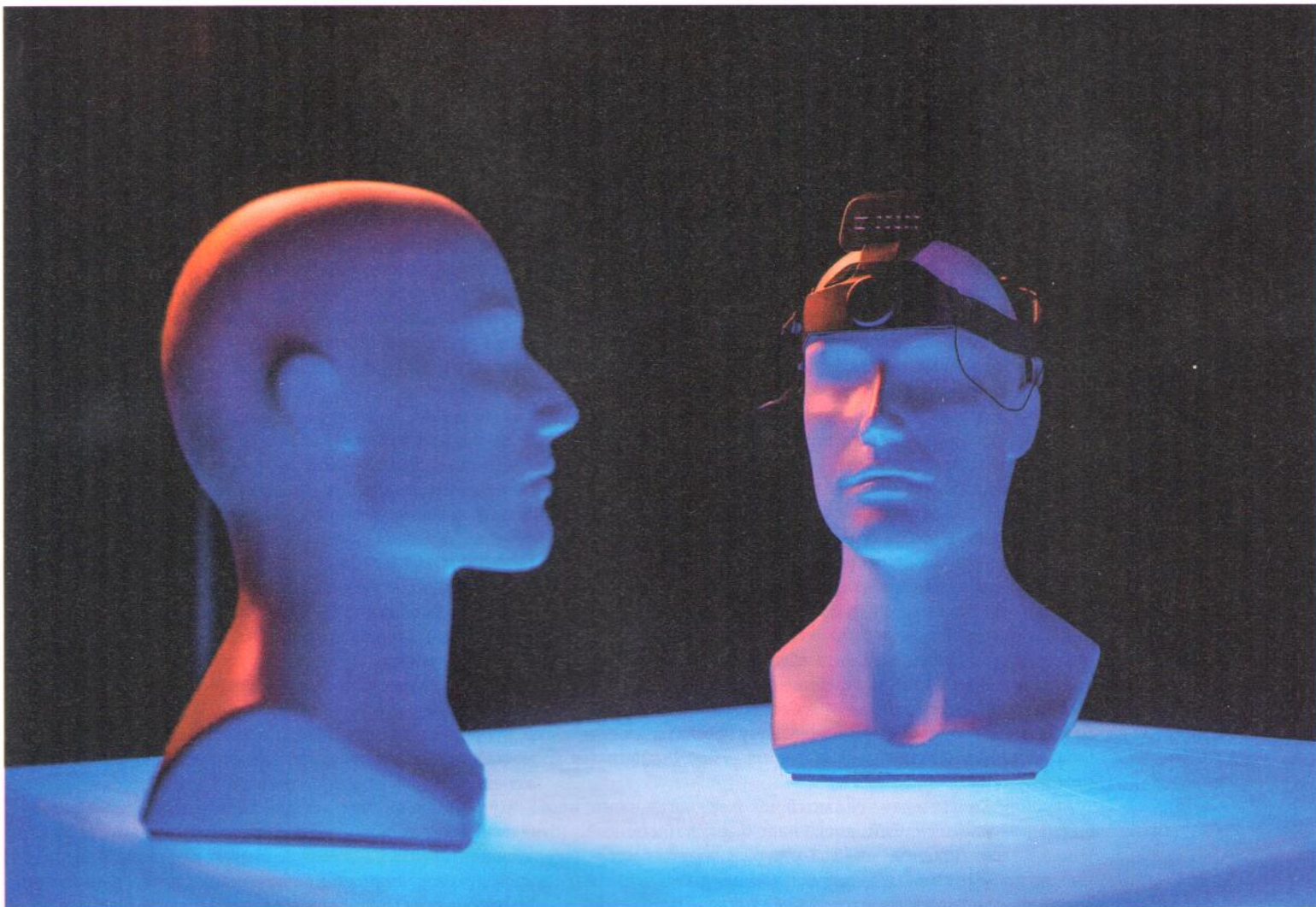


ПОМОГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Нейротлон, или Состязание киборгов Как инвалиды обретают неограниченные ВОЗМОЖНОСТИ

