

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
кафедра Основ радиотехники

# ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Выпуск 3



Москва

2019

*Настоящий выпуск продолжает серию обзорных статей студентов первого курса Радиотехнического факультета МЭИ, обучающихся по направлению «Биотехнические системы и технологии», профиль подготовки – «Биотехнические и медицинские аппараты и системы».*

*Мы постарались выбрать для сборника наиболее интересные и актуальные темы самого широкого спектра: от неинвазивных глюкометров до медицинских экзоскелетов и глобальных вопросов продаж медицинской техники. Надеемся, что разнообразие тем трех выпусков, в совокупности, порадует заинтересованного читателя.*

*Работы выполнены научными коллективами студентов групп ЭР-15,16-19 в рамках освоения дисциплины «Введение в медицинскую электронику» и по достоинству оценены на зачетном занятии.*

*Доцент кафедры Основ радиотехники  
Жихарева Галина Владимировна*

## СОДЕРЖАНИЕ

### КАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ

А.А. Сигитов, К.В. Морозова, П.Б. Гамалиенко,  
В.П. Кириллова, Д.В. Филиппов.....4

### ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Ю.А. Колесникова, С.В. Семенова, Е.А. Медведева, В.В. Гребенникова ..... 17

### ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИЯ

Л.С. Юрцев, Р.М. Ильичев, Д.В. Ненашева,  
Е.В. Матвеева, О.С. Козырева .....49

### ДАТЧИКИ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И СИСТЕМЫ С НЕЙРОИМПУЛЬСАМИ

Е.Н. Голубева, А.А. Дергачев, Н.М. Петунин, Д.Ю. Руснак ..... 71

### ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРОВ НА ЖИВЫЕ ТКАНИ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

А.А. Ахметзянова, В.А. Березкина, П.М. Жучкова,  
А.А. Савицкий, Т.А. Симчук .....89

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

К.О. Гамов, И.А. Сукач, Ю.С. Пуликова,  
В.А. Агеенко, А.В. Обухов ..... 102

### ЭКЗОСКЕЛЕТЫ

М.Н. Сердюков, А.В. Павловский, Е.Г. Петрова ..... 115

### НЕИНВАЗИВНЫЕ ГЛЮКОМЕТРЫ

Р.С. Мясоедов, К.Ю. Рулёв, И.Б. Кондряков,  
Г.А. Алиев, Н.И. Дорогой, Л.М. Никифоров ..... 131

## **КАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ**

**А.А. Сигитов, К.В. Морозова, П.Б. Гамалиенко,  
В.П. Кириллова, Д.В. Филиппов**

В данной статье представлена основная информация о кардиостимуляторах. Целью нашей работы стало изучение принципа действия аппаратов, которые поддерживают сердечную активность. Также мы рассмотрели историю создания данного прибора и его цену на рынке. В результате нам удалось собрать всю ключевую информацию о кардиостимуляторах и изложить найденный материал в нашей работе.

### **Введение**

Трудно представить, что наука сегодня вдруг перестанет развиваться. Все современные технологии не стоят на месте, и каждый день мы можем наблюдать новые открытия и изобретения в самых разных областях нашей жизни. Человек настолько привык к развитию и усовершенствованию всего вокруг, что перестал замечать, насколько продвинулись изобретения, и какое влияние они оказывают на жизнь каждого из нас. Но самое главное, это не то что сейчас без проблем можно пользоваться мобильной связью или играть в новый гаджет, наблюдая за тем, как робот-пылесос убирает твой дом, а то, что благодаря такому стремительному развитию науки, развивается и медицина. А значит, нельзя не отметить, что эти изобретения могут спасти и продлить жизнь каждому, кто будет в этом нуждаться. В нашей статье мы будем рассказывать о таком приборе, как кардиостимулятор. По статистическим данным, более 50% смертей в нашей стране связаны с различными заболеваниями сердца, поэтому мы считаем необходимым обратить внимание людей на устройство кардиостимулятора и принцип его работы. Сердце – самый главный орган в нашем организме, который надо беречь. Кардиостимуляторы спасают жизнь людям, но для этого необходимо соблюдать ряд правил. Для того чтобы подробнее узнать, что же все-таки это за прибор, историю его развития, практическое применение, все показания и противопоказания к использованию, обратимся непосредственно к нашей статье.

