

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТКОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,  
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,  
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: [ref@radio.ru](mailto:ref@radio.ru)

Примей статей — e-mail: [mail@radio.ru](mailto:mail@radio.ru)

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: [advert@radio.ru](mailto:advert@radio.ru)

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: [sale@radio.ru](mailto:sale@radio.ru)

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,  
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.10.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт  
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последст-  
вия использования опубликованных материалов, но принимает меры по ис-  
ключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в из-  
вестность автора. При этом редакция получает исключительное право на  
распространение принятого произведения, включая его публикации в жур-  
нале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух  
месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним  
справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет  
право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом мес-  
те без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-  
вращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио»,  
их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично,  
допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 02806-25 .

**Dr.WEB**

Компьютерная сеть редакции  
журнала «Радио» находится под  
защитой Dr.Web — антивирусных  
продуктов российского разработ-  
чика средств информационной  
безопасности — компании  
«Доктор Веб».

[www.drweb.com](http://www.drweb.com)

Бесплатный номер  
службы поддержки  
в России:  
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

**РИНЕТ**

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:  
+7(495)981-4571

E-mail:  
[info@rinet.ru](mailto:info@rinet.ru)

Сайт:  
[www.rinet.ru](http://www.rinet.ru)

## Что в голове?

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Человеческий мозг — велико-  
лепная штука. Он работает до той  
самой минуты, когда ты встаёшь,  
чтобы произнести речь".

Марк Твен

Залезть к кому-нибудь в голову с определёнными целями — занятие, культивируемое различным менеджментом с незапамятных времён. Однако сделать это непосредственно с помощью интерфейса человеческий мозг—компьютер (BCI — Brain-Computer Interface) удалось лишь во второй половине прошлого века. Первая публикация о BCI с изложением идеи о коммуникации между человеком и машиной с анализом электроэнцефалограммы (ЭЭГ) появилась в 1973 г. А примерно через десять лет появились публикации о помощи парализованным людям с описанием принципиальной схемы BCI. В 90-е годы тема становится всё более известной, особенно с появлением технологий машинного обучения, позволяя всё дальше проникнуть в глубины мышления и основы здоровья.

Средства непосредственной коммуникации мозг—компьютер разрабатывают, конечно, не только ради упрощения повседневной жизни геймеров или сотрудников распределённых офисов. Пример Стивена Хокинга показывал, что пока человек сохраняет способность управлять хотя бы одной мышцей своего тела, даже при актуальном уже два-три десятилетия уровне развития технологий, для него вполне реальны объёмные коммуникации и с компьютером, и с другими людьми. Нередки случаи и полного двигательного паралича, когда сознание остаётся ясным, а средств для взаимодействия с внешним миром у него попросту нет. Дать таким пациентам шанс снова пообщаться с близкими, вернуться к полноценной хотя бы умственной деятельности — задача более чем благородная.

В наши дни лидеры рынка MedTech пока не обещают бессмертия, но могут существенно улучшить качество жизни. Инвесторы в этом их поддерживают. В 2024 г. венчурные фонды вложили 27,7 млрд долл. в развитие приложений BCI — на 4,2 млрд больше, чем в предыдущем году. Часть этих денег пошла на разработку систем с BCI, которые расшифровывают сигналы мозга и переводят их в команды для внешних устройств.

Разумеется, BCI имеют разные воплощения и, к примеру, классифицируются по процессу инициации:

- активные BCI — пользователь иницирует команду безусловно;
- реактивные BCI — пользователь иницирует команду в ответ на воздействие системы;
- пассивные BCI — пользователь не даёт команду, но система считывает и анализирует его состояние.

Нейроимпланты можно разделить по степени инвазивности (от лат. invado — вторгаться),

т. е. по уровню проникновения через естественные внешние барьеры организма:

— инвазивные (вживлённые электроды и т. п.);

— неинвазивные (ЭЭГ, NIRS и др.).

NIRS (Near-Infrared Spectroscopy) — это ближняя инфракрасная спектроскопия или метод визуализации мозга, который используется для измерения изменений уровней насыщенного кислородом и дезоксигенированного гемоглобина в мозге. Изучая результаты применения NIRS, исследователи установили, что эти наблюдаемые изменения оксигенации крови напрямую коррелируют с изменениями в мозговой активности. Приборы для NIRS состоят из источника излучения, фотосенсора (оптода), блока регистрации излучения, преобразователя и компьютерного модуля.

Как и ожидалось, основное ограничение инвазивных методов заключается в проблеме биосовместимости. Из-за защитной реакции иммунитета мозг отторгает вживляемые электроны. А раз так — падает качество сигнала, а нервная ткань вокруг места имплантации отмирает.

