

*Коллистратов Максим Васильевич, доцент кафедры «Электротехника и промышленная электроника», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация*

*Верескун Александра Константиновна, студентка 2-го курса кафедры «Безопасность в цифровом мире», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СПОСОБАХ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

**Аннотация:** В современном мире в связи со стремительным развитием компьютерных технологий, нейрохирургии и микроэлектроники всё реальнее становится проблема негативного отношения к чипированию. Однако на данный момент большинство населения не имеет верного представления о сущности процесса. В работе рассматриваются существующие в настоящее время способы использования чипов, электродов и нейропротезов в медицине и повседневной жизни. Особое внимание уделяется их техническим аспектам. Также ставится вопрос о необходимости повышения информированности населения о современном применении имплантируемых микроэлектронных устройств с целью уменьшения общественных опасений и волнений, связанных с заблуждениями, распространяемыми в СМИ и художественной литературе.

**Ключевые слова:** имплантация микроэлектронных устройств, чипирование, кохлеарная имплантация, нейроинтерфейсные технологии, интерфейс мозг-компьютер.

**Annotation:** In the modern world, due to the rapid development of computer technology, neurosurgery and microelectronics, the problem of chipping is becoming more and more real. A negative attitude towards implantation of microelectronic

devices has become widespread, but at the moment the majority of the population does not have a correct idea of the essence of the process. The paper examines the currently existing ways of using chips, electrodes and neuroprostheses in medicine and everyday life. Special attention is paid to their technical aspects. The question is also raised about the need to raise public awareness about the modern use of implantable microelectronic devices in order to reduce public fears and unrest associated with misconceptions spread in the media and fiction.

**Key words:** implantation of microelectronic devices, chipping, cochlear implantation, neurointerface technologies, brain-computer interface.

В современном обществе в силу появления и развития новых технологий, позволяющих создавать специализированные системы проектирования, оборудование для проведения операций на головном и спинном мозге, а также различные микрэлектронные устройства, всё более широкое распространение получает проблема негативного отношения населения к чипированию. Представляется, что это может быть связано с рядом заблуждений, распространяемых через художественные фильмы, литературу, а также на страницах социальных сетей в постах и видеоблогах.

Рассмотрим несколько из них. Во-первых, у большинства людей чипизация ассоциируется с повсеместной насильной имплантацией микросхем в мозг, посредством которых государство будет осуществлять контроль и управление мышлением и поведением человека. Эта теория получила особое распространение во время вспышки COVID-19: в обществе существовало мнение о том, что вместе с вакцинами происходит введение в организм человека микрочипа для тотального контроля населения со стороны государства. Во-вторых, большую популярность получила услуга чипирования домашних животных с целью обнаружения их местоположения в случае потери. Это привело к распространению мнения об угрозе отслеживания не только мышления и поведения человека, но ещё и его нахождения в пространстве в определённый период времени.

Вышеперечисленные теории, на наш взгляд, связаны с низкой осведомлённостью населения о принципе взаимодействия чипа с мозгом человека, а также о существующих сегодня технологиях применения имплантации микроэлектронных устройств в медицине. Это подтверждается опросом, проведённым Всероссийским центром изучения общественного мнения, направленным на исследование представлений россиян о возможности чипирования, а также о плюсах и минусах чипизации человека [9]. Согласно опросу можно вывести следующие тезисы:

- Общая информация по теме чипирования известна 84% россиян, однако подробности об этом известны только 15% респондентов.
- 23% жителей сёл в первый раз услышали о чипировании только во время опроса.
- 54% опрошенных относятся к идее чипирования отрицательно, 11% — безразлично и лишь 8% положительно.
- Опасения, вызываемые чипированием, у россиян были связаны со следующими аспектами: слежка, контроль, вмешательство в частную жизнь (35%), аллергия и медицинские осложнения после операции (16%), управление и манипуляция человеком через чип (11%), кража личных данных (10%).

Таким образом, данные приведённого опроса свидетельствуют об актуальности темы чипирования, и как следствие — о необходимости изменения мнения населения об этом процессе. Представляется важным, во-первых, описание принципа работы чипа, а, во-вторых, освещение использования микроэлектронных устройств в медицине на примере кохлеарной имплантации, биоуправляемого протезирования, нейрокомпьютерного интерфейса, нейрохирургического лечения болезни Паркинсона, а также для нейростимуляции при хронической боли.