## 1. Принцип работы кардиостимулятора

*Что такое кардиостимулятор?*

Чтобы ответить на этот вопрос, давайте сначала поговорим о сердце. Разберемся, из чего оно состоит и как работает. Сердце, как мы знаем - мышца, состоящая из четырех камер (рис. 1).

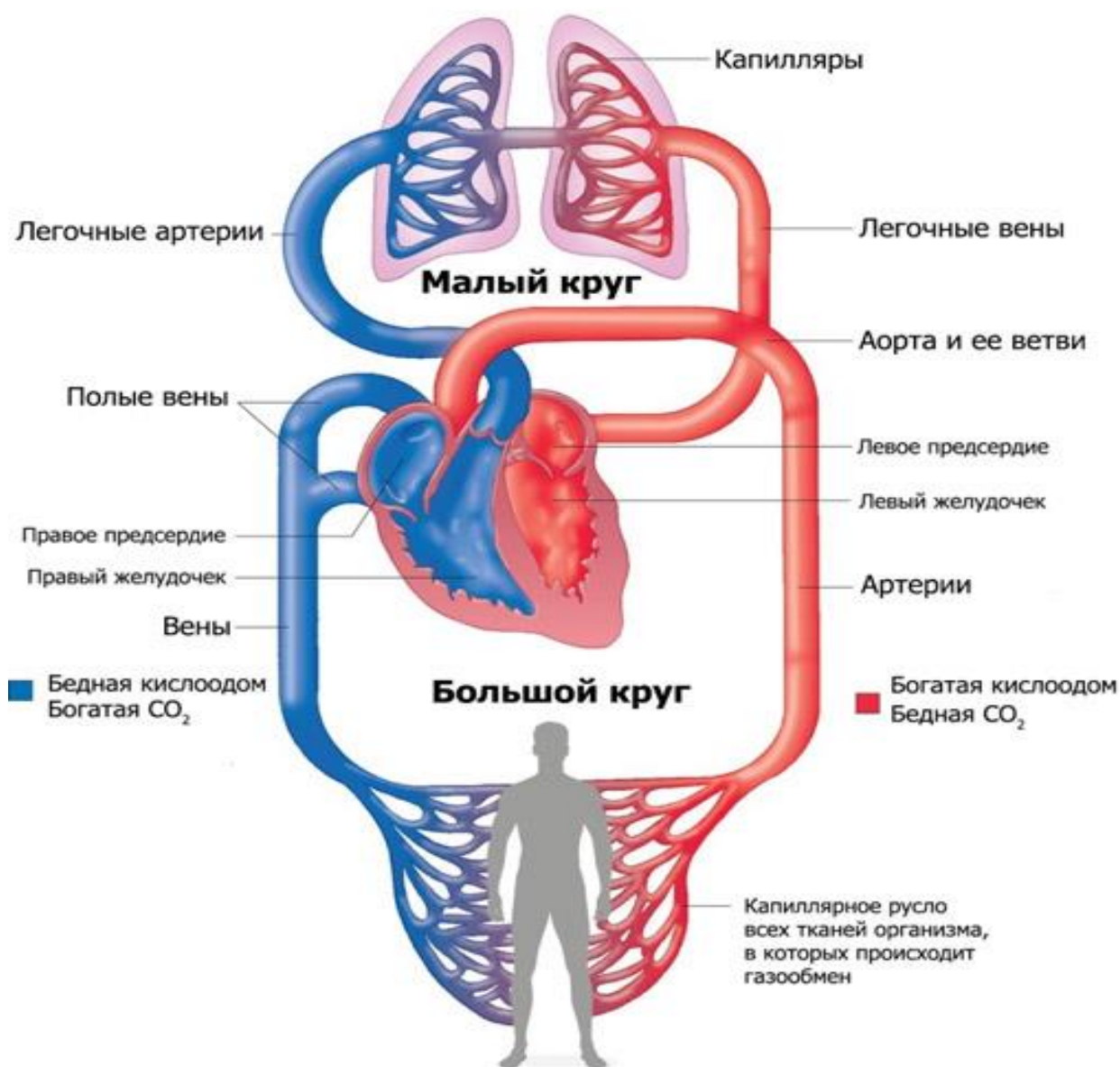


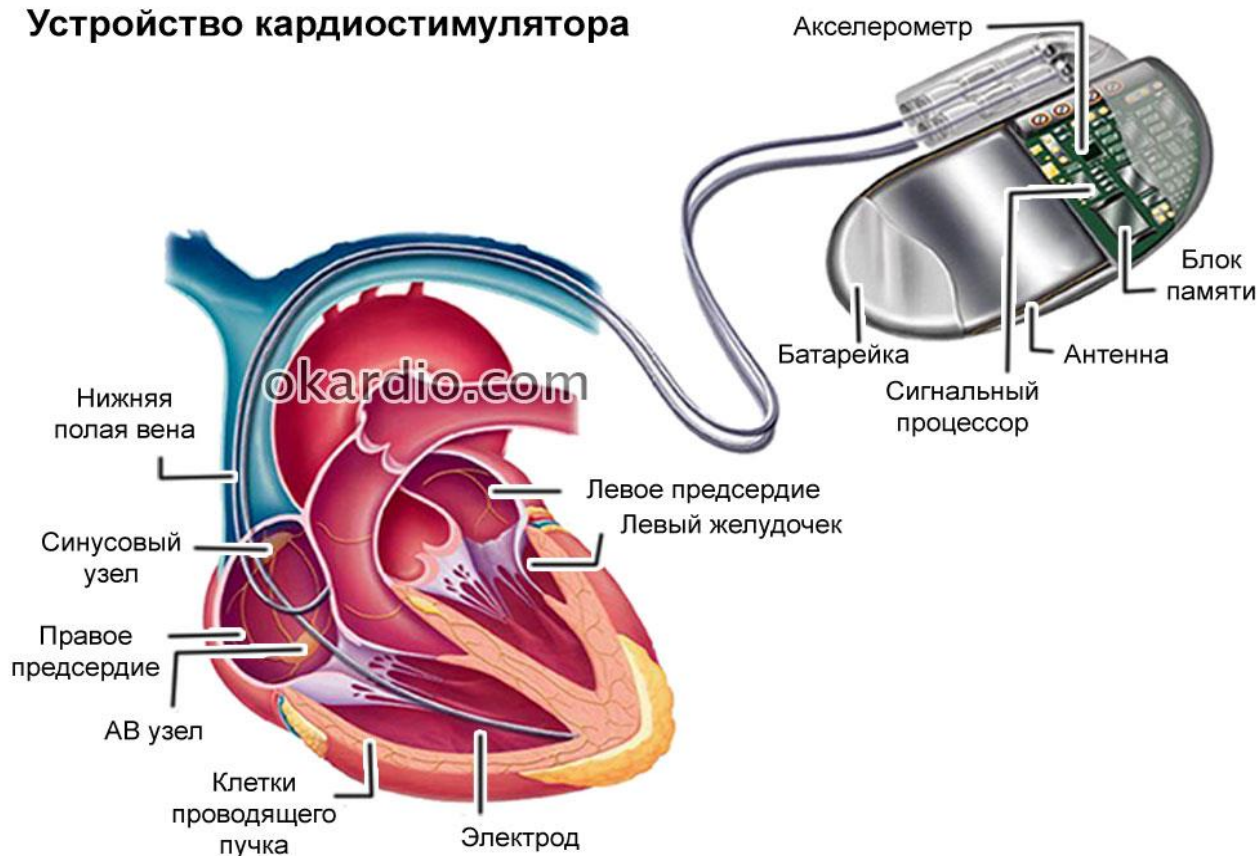
Рис. 1. Круги кровообращения

Кровь перетекает из правого предсердия в правый желудочек, а из желудочка в легкие, где насыщается кислородом (малый круг кровообращения). Если же кровь перетекает из легких в левое предсердие и левый

желудочек, а оттуда поступает в самую большую артерию нашего организма (аорту) – это есть большой круг кровообращения, по которому кровь передает кислород всему организму. При возникновении сбоя в этом процессе, используют кардиостимулятор.

*Кардиостимулятор* – это специальный медицинский прибор, который влияет на сердечный ритм человека (возвращает сердцу нормальный ритм) (рис. 2). Его основная задача – поддерживать или учащать частоты сердечных сокращений у пациента. Представляет собой малогабаритный прибор размером 3 на 6 сантиметров, весом до 50 грамм.