Клинические приложения BCI — особая тема. У медиков свои подходы и методы, да и безвыходная ситуация, в которой порой находятся парализованные пациенты, делает допустимыми весьма изощрённые инвазивные решения. С точки же зрения более повседневных нужд и запросов широкой аудитории интерфейсы мозг — компьютер должны соответствовать трём простым требованиям:

— обеспечивать чувствительное и достоверное измерение показателей активности головного мозга пользователя неинвазивным способом;

— замерять именно те показатели активности мозга, которые пользователь уверенно и с высокой систематичностью контролирует;

— преобразовывать полученные замеры в достоверно интерпретируемые сигналы для управления цифровыми системами и/или для коммуникаций с другими людьми.

На практике решение всех трёх приведённых выше задач разом представляет собой сложнейшую инженерно-медицинскую проблему. Ещё в XX веке, когда только начинала развиваться электроэнцефалография, кое-кто воспринимал первые несуразные шлемы, опутанные проводами и подключённые к огромным жужжащим машинам с бобинными самописцами, чуть ли не как устройства для чтения мыслей. Достаточно быстро

выяснилось, что измеримые значения (напряжения, токи) электрических сигналов настолько невелики, а процесс мышления настолько сложен (в смысле числа вовлечённых в него нейронов) и нелинеен, что найти взаимное соответствие между даже простейшими отвлечёнными мыслями (уровнем выше "я голоден" или "нога болит") и сколь-нибудь характерным рисунком замеряемых с помощью энцефалографа потенциалов не представлялось возможным.

Тем не менее, современный уровень развития нейрофизиологии и нейрохирургии уже позволяет рассматривать прямое соединение мозга и компьютера как вполне реалистичную задачу. Пока что, впрочем, возможность незрячим видеть, парализованным ходить, а геймерам непосредственно погружаться в виртуальные миры, далека от общедоступной реализации. Медики не уверены в достаточной зрелости предлагаемых технологий. Однако же появились успехи.

В частности, в конце 2021 г. австралийский пациент с боковым амиотрофическим склерозом (БАС) стал первым человеком, отправившим текстовое сообщение через Twitter посредством нейроимплантата. По сегодняшний день он продолжает использовать систему для восстановления связи с семьёй и коллегами по работе.

Однако помимо реализации BCI, важно понимать, что химизм мозга чрезвычайно сложен, в различных его структурах, что отвечают за разные функции, нейроны используют одни и те же нейромедиаторы. В этом нейрофизиологи уже довольно хорошо разбираются, понимая, к примеру, что при лечении шизофрении с использованием мезолимбического метода нужно снижать уровень дофамина, а когда задействуется мезокортикальный — повышать (для достижения того же самого терапевтического эффекта). Если же сразу поднять концентрацию дофамина во всех структурах мозга, это не только не улучшит состояние пациента, но и спровоцирует целый ряд и двигательных нарушений, и тех же шизофренических симптомов. И таких тонкостей в работе центральной нервной системы множество, если не учитывать их все, управлять сознанием через компьютер с помощью вживлённого в голову чипа — способного в лучшем случае влиять на распространяющиеся по аксонам электрические сигналы, но не на выделение и связывание нейромедиаторов — ничего не выйдет.

В общем, практическая реализация инвазивных BCI в обозримое время вряд ли возможна, по

крайней мере, вне лабораторных стен и в приложении к людям. Значит, есть смысл направить максимум усилий на создание неинвазивных, по большей части полагающихся на фиксацию и интерпретацию электрических сигналов, излучаемых мозгом. Да, это ограничит сферу разрабатываемых интерфейсов, превратив её, образно говоря, в полусферу только от мозга к компьютеру, но не наоборот. Зато чувствительность современной аппаратуры уже настолько высока, а вычислительные мощности компьютеров вполне достаточны, чтобы на фоне общей мозговой активности уверенно выделять те или иные достаточно специфические сигналы.

Речь, прежде всего, идёт об электрических потенциалах, связанных с волевыми мышечными сокращениями (VMRP — Voluntary Movement-Related Potentials, другое распространённое наименование — связанные с движениями потенциалы коры головного мозга MRCP — Movement-Related Cortical Potential). Для их измерения подходят существующие средства поверхностной ЭЭГ.

Принцип действия BCI в этом случае подразумевает обучение системы распознавать мозговую активность оператора, связанную с выполнением тех или иных простейших движений. Например, со сгибанием указательного пальца. Исследователи рапортуют, что уже вполне реально достигать приемлемого минимума ложных срабатываний (в обе стороны — и ложноположительных, и ложноотрицательных) при компьютерной идентификации этого жеста для конкретного оператора.