При рассмотрении применения существующих в настоящее время видов имплантации микроэлектронных устройств в медицине и повседневной жизни стоит начать с терминологии. Под чипированием следует понимать вживление в

тело человека микрочипа-импланта, содержащего какую-либо информацию и предоставляющего человеку возможность управлять другими электронными устройствами. В свою очередь, микрочип-имплант — это микроэлектронное устройство, используемое для имплантации подкожно или в мозг, которое, как правило, включает в себя интегральную микросхему. Кроме того, важно отметить, что имплантируемые микроэлектронные устройства состоят из специальных материалов, обладающих гибкостью, тонкостью, мягкостью, не подверженных коррозии и не вызывающих аллергии [8].

Рассмотрим микрочипы, которые используются людьми в повседневной жизни. Такой имплант представляет собой цилиндр, размером 2x12 миллиметров, созданный из не содержащего свинца боросиликатного стекла либо биологически нейтрального стекла на основе натриевой извести. Он состоит из двух частей: интегральная микросхема для хранения информации и антенна для приёма и передачи сигнала [1]. Размеры не позволяют встроить в него источник энергии, поэтому питание происходит за счёт внешнего электромагнитного поля, то есть сам по себе чип является инертным. В основу его принципа работы положена RFID технология, которая позволяет записывать информацию на определённых метках, а затем считывать её с помощью радиосигнала. Можно сказать, что такой чип представляет собой банковскую карту, которая считывается при поднесении к терминалу. При этом перезапись на него какой-либо информации представляет собой длительный и дорогостоящий процесс, в связи с чем на чип записывается своего рода определённый идентификационный номер, под которым в отдельных базах, данных хранится необходимая информация. Именно поэтому, как правило, чип используют только в целях оплаты услуг, хранения билетов, использования пропусков безопасности или биометрических паспортов. Кроме того, вопреки широко распространённому мнению в таких чипах не содержится GPS, поэтому при чипировании животных такое устройство нужно не с целью отслеживания местоположения питомца, а чтобы, встретив его на улице, прохожий смог считать информацию с чипа и узнать, например, данные о владельце. Также

важно отметить, что эта технология никак не взаимодействует с мозгом, а, следовательно, не влияет на мышление и поведение человека. Как правило, микрочипы такого вида устанавливаются с помощью специальной иглы между большим и указательным пальцем, поэтому их изъятие не составит большого труда. По данным на 2019 год самыми распространёнными были чипы компании Biohax и Dangerous Things. Согласно отчётам последней, число чипированных людей составляет от 60 до 90 тыс. по всему миру.

Таким образом, можно сказать, что представления о микрочипе как об устройстве, созданном для слежки за человеком и управлением его мышлением и поведением, являются неверными, поскольку, во-первых, он рассчитан лишь для считывания, имеющегося на нём номера, и не несёт в себе GPS, а, во-вторых, в нём не предусмотрено связи с какими-либо органами человеческого организма.

Перейдём к рассмотрению микроэлектронных устройств, имплантация которых применяется в медицинских целях. Стоит отметить, что именно в этих технологиях на отдельные структуры мозга оказывается специальное воздействие, которое влияет на поведение, позволяя управлять мышцами человека, преобразовывать сигналы от нейронов в электрические и наоборот, однако при этом мыслительная деятельность никак не затрагивается: её нельзя считать или изменить. Кроме того, здесь более важную функцию выполняют не микрочипы-импланты, а электроды — электрический проводник, который проводит электрические сигналы.

Рассмотрим кохлеарную имплантацию — технологию, позволяющую людям с глухотой, вызванной дефектами такой части внутреннего уха, как улитка, начать различать окружающие звуки. Кохлеарный имплант состоит из двух частей: закрепляемого под кожей импланта и носимого снаружи звукового процессора [6]. Принцип работы заключается в следующем:

- сигнал в виде каких-либо звуков (речь, шум) воспринимается микрофоном наружной части;
- звуковой процессор обрабатывает сигнал, раскладывая его со скоростью 15 тыс. частей в секунду, оцифровывает, учитывает частоту и

интенсивность звуковых колебаний, подавляет помехи и шумы;

- цифровой сигнал радиоволной в 5 МГц передаётся через катушку передатчика в подкожный имплант;
- импульсы переправляются на электроды, которые раздражают нужные части улитки, после чего посредством слухового нерва информация из внутреннего уха передаётся в мозг.