Текст: Полина Огородникова, Тимофей Кочкар

Глаз, видящий лучше орлиного, нос, различающий запахи не хуже борзой, совершенное сердце, которому не страшны инфаркты, пока остаются фантастикой, атрибутами супергероев из комиксов. Но первые киберпротезы уже помогают лучше видеть, слышать и ходить настоящим людям. Первопроходцами нового мира, в котором кибернетические дополнения расширяют способности нашего тела, становятся те, чьи возможности все еще называют «ограниченными». В Санкт-Петербурге наши корреспонденты побывали на первом Нейротлоне — соревновании для людей, использующих ассистивные (то есть помогающие) нейротехнологии





Не хотите ли стать киборгом? Наверное, среди здоровых людей на это сегодня соглашались немногие. А вот среди тех, у кого нет рук, ног или глаз, ответы будут совсем другие. Сегодня в мире живет около 700 миллионов человек с ограниченными физическими возможностями — это в два раза больше, чем, например, население США. В России, по данным Росстата, их свыше 12 миллионов. Развитие технологий дает многим из них необыкновенную возможность — вернуть потерянную мобильность, слух, зрение или речь. Часто они становятся первыми испытуемыми разработок будущего: бионических глаз, роботизированных экзоскелетов, умных нейроинтерфейсов. На что способны современные «технологии-ассистенты» и готов ли человек к симбиозу с гаджетами?

### Маленький шаг экзоскелета

На метровый пандус без ступенек забирается человек-робот. С жужжащими звуками, которые издают все киношные киборги, его массивные ноги сгибаются и разгибаются по велеанию пилота. Шаг, еще один, третий, и вот он на вершине.

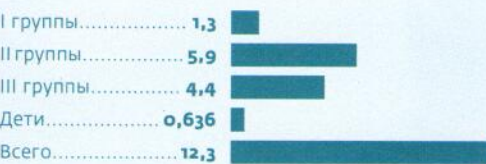
Трудно поверить, но пять минут назад супергерой сидел в инвалидном кресле, а сейчас не просто ходит — лезет в гору, удерживает равновесие на неровной дороге, забивает мяч в футбольные ворота. Денис Левин управляет экзоскелетом компании «ЭкзоАтлет». И пускай летать машина пока не умеет, зато она помогает заново научиться ходить пациентам в 35 клиниках по всей стране: в прямом смысле слова — ставит на ноги людей, недавно перенесших инсульт или с детства страдающих церебральным параличом.

Скелет воспринимает команды с помощью «умных» костылей, которые пилот держит в руках для равновесия. Пользователю доступны несколько режимов: «лестница вверх», «лестница вниз», «сесть», «встать», «ходьба», «ходьба на месте», а еще можно регулировать ширину шага и высоту подъема ноги.

**15%** людей в мире имеют нарушения функций организма, мешающие их физической активности и социальной жизни

### Ограничены в возможностях (1)

Количество людей с ограниченными физическими возможностями в России, по данным Росстата на 1 января 2017 года (миллионы человек)



— Весит он около 22 килограммов, но это совсем не чувствуется, — объясняет Денис. — Скелет стоит и двигается сам, единственная задача пилота — удерживать равновесие и направлять машину.

Экзоскелет — это механизированный внешний каркас, который помогает восстановить утраченные функции тела, увеличить силу мышц и научиться поднимать тяжелые грузы. Первого такого «ассистента» разработала компания General Electric вместе с военными США еще в 60-х годах прошлого века. Модель Hardiman не была такой изящной, как современные машины: манипуляторы больше напоминали клешни громадного краба, а весил агрегат 680 килограммов.

Современные американские разработки выглядят совсем иначе. К примеру, проект TALOS — целый бронированный костюм с датчиками, отслеживающими физическое состояние солдата. В нем есть даже система надувных манжет, которая позволяет останавливать кровотечение, если солдат ранен. Интересный экзоскелет сделали инженеры из японского Университета Цукуба: Mobile Suit, предназначенный для ликвидации последствий аварии на Фукусиме, увеличивает силу пилота, а также защищает его от перегрева и радиоактивной пыли.