Это вовсе не значит, будто у всех людей мозга, отдавая команду на совершение одного и того же действия, работают принципиально по-своему. Но индивидуальная изменчивость довольно высока, и её обуславливают физиологические и психологические особенности — относительные величины различных отделов мозга, разные толщины черепных коробок, различные интенсивности параллельных мыслительных процессов, которые подразумевают соответствующую настройку. В настоящее время существует целый ряд проектов в сфере BCI.

Основанная в 2016 г. Neuralink — одно из детищ Илона Маска, о которой уже шла речь на страницах журнала. Разработанный микрочип, который присоединяется к коре головного мозга с помощью 1,5 тыс. ультратонких электродов. Планируется, что операции по вживлению будут проводить роботы-нейрохирурги. За ухом пациента





закрепляется капсула-приёмник размером с монету, которая позволяет управлять любыми устройствами с помощью мозговых импульсов. В начале 2024 г. американец Нолан Арбо стал первым участником клинического испытания Neuralink. Парализованный из-за несчастного случая мужчина вновь смог пользоваться гаджетами, теперь — с помощью "силы разума".

Разработки Neuralink помогут людям с неврологическими заболеваниями контролировать гормоны и тревожность, а также эффективнее использовать мозг. Основная задача — избавить человеческий мозг от ограничений, накладываемых на него природными интерфейсами. Включая хрупкость периферийной нервной системы, повреждения которой как раз и ведут к параличам, а также эволюционно обусловленную узость восприятия. К примеру, у северных оленей есть ультрафиолетовое зрение, летучие мыши слышат ультразвук. А чем мы хуже?

В перспективе Neuralink намеревается предоставить каждому возможность по собственной воле превратиться в открытую платформу для киборгизации, обеспечив прямой доступ к структурам его мозга самым разнообразным внешним интерфейсам, в том числе и компьютерным. Носитель универсальной BCI-платформы сможет расширять горизонты своего восприятия окружающего мира и/или коммуникации с компьютерными системами по мере необходимости.

Расширение горизонтов с помощью Neuralink, уверен основатель компании, позволит бороться с ожирением и депрессией, поскольку они, как утверждает масса интернет-коучей, порождены во множестве случаев неправильным образом мыслей, так почему бы просто не локализовать эту когнитивную установку в виде определённого набора электрических импульсов внутри мозга и не деактивировать её программно вместо того, чтобы долго и нудно заниматься аутотренингом пополам с самомотивацией.

Телепатия, говорит Маск, станет повседневной практикой. Всего-то нужно будет передать по доступным каналам коммуникаций зафиксированную одним BCI мысль на вход другого. В перспективе запись и воспроизведение сновидений, создание резервной копии собственных воспоминаний и непосредственное переживание чужих также не должны представлять ни малейшей проблемы для столь развитой технологии (скорее всего, не завтра).

Компания Blackrock Neurotech развивает систему для борьбы с

параличом и неврологическими расстройствами. Основное устройство Utah Array — имплантируемый электрод, который позволяет управлять компьютерами и протезами. Помимо создания электрода, Blackrock Neurotech вложилась в разработку программного обеспечения для искусственного интеллекта (ИИ) и пространственных вычислений. В 2024 г. криптовалютная компания Tether инвестировала 200 млн долл. в Blackrock Neurotech и выкупила контрольный пакет акций. Это позволит компании масштабировать технологию по реабилитации парализованных людей.

В 2021 г. компанию Precision Neuroscience основал соучредитель Neuralink Майкл Мэреп. Флагманская система Layer 7 Cortical Interface представляет собой электродную решётку, напоминающую скотч. По словам разработчиков, такая форма соответствует поверхности мозга и не повреждает мягкие ткани при внедрении. В ходе исследования систему протестировали на трёх пациентах, которым ранее удалили опухоли в мозгу. Если испытания пройдут по плану — пациенты с тяжёлыми заболеваниями смогут частично восстановить способность общаться и выполнять простейшие действия на компьютере.

В кардиологии для лечения ишемической болезни сердца пациентам внедряют стенты. Аналогичные устройства разработчики компании Synchrone использовали как нейроимпланты. В крупные вены вводят систему электродов, которые проходят вдоль стенок мозга и не мешают кровотоку. Этот метод позволяет избежать открытой операции на мозге и снимает проблему биосовместимости. Однако у него есть минус — низкое качество сигнала. Цель компании — дать людям с ограниченной подвижностью рук возможность управлять электронными устройствами "силой мысли". Если получится доработать метод, реализация технологии в ближайшее время выглядит наиболее реалистично среди других проектов BCI.