### Устройство кардиостимулятора



**Рис. 2. Устройство кардиостимулятора**

Кардиостимулятор должен содержать в себе:

- 1) микросхему, которая определяет необходимую частоту сердечных сокращений и генерирует импульсы.
- 2) электроды (провода), по которым передается импульс от аппарата непосредственно сердцу.

3) батарейку (аккумулятор), которая питает микросхему и электроды.

*Принцип действия электрокардиостимулятора.*

Работа кардиостимулятора зависит от конструкции прибора и болезни пациента. Большинство кардиостимуляторов имеют 3 режима работы:

1. Состояние покоя – прибор не генерирует импульсы, так как сердце работает нормально.

2. Режим активности – прибор посылает электрические импульсы через электроды к миокарду из-за нарушения сердечного ритма.

3. Режим наблюдения – прибор записывает работу сердца для того чтобы врач в дальнейшем смог провести анализ. Однако в таком режиме, ЭКС быстрее расходует заряд.

Таким образом, современные кардиостимуляторы работают по необходимости, то есть осуществляют стимуляцию сердца только при нарушении его ритма. [\[1-2\]](#)

## **2. История развития кардиостимуляторов**

Умение электрических импульсов вызывать мышечные сокращения первым отметил итальянец Луиджи Гальвани. После этого физиологи В. Ю. Чаговец и Н. Е. Введенский заявили о вероятности использования импульсов электрического тока для лечения различных заболеваний сердца, изучив их действие более подробно.

В 1927 году Альберт Хаймен создал первый в мире внешний электро-кардиостимулятор и использовал его для лечения больного с синдромом Морганьи-Адамса-Стокса (МЭС), выраженного обмороками и нечастыми сердечными сокращениями. Однако у этого прибора имелся существенный ряд минусов – находился он не в теле пациента, и импульсы проводились через кожу с использованием проводов.

В 1958 году ученые из Швеции создали имплантируемый кардиостимулятор, то есть у него полностью отсутствовала внешняя составляющая, и все элементы прибора находились под кожей больного. Правда,

срок их службы составлял всего 12-24 месяца. Впервые такой кардиостимулятор был имплантирован пациенту 43 лет Арне Ларссону с полной блокадой сердца, но спустя 3 часа после успешно проведенной операции кардиостимулятор вышел из строя, и после повторной операции и вновь сломанного стимулятора врачи решили отказаться от электростимуляции.

В период 1973-1980 производители всерьез задумались о совершенствовании источника питания кардиостимуляторов. Поскольку именно этот фактор сказывался на долговечности и надежности прибора. Также он влияет на вес и объем кардиостимулятора. В итоге было принято решение, что лучше всего использовать литиевые батареи, после ряда неудавшихся экспериментов со ртутно-цинковыми и никель-кадмиевыми аккумуляторами.

С 1983 производители решили конкурировать на новом уровне с применением двухкамерной стимуляции. Данные стимуляторы воздействуют одновременно и на желудочки, и на предсердия. У них был ряд преимуществ: более эффективная координация предсердий и желудочков и схожесть с природным сердцебиением. Но несмотря на это врачам было сложно разобраться в новых устройствах, и к тому же они были дороже однокамерных стимуляторов, преобладающих на рынке.

В период с 1990 по 1999 год произошел резкий рост количества имплантаций кардиостимуляторов, и это объясняется рядом причин: увеличения числа жителей преклонного возраста с риском аритмии, врачи научились распознавать первые симптомы таких заболеваний, как брадикардия, и могли назначить операцию вовремя. [\[3\]](#)

### **3. Виды кардиостимуляторов**

Кардиостимуляторы в основном различаются количеством отходящих от аппарата проводов. На основе этого, существуют такие виды кардиостимуляторов:

*Однокамерные.* У этого вида есть только один провод, который соединяется со стенкой правого желудочка или правого предсердия.



*Двухкамерные.* У этого вида два провода: один отходит от стенки правого желудочка, другой от правого предсердия. Такое устройство умеет проверять и активизировать две камеры сердца.

*Трёхкамерные.* Новейшие КС. Устанавливаются три электрода: в стенку правого предсердия, правого и левого желудочка. Это обеспечивает постепенную передачу возбуждения на сердечные камеры.