Железных помощников сегодня активно создают и в России, например в лаборатории мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета в Курске.

Их экзоскелет ExoLite дает возможность человеку перемещаться без костылей. Приспособление, кстати, в течение года тестировала чемпионка Европы по фехтованию на инвалидных колясках Анна Гладилина. Сегодня разработчики пытаются научить машину спускаться и подниматься по лестнице, быстрее двигаться, а также сохранять устойчивость на неровной поверхности.

Другой интересный пример — экзоскелет «Илья Муромец», разработка Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского. Его создатели научили машину читать мысли хозяина: управляется скелет напрямую сигналами мозга, которые считывает электроэнцефалограф.

Словом, экзоскелеты в России чаще всего используют как аппараты для реабилитации, заниматься на которых необходимо под присмотром врачей и помощников. Возможно, уже скоро они станут доступными бытовыми устройствами, с которыми утренняя пробежка для человека в инвалидном кресле не будет казаться чем-то фантастическим. Как быстро обучить пользователя? Как избежать падений и травм? В этом разработчикам еще предстоит разобраться.

— Множество людей с моторными нарушениями, которые пользуются инвалидными колясками, — это молодые ребята, и у них

### Эволюция искусственных конечностей (2)



должен быть шанс восстановиться, — рассказывает директор по развитию бизнеса компании «ЭкзоАтлет» Екатерина Березий. — Мне часто говорят: «Катя, подожди. Не вселяй в них надежду раньше времени». А я не согласна. Еще вчера этой надежды не было, сегодня она есть, а завтра у нас появятся новые идеи, как быстро и эффективно восстановить то, что сломалось.

### Берегись нейромобиля

— Таня, фишки не сбей! Давай, рули, выравнивай! — на асфальтированной площадке с оранжевыми конусами несколько взрослых мужчин кричат на девушку в маленьком автомобиле. Кажется, что барышня демонстрирует свое умение водить сразу пяти инструкторам. И, видимо, ей дали еще не все навыки. Электрокар то и дело останавливается у кочек и ямок.

— Сложная была трасса? — пытаюсь после соревнования ободрить девушку в инвалидном кресле. — Вообще-то я гонщица, — отвечает она. — Правда, езжу на собственном автомобиле, который не глохнет так часто и где есть гидросилитель руля. Здесь же только-только созданный электрокар, практически макет, который в качестве бонуса еще умеет ездить.

Татьяна Редина — профессиональный водитель с 20-летним стажем и участница Московского автомобильного клуба инвалидов, частенько преодолевающая по 400 километров во время ралли. Пять «инструкторов по вождению» — судьбы конкурса и разработчики автомобиля. Машина — модифицированный прототип автомобиля Zetta, отечественного электрокара, над которым работает одноименная компания из Тольятти.



**1%** населения планеты нуждается в инвалидных колясках

## Транспорт, доступный всем (3)

Доля общественного транспорта, который будет оборудован для перевозки маломобильных групп населения, к 2020 году в рамках российской государственной программы «Доступная среда».

Автобусы.....	15,8%
Трамваи.....	14,6%
Троллейбусы.....	29,1%
Станции метро.....	14,6%

— Мы разработали четырехместный городской автомобиль на электротяге, а сегодня показываем новый концепт, ориентированный на людей с ограниченными физическими возможностями, — рассказывает директор по инжинирингу компании Вальдемар Вагнер. — Хотя скорость он может развивать как обычный городской автомобиль, мы хотим сделать из него локальное транспортное средство, чтобы отвезти детей в садик

или в школу, заехать в магазин или отправиться на работу.

На первых испытаниях Zetta показала себя не с самой лучшей стороны, но разработчики уверяют, что запас хода нового автомобиля впечатляет — около 300 километров. Главное отличие авто — широкая задняя дверь и пандус, куда человек может заехать прямо в инвалидном кресле.