Эта операция проводится как на детях, так и на взрослых: на данный момент диапазон возрастов охватывает период от 4 месяцев до 93 лет. Кроме того, частота осложнений при операции чрезвычайно мала и, как правило, связана лишь с техническими дефектами и внешним воздействием (например, ударом по месту подкожного импланта). Таким образом, применение кохлеарной имплантации позволяет преобразовывать речь в сигналы, которые передаются в мозг, что не только не опасно для человека, но и необходимо для формирования его речи, обучения и развития.

Технология биоуправляемого протезирования тоже основывается на использовании микроэлектронных устройств, которые решают задачу получения управляющей информации и её интерпретации в последовательность команд исполнительных механизмов [5]. Непосредственное взаимодействие мозга с устройством предусматривает нейроуправляемый вид биоуправляемого протезирования — управление протезом с помощью электроэнцефалограммы мозга. Этот вариант чаще всего используется парализованными людьми, поскольку все команды даются человеком с помощью мыслительного процесса. Так, на голове закрепляются от 8 до 32 наружных или вживлённых электродов которые фиксируют данные, являющиеся отражением работы функциональных систем мозга, в том числе – связанных с той или иной командой телу. Затем полученная информация обрабатывается, интерпретируется и передаётся на сам протез.

Этот вид является наиболее сложным, поскольку требует детальной настройки соответствия мыслительной деятельности и движения протеза. Например, зарегистрирован случай, при котором парализованной женщине

имплантировали в мозг две микросхемы размером 4×4 мм по 96 электродов в каждой, с помощью которых она должна была управлять роботизированной рукой, и только через 13 недель компьютерная система начала правильно интерпретировать нейронную активность. Таким образом, нейроуправляемое протезирование хоть и основывается на микросхеме, имплантируемой в мозг, но тем не менее может считывать лишь определенные виды функциональной работы мозга и интерпретировать их в команды для протеза, но никак не читать мысли человека.

Идея о сопряжении мозга напрямую с электронными процессорными и исполнительными системами появилась ещё в прошлом веке. Впервые о ней высказался в работе американский инженер-исследователь и профессор Калифорнийского университета Жак Видаль [4]. Эта идея получила поддержку ведомства DARPA (Управления Министерства обороны США, отвечающее за разработку новых технологий для использования в интересах вооружённых сил), которое планировало управлять летательным аппаратом с помощью мозга. Однако отсутствие необходимых вычислительных ресурсов, специальных материалов и недостаточная программно-алгоритмическая проработка не позволили реализовать проект.

Именно эта идея нашла своё воплощение в технологии современного нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ), которая позволяет возместить утраченные возможности пациента, связанные с тяжелыми нарушениями речи и движений. Так компания Synchron разработала нейроимплант Stentrode, который обеспечивает взаимодействие моторной зоны головного мозга с интерфейсами компьютерных устройств. Этот имплант представляет собой тонкий чип из цилиндрической сетки-матрицы с гибкими электродами длиной около полутора дюймов (3,8 см) и 16-ю точками подключения, который вводится в яремную вену на шее с помощью катетера. Затем через сосуд имплант продвигается вглубь черепа и вырастает в стенки сосуда. От нейроимпланта идёт тонкий провод непосредственно к передатчику, который находится в грудной клетке и связывается уже с цифровым устройством.

Эта технология особенно широко используется при боковом амиотрофическом склерозе, в ходе которого атрофирование нейронов приводит к утрате возможности управления мышцами (именно эта болезнь была у Стивена Хокинга). Принцип работы заключается в считывании команд с моторной зоны мозга и их реализации. Например, с помощью движения мышц глаз пациент может управлять курсором на экране компьютерного устройства. Таким образом, эта технология является наиболее приближенной к считыванию информации с мозга, однако это касается исключительно моторной зоны.

Также стоит отметить важную роль имплантации микроэлектронных устройств при лечении болезни Паркинсона, хронической боли, дистонии и многих других неизлечимых заболеваний. В данном случае особое внимание отводится нейростимуляции определённых зон нервной системы.