В современном мире технологии не стоят на месте, и кардиостимуляторы не являются исключением, существуют такие интересные разработки:

*Миниатюрный кардиостимулятор для младенцев (2018 год).* У малышей, к несчастью, тоже наблюдаются нарушения ритма сердца, и им необходимо устанавливать кардиостимуляторы. Но из-за маленьких размеров тела необходимо держать кардиостимулятор снаружи, или осуществлять сложную операцию на открытом сердце, что является очень опасным для детей. Для решения этой проблемы ученые разработали кардиостимулятор размером с монетку (диаметром один сантиметр)

*Кардиостимулятор как рисовое зернышко (2014 год).* Это устройство очень маленькое и должно находиться в сердечной мышце. Большой объем заполняет батарея, так как она должна функционировать как минимум 9 лет. А после этого срока следует провести операцию, чтобы заменить её. Решение проблемы подзарядки имплантата могло бы существенно уменьшить его размер и исключить дальнейшие хирургические вмешательства.

*Первый в мире кардиостимулятор без электродов, работающий в самом сердце (2013 год).* Недавно был сертифицирован первый в мире макет кардиостимулятора, который работает без электродов. Опытная проверка показала потрясающий результат, 98% внедрения с успехом и работы устройства. Его введение производится через вену и по времени занимает 28 минут, и всего через сутки после операции можно отправиться домой. Заряда обычно хватает на 8-14 лет.

*Первый МРТ-совместимый кардиостимулятор (2009 год).* Безусловно, КС помогает своему владельцу, но он имеет небольшой изъян. Он про-

тивопоказан для МРТ, сильное магнитное поле и высокочастотные волны могут способствовать появлению тока в своих контактах и тем самым нарушать сердечную работу. Но разработчики, к счастью, решили эту проблему. Он имеет улучшенную изоляцию контактов, и возможность переключения в режим МРТ непосредственно перед сканированием. Эти функции позволяют кардиостимулятору завершать координацию работы сердца и обрабатывать данные, а продолжать только тогда, когда нужно поддерживать сердечный ритм. [\[4\]](#)

#### **4. Показания и противопоказания к установке кардиостимулятора**

*Норма отбора пациентов для имплантации кардиостимулятора.* Главную и непосредственную роль играет сама болезнь пациента. Если по результатам ежедневного обследования регистрируется учащенное сердцебиение с симптомами, то проводится установка кардиостимулятора.

*Противопоказания к установке кардиостимуляторов.* Относительные противопоказания – любая инфекция (пневмония, эндокардит). Если есть возможность заражения устройства и его компонентов. Также, если у пациента тяжелая сердечная недостаточность, он стабилизируется необходимыми препаратами. Возможны такие случаи что имплантация кардиостимулятора невозможна из-за невозможности подключения электродов к сердцу, если такая ситуация случается, то проводится операция, вскрывается грудная клетка, и электроды пришивают непосредственно к сердцу.

Абсолютным противопоказанием является - операция по установке кардиостимулятора с высоким риском для жизни, если таких противопоказаний нет, пересадку можно проводить без относительных ограничений.

*С какого возраста можно устанавливать.* Установка кардиостимуляторов возможна в любом возрасте, но проблемы с сердцем, как правило, чаще всего возникают у пожилых людей, потому что они страдают от болезней в связи со своим возрастом. Таким образом, врач ставит временное

устройство и отправляет пациента на стабилизацию, а если все показания оказываются в норме, то выполняется установка кардиостимулятора. [5]

#### **4.1. Ограничения после установки кардиостимулятора**

После операции по установке кардиостимулятора жизнь человека заметно меняется: появляются ограничения и требования к больному. Однако полноценную жизнь вести все-таки можно.

После процедуры по установлению аппарата пациент первую неделю должен находиться под наблюдением врачей. Если данный период проходит без осложнений, а прибор работает, то пациента выписывают домой.

В течение месяца необходимо регулярно посещать кардиолога и заниматься спортом: умеренный бег, плавание, пешие прогулки. Более тяжелые физические нагрузки на данном этапе могут вызвать нарушения в работе кардиостимулятора.