Сегодня многим людям с ограниченными физическими возможностями совсем не обязательно покупать какой-то специальный гаджет, чтобы самостоятельно передвигаться по городу, ведь практически любой автомобиль можно переделать под ручное управление. Все же на рынке представлено немало мопедов, скутеров и кресел с электроприводом специально для таких водителей. Встречаются даже внедорожники: например, американский вездеход Action Trackchair, оснащенный почти что танковыми гусеницами. Машина разгоняется всего до восьми километров в час, зато без проблем ездит по песку или грязи.

Популярностью в мире пользуются модифицированные мотоциклы и спорткары

для водителей на коляске, но самой известной «инвалидкой» стала желтая машинка Kenguru. Проект американской компании Community Cars разгоняется почти так же, как сумчатое животное, — до 45 километров в час. Проехать авто может до 110 километров на полном заряде, а весит немногим более полтонны. Почти все подобные автомобили объединяет одна идея — за руль можно «сесть» прямо в инвалидном кресле.

— Многие мои друзья будут счастливы забыть про пересаживание из кресла за руль, — объясняет Татьяна. — Но для меня это скорее минус. Ведь когда я сижу на обыкновенном автомобильном сиденье, то психологически чувствую себя здоровым человеком, потому что я не в коляске.

Большинство таких автомобилей управляются с помощью заранее продуманных алгоритмов, которые спрятаны в «умных» костылях или джойстиках, однако пультом управления гаджетом может стать мозг самого пилота. Эту, казалось бы, фантастическую технологию еще десять лет назад реализовала компания Toyota: японцы научили



Преимущество транспорта для людей с ограниченными физическими возможностями — специальные пандусы, которые помогают попасть в авто, не пересаживаясь из инвалидной коляски



инвалидные кресла слушаться ЭЭГ-сигналов мозга хозяина почти беспрекословно — с точностью до 95%.

В России же «силу мысли» только недавно начали объединять с ассистивными технологиями: в конце прошлого года ученые ННГУ представили макет нейромобиля — машины, которая управляется сигналами головного мозга. Исследователи выиграли грант Минобрнауки и к 2020 году должны разработать экспериментальный образец. Основу технологии позаимствуют у экзоскелета «Илья Муромец»; правда, требования к надежности авто установят гораздо более жесткие. Любая посторонняя мысль может закончиться ДТП, поэтому разработчики трудятся над созданием идеального нейрокомпьютерного интерфейса, способного максимально точно и быстро распознавать сигналы головного мозга.