Так, для прекращения тремора при лечении болезни Паркинсона система нейростимуляции состоит из трех имплантируемых компонентов: четырехконтактного электрода, нейростимулятора и провода, соединяющего электрод с нейростимулятором [3]. В головной мозг с двух сторон имплантируются электроды, которые соединяют с нейростимулятором, имплантируемым подкожно в подключичную область. Генератор импульсов представляет собой электронную микросхему для регулируемой генерации импульсов и батарею либо аккумулятор.

При лечении хронической боли используется схожая технология, которая позволяет подавлять боль, связанную с повреждением нервов. Электрические импульсы воздействуют на спинной мозг или отдельные нервы с помощью электродов, имплантируемых в тело, и небольшого генератора. При этом пациент ощущает только мягкое воздействие, наподобие «приятных мурашек» [2].

При дистонии главной целью является не лечение импульсами, а использование импульсов для стимуляции головного мозга, который воздействует на баклофеновую помпу. Через эту мини-капельницу, которая находится внутри живота под нижним левым ребром, подаётся лекарство в



спинной мозг, что позволяет снизить последствия заболевания и вести полноценную жизнь.

Таким образом, данные технологии применения имплантации микроэлектронных устройств позволяют с помощью нейростимуляции контролировать тремор, боль и дистонию, что значительно повышает качество жизни людей с неизлечимыми заболеваниями, но при этом применяется не анализ мыслительной деятельности, а стимуляция определённых нервов.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что существующие в обществе современные представления о возможностях использования микроэлектронных устройств разнятся с их действительным применением. Технологии, связанные с микрочипами-имплантами действительно применяются, однако не в целях слежки, управления мышлением и поведением, а в медицинских целях, позволяющих людям с неизлечимыми заболеваниями облегчить существование и выполнение обычных задач. В бытовой же сфере микрочипы используют для быстрого доступа к информации, касающейся банковской карты, пропуска системы безопасности или биометрического паспорта. Всё это свидетельствует о необходимости повышения осведомленности населения о действительной полезности и безопасности имплантируемых электронных устройств. Это, в свою очередь, позволит снизить подверженность общественного мнения влиянию со стороны недобросовестных СМИ и других лиц, как это особенно проявилось в период вспышки COVID-2019 и замедлило процесс вакцинации.

### **Библиографический список:**

1. Бондаренко А.С., Ярыгин П.К., Турилов М.А. Программно-аппаратный аспект при чипировании человека // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 6-2. С. 167-175.
2. Веб-сайт Федерального центра мозга и нейротехнологий (электронный ресурс) URL: <https://xn--11acti.xn--p1ai/news/нейростимуляция-для-лечения-хрониче/?ysclid=lnhnmjiss1490555157> (дата обращения: 15.05.2023).

3. Веб-сайт Центра экстрапирамидных и когнитивных расстройств (электронный ресурс) URL: <https://www.xn--80aocaipeaifmp.xn--p1ai/nejrohirurgicheskoe-lechenie-bolezni-parkinsona-2/?ysclid=lnhjmcy7d6211820425> (дата обращения: 15.05.2023).

4. Дежина И. Г., Пономарев А. К., Нафикова Т. Н., Лысенко А. А., Хайтович Ф. Е., Гареев Т. Р., Каплан А. Я., Угрюмов М. В., Гаврилова С. И. Технологии восстановления и расширения ресурсов мозга человека: публичный аналитический доклад - М.: ООО «Лайм», 2020.-256 с.:ил.

5. Завьялов С. А., Мейгал А. Ю. Технологии биоуправляемых протезов сегодня и завтра // Journal of Biomedical Technologies. 2015. № 2. С. 36–42.

6. Ласциг Р., Шендорф А.А. Кохлеарная имплантация // Медицинский совет. 2011. № 3-4. С. 15-18.

7. Сафин Д., Пильщиков, И., Ураксеев М., Мигранова Р. Современные системы управления протезами. Конструкции электродов и усилителей сигналов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2009. № 4. С. 60-68.

8. Сетевое издание WCIOM (электронный ресурс). URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/chipizacziya-nepriizrachnaya-ugroza-?ysclid=lnhjiru6eq913586193> (дата обращения: 15.05.2023).