Спустя месяц после установки аппарата для поддержания сердца больным, нужно не нарушать данные запреты:

- находиться в местах действия сильных электромагнитных полей (ЛЭП, электромагнитные рамки в аэропортах);
- долго разговаривать по телефону (разговаривая, нужно прикладывать к противоположной стороне от аппарата или использовать гарнитуру);
- длительно находиться в ванне или бане;
- травмировать грудную область;
- заниматься контактно-травматическими видами спорта;
- пытаться самостоятельно изменить положение прибора;
- находиться рядом с работающей СВЧ печкой;
- использовать физиотерапевтические методы лечения.

На сегодняшний день технологии достигли такого уровня, что человек с кардиостимулятором может дожить до глубокой старости, если не будет нарушать вышеуказанные запреты. [5]

#### ***4.2. Жизнь с кардиостимулятором***

Рассмотрим подробнее повседневную жизнь человека с кардиостимулятором. Несмотря на все ограничения, прибор не создает больших проблем для больного.

*Кардиостимулятор и электроприборы.* Электрокардиостимулятор игнорирует помехи со стороны электроприборов, но с мощными электрическими полями он может и не справиться. Разрешено использование почти всех бытовых приборов.

*Кардиостимулятор и медицинские исследования.* О том, что у вас есть кардиостимулятор, всегда следует говорить, особенно если выписывают назначение на лучевую терапию, диатермию, магнитно-резонансную томографию и внешнюю дефибрилляцию. Это требование также применимо к косметическим вмешательствам, связанным с электровоздействием. При ультразвуковом обследовании необходимо защищать тело кардиостимулятора от прямого луча. Не запрещается проходить флюорографию и рентген. Кроме того, рентгенография назначается, если есть подозрение, что электрод поврежден.

*Кардиостимулятор и спорт.* Требуется отказаться от травмоопасных секций: фехтования, фристайла, баскетбола, волейбола, единоборств, потому что толчки, удары в грудь или живот способны вывести кардиостимулятор из строя. Ходьба, легкая пробежка, зарядка и другие физические упражнения рекомендуются, если они не наносят вред организму и не вызывают сильного переутомления.

*Кардиостимулятор и питание.* Указания точно такие же, как для людей с заболеваниями сердца. Обычно ставят ограничение на жидкость и соль. Используют в пищу только нежирные разновидности мяса, с которых сначала удаляют большую часть жира, а с птицы кожу. Нужно стараться исключить из своего рациона: шоколад, острую пищу, копченое, жир и алкоголь. Питаться следует несколько раз в день, маленькими порциями. [\[6\]](#)

## **5. Ход операции по установке кардиостимулятора**

Многое уже было сказано об истории, работе и показаниях к установке кардиостимулятора. Но мы считаем необходимо более подробно рассмотреть имплантацию этого устройства. В этом пункте мы разберем ход операции по установке данного прибора, изучим риски, чтобы каждый, кто нуждается в подобном процессе, понимал, что его ждет.

Первое с чего начинается любая подготовка к операции, это консультация врача-кардиолога и сдача всех необходимых анализов. Только после этого можно говорить о проведении хирургического вмешательства. За сутки до операции нужно подготовить операционное поле, то есть побрить и тщательно его помыть, а не меньше, чем за 6 часов до начала пациенту запрещено употреблять пищу.

Процесс самой операции начинается с подключения человека к аппаратам, которые контролируют состояние здоровья во время ее проведения, а именно: ЭКГ, датчик артериального давления и пульсометр. После чего обрабатывают место антибактериальным раствором и закрывают все стерильным бельем. Куда же именно будет устанавливаться сам прибор, зависит от того, правой или левой является пациент, если основная нагрузка идет на правую руку, то в левую подключичную область и наоборот.

Следующий этап состоит из того, что анестезиолог дает пациенту местную анестезию (в редких случаях она проводится под общим наркозом), далее хирург делает кожный разрез параллельно ключице и формирует «карман», где будет установлен кардиостимулятор. Затем туда кладется салфетка, обработанная антисептиком, и ищется подключичная вена. В зависимости от того, какой кардиостимулятор устанавливают: однокамерный или двухкамерный, пунктируют эту вену один или два раза. После вводят пластиковую трубку, по которой проводятся электроды в различные участки сердечной мышцы. Электроды - металлические проводники, снабженные изоляцией. По завершению подключения этих электродов ко всем участкам их свободные концы соединяют с кардиостимулятором, подшивают и фиксируют с подключичными тканями.