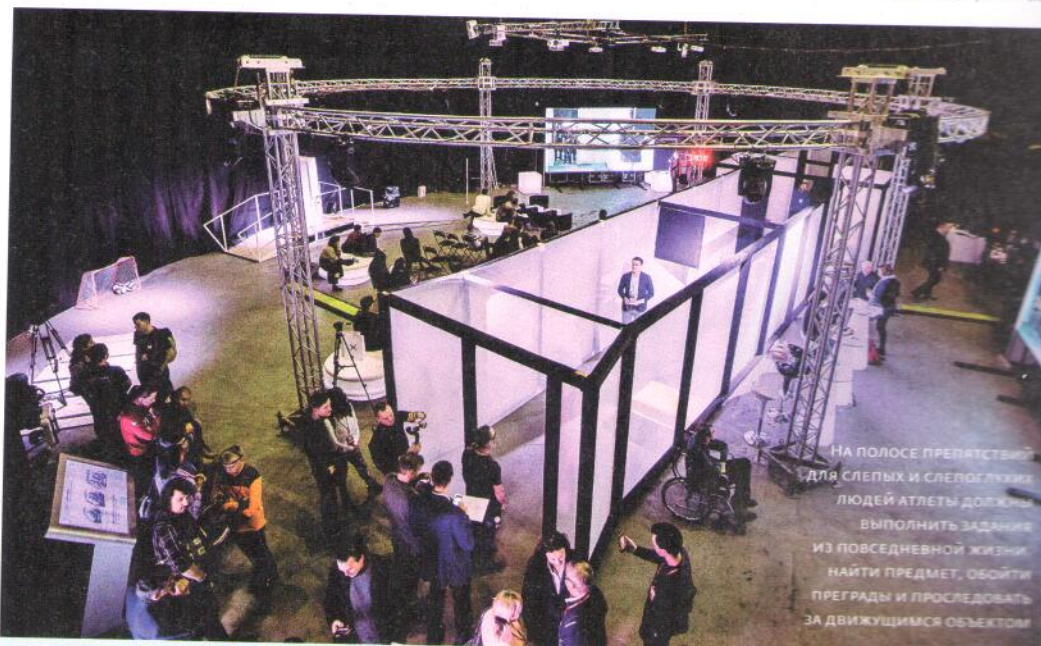
### Тени в темноте

Пожилый человек готовится войти в длинный коридор с белыми тканевыми стенами, сквозь которые пробивается свет от мониторов и прожекторов. На нем футуристические очки, а на поясе — черная коробочка с переключателями, которыми он щелкает, тщательно что-то настраивая. Мужчине предстоит пройти через коридор и выполнить несколько заданий — не сложных для обычных людей, но по-настоящему трудных для человека, лишенного зрения. Григорий Ульянов — первый участник соревнований среди слепых и слепоглохих людей по ориентированию в пространстве.

Григорию 59 лет, он живет в Челябинске. 20 лет назад мужчина потерял зрение из-за синдрома Ашера — редкого генетического заболевания. В 2017 году Григорий стал первым российским пациентом, которому вживили бионический глазной имплант, разработанный американскими и швейцарскими инженерами. Сегодня у него есть возможность снова видеть мир.

В очках Григория стоит камера, а на сетчатке его глаза расположен имплант — электронная решетка. Камера фиксирует изображение, передает его в процессор, который висит на поясе. В процессоре изображение преобразуется в понятный для импланта код и возвращается обратно в очки, затем по беспроводной связи передается в глазной имплант. Сигнал уходит в его электронную решетку и раздражает зрительный нерв. В результате в мозгу Григория появляется картинка, по которой он может ориентироваться.

Два других участника используют для прохождения испытания электронные трости, которые при помощи сенсоров распознают препятствие и расстояния до него. Человек наводит такую трость на предмет и по вибрации может понять, как далеко от него находится та или иная цель. Хотя технология



На полосе препятствий для слепых и слепоглохих людей атлеты должны выполнить задания из повседневной жизни: найти предмет, обойти преграды и проследовать за движущимся объектом

### Эволюция искусственного глаза (4)

Описаны эффекты зрительного восприятия при электрической стимуляции глаз

Успешное зрительное нейропротезирование с применением имплантируемого устройства

Искусственное зрение для слепых с использованием камеры

Одобен для коммерческого распространения первый бионический глаз (имплант сетчатки)

Широкое распространение аналогов органов восприятия

1880

1968

2000

2011

Прогноз на 2040

**150 000 \$**

стоит протез сетчатки глаза Argus II, так же известный, как «бионический глаз»

очень неплохо помогает ориентироваться, все же у электронных тростей есть ряд существенных недостатков.

