы в розетку, другие случайно съедали красный перец и потом выпивали литры воды, чтобы заглушить жжение во рту, и так далее. Вряд ли кто-то захочет второй раз притронуться к оголенным проводам или съесть еще немного жгучего перца. Во всех этих случаях реакция организма человека формируется по методу проб и ошибок. И за счет нее закрепляется определенный рефлекс: среда как бы оперирует нашим поведением.

Получается, что, влияя на результат поведения и его последствия, мы можем модифицировать это самое поведение.

Важно отметить, что эта схема используется как при создании государственных систем, так и в управлении. Вообще, с ее помощью можно менять поведение человека в нужном направлении. Например, торговая сеть, чтобы увеличить прибыль, может поощрять продажу определенной категории товаров (например, риса, а не вермишели, предлагая существенные скидки на другие важные товары, которые

обычно покупают вместе с рисом). Эта же модель прекрасно работает с детьми, когда нужное родителям поведение (например, усидчивость в школе) подкрепляется сладостями, походом в аквапарк, покупкой нового смартфона и так далее. Подробнее об управлении поведением в нейроэкономических моделях речь пойдет в третьей части книги.

Вслед за Скиннером и Павловым плеяда физиологов ринулась искать те нервные клетки, которые отвечают за обучение. И их нашли!

Мы с вами уже выяснили, что часть клеток в организме человека знает о своей будущей функции изначально. Но есть и другие клетки, специализация которых определяется чуть позже, по результатам опыта конкретного человека.

Для формирования каждого навыка у нас есть физиологические окна возможностей — периоды времени, когда области мозга наиболее восприимчивы к тем или иным стимулам. В один из таких критических периодов и развивается способность нервных клеток зрительной коры хорошо распознавать образ (частично это задано генетикой). Известно, что при рождении у ребенка уже есть предрасположенность в первичной зрительной коре отображать воспринимаемый образ. Наиболее активный рост первичных и вторичных областей зрительной коры происходит до трех лет.

В 2011 году Синдзи Нишимото с коллегами с помощью функциональной МРТ (фМРТ) смогли продемонстрировали, как зрительная кора «видит» различные изображения. Исследователи, конечно, видели не точное отображение объекта, а подобие его силуэта, собранного из совокупности активированных клеток.

Таким образом, по активности мозга можно понять, что видит человек в тот или иной момент.