Главная отличительная черта изделий компании Inbrain Neuroelectronics — использование графена в производстве чипов. Графен — углерод с высоким уровнем электропроводимости. Это делает материал стабильнее для стимуляционных импульсов. По заявлению разработчиков, такие чипы будут меньше платиновых, что позволит увеличить число подключённых электродов. Сейчас технологию тестируют на крупных животных.

Компания Forest Neurotech and Butterfly Network разрабатывает

устройство для визуализации мозга пациента и стимуляции мозговой деятельности с помощью ультразвука. Метод позволит воздействовать на нейроны с высокой пространственной точностью. Однако технология тоже инвазивная. Пациентам будут вживлять под череп стимулятор — это единственный способ, чтобы кость не мешала прохождению звука. Если разработка пройдёт испытания, это откроет новые возможности для исследований в области лечения психиатрических и когнитивных расстройств.

Компания LivaNova разрабатывает технологию лечения резистентной депрессии и эпилепсии. Предполагается, что под кожу возле груди будут имплантировать небольшое устройство и подключать к блуждающему нерву в области шеи. Через него в мозг будут поступать слабые импульсы, которые помогут предотвратить или остановить приступы.

Prima — разработка компании Макса Ходака из Science Corporation, бывшего коллеги Маска по Neuralink. Система состоит из проекционного устройства и маленького импланта под сетчатку глаза, который посылает на устройство сигналы и стимулирует сетчатку. В октябре 2024 г. компания завершила клинические испытания на 38 пациентах. Результаты показали заметное улучшение остроты зрения.

Одноимённая технология компании BrainPort позволяет вернуть зрение с помощью электрической стимуляции языка. Оказывается, на языке находится много рецепторов и нервных окончаний, через которые можно передать в мозг разную информацию. Воздействия нескольких электродов на язык оказалось достаточно, чтобы человек начал различать крупные объекты. Также технология оказалась эффективной в восстановлении ходьбы после инсульта. В России этим методом занимается компания RehaLine, которая применяет BrainPort для лечения ДЦП, Паркинсона и других когнитивных расстройств.

Основатель и директор Valve и платформы Steam Гейб Ньюэлл создал стартап Starfish Neuroscience, подход которого отличается от реализации Neuralink. В частности, инженеры Starfish нацелены работать одновременно с несколькими участками мозга, а не с одним, как это делает Neuralink. Последние медицинские работы в сфере изучения нейродегенерации мозга тоже указывают на то, что проблему нельзя устранить или смягчить, воздействуя только на один локальный участок нервной ткани, где установлен имплантат. Более того, если воздействие на мозг

рассредоточить, это открывает путь к более компактным имплантатам с ощутимо меньшим потреблением энергии, а это решает задачу поддержки питания датчиков в голове.

Более десяти лет назад штатные психологи Valve изучали биологическую реакцию людей на видеоигры. Работа вылилась в разработку датчиков для мочек ушей — своеобразное дополнение к гарнитуре виртуальной реальности, создаваемой тогда в компании. Позже, в 2019 г., компания впервые озвучила идею интерфейса мозг—компьютер для игр. Тогда же была организована компания Starfish Neuroscience, чтобы начать воплощать мечту в реальность.

Первый чип для заявленных целей пока не станет полноценным мозговым имплантатом. Это будет специальный электрофизиологический чип, предназначенный для записи активности мозга. Эту активность можно расшифровывать и соотносить с теми или иными пожеланиями носителя (похоже, как это делает чип Neuralink). По словам специалистов Starfish, у компании уже есть возможность питать такой чип и устанавливать его или элементы платформы в голову человека.

Цель компании состоит в том, чтобы создать имплантат меньшего размера и с меньшей инвазивностью, чем у конкурентов. Этот имплантат должен обеспечивать одновременный доступ к нескольким областям мозга вместо одной. При этом он не должен требовать питания. О спецификациях чипа известно следующее:

- низкая потребляемая мощность, общее энергопотребление — 1,1 мВт при обычной записи;

- физические размеры — 2×4 мм, шаг BGA (расстояние между центрами соседних шариков припоя) — 0,3 мм;

- способность записывать спайки (импульсы) и локальные полевые потенциалы, а также стимулировать мозг (бифазные импульсы);

- архитектура содержит 32 электрода, 16 каналов одновременной записи на частоте 18,75 кГц и один источник тока для стимуляции произвольных пар электродов;

- мониторинг внутреннего сопротивления и измерение переходных процессов в стимулирующем напряжении;

- встроенная цифровая обработка данных и обнаружение пиков, чтобы работать через беспроводные интерфейсы с низкой пропускной способностью.