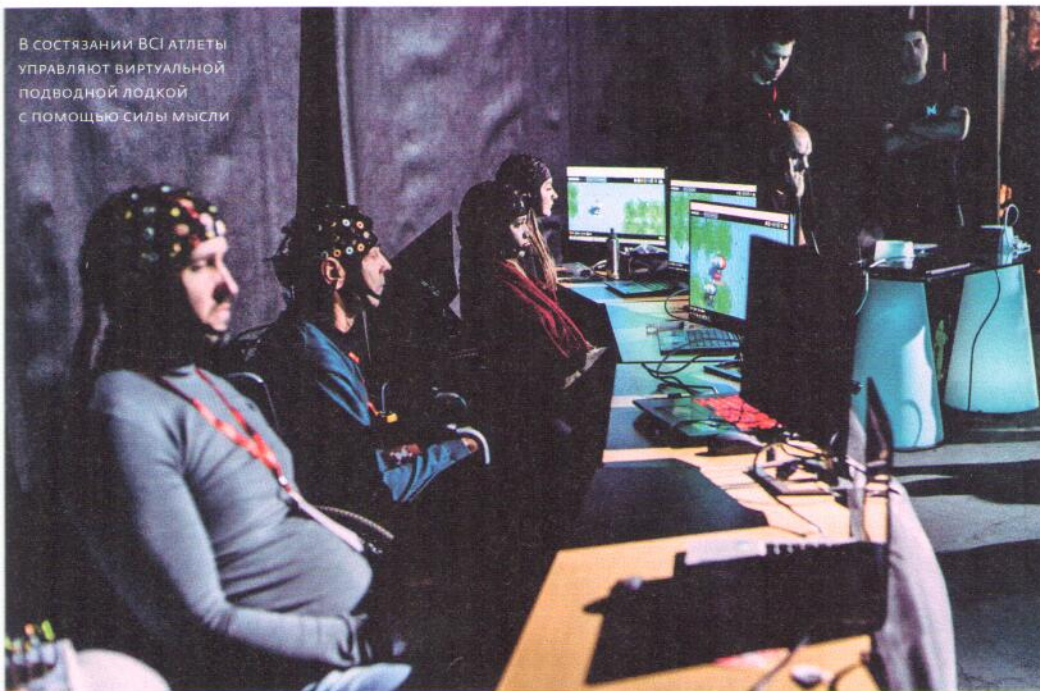
— Вы видели, как участнику было сложно пройти испытание с конусом и кубиками, — поясняет президент благотворительного фонда поддержки глухих «Со-единение» Дмитрий Поликанов. — Если Григорий с помощью глазного импланта может каким-то образом увидеть нужную фигуру, то для трости это достаточно сложная задача. Нужно провести ею вокруг каждого предмета, понять, какие идут вибрации. Тем не менее такой гаджет может прийти на выручку многим слепым, особенно молодого возраста, которые стесняются обычной белой трости, ведь она выдает на улице слепого человека.

От слепоты страдают примерно 40 миллионов человек, и их число стремительно растет. Существуют как имплантируемые, так и внешние устройства, с помощью которых можно компенсировать функции зрительной системы. Среди самых эффективных — интраокулярные линзы (искусственные хрусталики глаз) и протезы сетчатки (бионические глаза).

Встречаются и довольно необычные решения, как, например, устройство Brainport. Изначально американский нейрофизиолог Пол Бах-и-Рита создал технологию для реабилитации людей, утративших чувство равновесия. Однако впоследствии выяснилось, что она также способна возвращать зрение, если направить сигнал на соответствующий отдел коры мозга через другую сенсорную систему, то есть через язык вместо глаз.

Изображение с камеры в виде электрических импульсов поступает на квадратную матрицу с электродами, закрепленную на языке. Длительность и сила сигналов меняются в зависимости от изменения света на изображении. Как ни удивительно, слабое покалывание на языке после некоторой практики формирует в мозгу человека картинку на основе изображения, снимаемого видеокамерой. Такое замещение работы глаз не способно восстановить зрение, но дает информацию, достаточную для того, чтобы ориентироваться в пространстве. Хотя самой распространенной в мире бионики сегодня остаются импланты для восстановления слуха.





В состязании ВСІ атлеты управляют виртуальной подводной лодкой с помощью силы мысли

— Одна из задач нашего фонда — совершенствовать методику реабилитации, чтобы человек мог быстрее адаптироваться к новой реальности, в которой он оказался, и быстрее учиться пользоваться этим прибором, — рассказывает Дмитрий Поликанов. — Григорий ходит с имплантом всего несколько месяцев, но уже достаточно самостоятельно себя чувствует, гораздо увереннее двигается по дому и перемещается в городе. Более того — он тренирует свой мозг, чтобы научиться видеть достаточно крупные буквы.

## Мысль — значит двигаюсь

В секции ВСІ, несмотря на многолюдность, повисла тишина. Зрители, следя за ходом соревнований на больших мониторах, переговариваются шепотом, чтобы не отвлекать участников. Выглядит это забавно: несколько человек в странных шапочках, почти не моргая и помогая себе мимикой, управляют мультяшной подводной лодкой на экране, пытаются довести ее до финиша. При этом они остаются неподвижными, используя в игре только силу мысли. Технология, связывающая нервную сеть человека с компьютером, называется нейроинтерфейсом. В английском варианте — brain computer interface (BCI).

За движениями подлодки на экране стоит сложный процесс снятия сигналов с коры головного мозга и преобразования их в управляющие команды. Участник, например, концентрируется, деконцентрируется, представляет движения руками или ногами. Все эти состояния классифицируются и преобразуются в команды, в данном случае — команды управления виртуальной

подводной лодкой. Чем быстрее человек концентрируется на определенном положении лодки на поле, воображая соответствующее движение рукой, тем быстрее происходит перемещение на экране. Сегодня разработчики стремятся сделать нейроинтерфейс максимально адаптивным, универсальным, удобным и быстро обучаемым, чтобы любой человек мог без длительной тренировки воображения управлять внешними устройствами.

— Кто-то из участников раньше обучался, кто-то занимался всего один-два дня, а некоторые ребята сегодня впервые опробовали нейроинтерфейс, — рассказывает старший научный сотрудник компании «Нейроботикс» Александр Зонов. — Сейчас обучение занимает лишь один-два часа. Есть интерфейсы, которые позволяют научиться и еще быстрее, хотя их пока мало. Соревнования, подобные Нейротлону, нужны как раз

## Типы нейроинтерфейсов

**Инвазивные** — в мозг вживляются электроды, обеспечивая связь напрямую с нейронами.

**Полуинвазивные** — электроды крепятся к серому веществу на поверхности коры головного мозга.

**Неинвазивные** — устанавливаются на голове, а расположенные в них сенсоры считывают всплески электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

**Однонаправленные** — информация передается одним путем: либо из мозга в компьютер, либо из компьютера в мозг.

**Двунаправленные** — работают в обе стороны, позволяют стимулировать сенсорные участки мозга, имитируя ощущения, и отправлять команды мозга на внешние устройства.

для того, чтобы развивать эту технологию и создавать конкуренцию для разработчиков.

В России подобные проекты ведут в основном в университетах и исследовательских институтах, однако в мире уже довольно много как крупных компаний, так и небольших стартапов, которые разрабатывают нейроинтерфейсы. Например, основатель Tesla и SpaceX Илон Маск также загорелся идеей прямой связи человеческого мозга с компьютером. В 2017 году он приобрел компанию Neuralink и заявил о начале работ над универсальным нейрокомпьютерным интерфейсом. По заявлениям Маска, его особенностью должен стать способ подключения — нейроимплант планируется вводить в организм через инъекцию в шейную артерию, откуда он будет сам добираться до мозга.

Не менее амбициозный проект задумал Брайан Джонсон со своим стартапом Kernel. Его целью является создание микрочипа, имплантируемого в мозг для лечения нейродегенеративных заболеваний. Предполагается, что в перспективе эта технология позволит улучшать и когнитивные способности здорового человека.

## Будущее нейроинтерфейсов

Сегодня нейроинтерфейсы находятся в начале своего развития, но в перспективе могут применяться в самых разных областях жизни. В медицине они упростили бы управление протезами и вспомогательными устройствами, как, например, это уже реализовано в экзоскелете «Илья Муромец». А в случаях, когда у человека повреждены нервные окончания рук или ног, электроды смогут вместо нервов проводить сигналы к мышцам напрямую от мозга.