Цифровая обработка данных на борту и обнаружение скачков напряжения позволяют уст-

ройству работать через беспроводные интерфейсы с низкой пропускной способностью. Чип изготовлен компанией TSMC по 55-нм техпроцессу. Для сравнения, у Neuralink N1 1024 электрода на 64 имплантированных в мозг нитях потребляют (по данным 2019 г.) около 6 мВт. Чип Neuralink содержит аккумулятор, а размеры имплантата составляют 23×23×8 мм. Чип Neuralink уже установлен трём пациентам и показал нестабильность положения датчиков, поскольку тонкие нити имеют тенденцию к смещению в процессе движений человека.

Данные можно фильтровать, каналы можно исключать для экономии полосы пропускания, а интерфейсы связи достаточно гибкие, чтобы поддерживать простую интеграцию с большинством микроконтроллеров. Также активно разрабатывается миниатюрная маломощная электроника для надёжной и устойчивой передачи энергии и данных через ткани. Ожидается, что первые чипы Starfish появятся в конце 2025 г. Компания заинтересована в поиске партнёров, которые уже работают в таких областях, как беспроводная передача энергии и связи, или тех, кто разрабатывает индивидуальные имплантируемые нейронные интерфейсы.

Между тем, Neuralink в апреле открыла приём заявок на вживление чипов в мозг среди кандидатов по всему миру. В рамках проекта Prime Neuralink оценит безопасность импланта и хирургического робота, а также первоначальную функциональность интерфейса мозг—компьютер, позволяющего людям с параличом всех четырёх конечностей (квадриплегия) управлять внешними устройствами. Исследование предусматривает размещение небольшого импланта в части мозга, которая контролирует движения. Устройство предназначено для интерпретации активности нейронов человека, чтобы он имел возможность управлять компьютером или смартфоном "силой мысли".

Добавим, компания Starfish также работает над термальными пушками для уничтожения опухолей внутри тела человека с помощью точного локального повышения температуры. Кроме того, она разрабатывает методы транскраниальной магнитной стимуляции с роботизированным управлением для лечения неврологических заболеваний, таких как биполярное расстройство и депрессия.

Что в итоге? Борьба за мозги граждан разгорается в буквальном смысле этого слова. После первых экспериментов с BCI прошло не так много лет, и вот

уже сообщения СМИ пестрят от появления новых и новых проектов в этой области. Причём сфера BCI требует миллиардных вложений — и получает их, потому что цели слишком интересны, хотя ещё вчера были во многом невероятны. Эффект от успешного применения нейроимплантов может кардинально изменить представление о медицине и возможностях человека. Остаётся решить проблему биосовместимости, а для этого сделать технологию безопасной даже на уровне исследований. Пока не всё получается, но темпы общего развития всего, что связано с BCI, внушают оптимизм.

Как всегда, у медали есть две стороны. Можно вспомнить, что внедрение анаболических стероидов было вызвано идеями о лечении заболеваний, истощённых организмов и для восстановления тел. Однако позже технология, которая должна была помогать людям с дефицитом мышечной массы, стала использоваться для расширения границ человеческого организма. Эти границы теперь мы видим в телевизоре, а медики — в больницах.

Или вот ноотропные препараты, направленные на лечение болезней, таких как болезнь Альцгеймера, тоже можно использовать для того, чтобы нормальный человек повысил свой когнитивный потенциал. Но до какого предела последний будет повышаться, и к чему это может привести в медицинской части? С одной стороны, известно, как многие государства относятся к препаратам для расширения сознания. С другой — могут появиться киборги с нейроимплантами, с которыми будут заниматься как нейрохирурги, так и какие-нибудь киберпсихологи.

На стареющую человеческую цивилизацию надвинулась тень болезней, начиная с Альцгеймера и Паркинсона. Стимуляция мозга с помощью имплантатов обещает помочь с их лечением, как и потенциально способна решить множество проблем с болезнями мозга. Наконец, BCI — это следующий уровень компьютеризации со всеми вытекающими преимуществами.

О рисках каждый может задуматься самостоятельно.

По материалам

<https://clck.ru/3MKhyw>,

<https://clck.ru/3MKiBr>,

<https://clck.ru/3MKi4n>,

<https://clck.ru/3MKi6P>,

<https://clck.ru/3MKi7i>,

<https://clck.ru/3MKi9B>,

<https://3dnews.ru/1123384>

/geyb-nyuell-gotovitsyazaleztk-nam-v-golovi-onskoro-vipustit-mozgovoy-implantat