Нейроинтерфейсы придут на помощь людям с боковым амиотрофическим склерозом, которым, в частности, болен Стивен Хокинг. Ведь на последних стадиях этого заболевания невозможны даже движения глаз. Использование силы мысли позволило бы людям с ограниченными физическими возможностями управлять протезами, передвигать курсор по экрану, управлять инвалидной коляской, механическим манипулятором или роботом.

Массовое применение технология ВСІ получат в промышленности и индустрии развлечений. На опасных производствах управление роботизированной техникой при помощи нейроинтерфейса облегчит труд и снизит риски получения травм.

Дома мы сможем использовать нейроинтерфейсы для связи с интернетом вещей. Представьте: вы силой мысли открываете двери, включаете воду, переключаете телеканалы, меняете яркость света в комнате, включаете чайник, заказываете еду через интернет.



## Люди с неограниченными возможностями

В России первый Нейротлон прошел в Петербурге в конце 2017 года, его организовал отраслевой союз «Нейронет». Состязаться пригласили людей с различными поражениями центральной нервной системы и зрения, а также с параличом конечностей и другими заболеваниями. Участники выполняли задания, имитирующие повседневную жизнь: играли в компьютерные игры, ездили на автомобиле, ходили по инсценированной квартире и искали в ней предметы.

### Соревнования проходили в четырех дисциплинах:

- NCR — поездка на автомобиле, адаптированном для людей с ограниченными физическими возможностями;
- EXO — полоса препятствий для участников, использующих силовые экзоскелеты;
- DBN — ориентирование в помещении для слепых и слепоглухих людей, которые используют ассистивные устройства;
- BCI — нейроуправление аватаром в специально разработанной компьютерной гонке-игре.

Но все эти чудеса инженерной мысли пока работают недостаточно быстро и точно по сравнению с настоящими органами человеческого тела. У бионического глаза низкое разрешение; к тому же существует проблема взаимодействия устройства с сетчаткой глаза человека. Слуховой имплант распознает речь, но не позволяет слушать музыку.

Одна из основных проблем инвазивных нейроинтерфейсов — постепенное отмирание нервных тканей в месте контакта с электродом. Полноценное взаимодействие живых и технических устройств могут обеспечить

гибкие нанопроволочные зонды, нейронные мосты и стеклообразные углеродные нити или так называемое инъеклируемое «нейронное кружево», которое позволяет нейронам расти вместе с имплантированными электродами.

Помимо этого, существует проблема поиска необходимого нерва в запутанной структуре коры головного мозга. Для надежной работы технологии электроды необходимо вживлять хирургическим путем. К тому же требуется длительная и методичная калибровка оборудования под каждую конкретную ситуацию.

Далеки от совершенства и алгоритмы обработки считываемой информации.

Еще одна проблема нейроинтерфейсов — это энергообеспечение. В будущем разработчики надеются получать необходимую мощность для поддержания работы без внешних источников питания, за счет использования энергии, вырабатываемой телом человека, например при дыхании или ходьбе.

Если дать волю воображению, легко представить, к каким фантастическим изменениям мира может привести эта технология в будущем. Возможно, BCI усилит наш разум, поможет заглянуть в самые дальние уголки своего подсознания; с помощью этой технологии люди смогут пересматривать свои сны и воспоминания и даже общаться, посылая друг другу свои чувства и образы. А может, она превратится в инструмент тотального контроля, детектор лжи, от которого ничего не получится скрыть, или в средство дистанционного управления людьми.

А пока первые, еще очень несовершенные киберпротезы и нейроимпланты помогают вернуть людям потерянные способности и дают возможность наслаждаться жизнью. PP

Современные экзоскелеты не только помогают восстановиться людям, недавно перенесшим инсульт, но и дарят возможность ходить тем, кто сам этого сделать уже не сможет



Источники: (1) Государственная программа «Доступная среда» на 2011–2020 годы (2) Глобальные технологические тренды. Информационный бюллетень, НИУ «Высшая школа экономики» (3) Государственная программа «Доступная среда» на 2011–2020 годы (4) Глобальные технологические тренды. Информационный бюллетень, НИУ «Высшая школа экономики»