Заключительный этап состоит из накладывания хирургом швов, обычно таких, которые сами рассасываются. В среднем вся операция длится около часа. Кардиостимулятор сразу в необходимом ритме передает сердечной мышце импульсы для ее нормального функционирования. После чего пациенту предстоит пройти реабилитацию и следить за состоянием своего здоровья. Когда батарея прибора изнашивается, проводится замена генератора пульса, в течение 5-10 лет.

Таким образом, операция не представляет рисков для жизни человека, если им занимается опытный врач, назначения которого будут строго соблюдаться. [7]

## **6. Стоимость кардиостимулятора**

В наши дни существует множество вариаций аппаратов для поддержания сердца, однако по ценовым категориям выделяют три вида кардиостимуляторов:

- 1) дорогие модели;
- 2) средние;
- 3) относительно дешевые.

Дорогие модели стоят более 100000 рублей. Они отличаются разнообразными опциями, которые в себя включают (сохранения данных, режим сна и бодрствования). Наиболее известны фирмы выпускающие данные аппараты это: Guidant (США) и Biotronic (Германия). Medtronic. Эти компании дольше всех находятся на данном рынке и имеют хорошую репутацию. Минусом кардиостимуляторов данной ценовой категории является их повышенный расход электроэнергии. Батарея истощается быстро, поэтому ее нужно менять раз в 5 лет в отличие от других типов.

Средние по цене модели стоят дешевле, их цена варьируется от 25000 до 50000 рублей. Как правило, производством данных типов кардиостимуляторов занимаются две отечественные компании: предприятие «Ижевский механический завод» («Байкал») и ООО «Кардиоэлектроника» («Юниоры»). Срок службы этих моделей на порядок выше своих зарубежных аналогов.

Дешевые модели стоят 15000-25000 рублей. Данный тип кардиостимуляторов не отвечают современным требованиям. Подобные модели обычно однокамерные и не имеют дополнительных функций. Единственный плюс этих стимуляторов - это их цена. Служат они около трех лет.

Нужно отметить, что в России цена на кардиостимуляторы не актуальна, так как больной может получить прибор по квоте, однако данная квота распространяется на модели отечественного производителя. Если же пациент захочет зарубежный прибор, то он должен купить его за свой счет, но фонд ОМС частично покроет его стоимость (в размере цены аналогового российского прибора).

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что стоимость кардиостимуляторов определяется его функциями, страной производителя и маркой. Однако стоит отметить, что пациент сам выбирает, какой тип кардиостимуляторов, он будет использовать в будущем. Стоимость имплантации прибора зависит от места проведения операции. Государственные клиники проводят данную процедуру бесплатно. В частных учреждениях стоимость операции начинается с 10000 рублей.

Таким образом, общая сумма по установке кардиостимулятора зависит от клиники и модели прибора. Если у больного нет медицинского полиса, чтобы получить квоту, либо квот нет, то минимальная стоимость процедуры составит 30000 рублей (устаревшая модель кардиостимулятора и простая операция по имплантации). [\[8-9\]](#)

### **Заключение**

Обобщив все вышесказанное, хочется сделать вывод о том, что кардиостимуляторы действительно могут спасти человеку жизнь, но только если он сам приложит к этому немало усилий. Современная наука и техника шагает вперед и не перестает развиваться, что позволяет людям даже с серьезными заболеваниями сердца не опускать руки и жить полноценной жизнью. В наши дни существуют различные виды кардиостимуляторов, которые подбираются в зависимости от заболевания, рекомендации врачей и материального положения человека. При установке этого прибора

нужно тщательно узнать о показаниях и противопоказаниях к его использованию, а также помнить об ограничениях, которые ждут после имплантации кардиостимулятора. Это совершенно неопасная операция, которая значительно продлит человеку жизнь. С каждым годом биомедицина будет только развиваться, но уже сейчас эти приборы играют огромную роль в жизни тех, кто имеет заболевания сердца.

## Литература

1. Большие и малые круги кровообращения. Медицина. Физиология сердца [Офиц. сайт]. <http://www.grandars.ru/college/medicina/krugi-krovoobrashcheniya.html> (дата обращения 21.10.2019).
2. Как работает кардиостимулятор. ARRHYTHMIA. Center [Офиц. сайт]. <https://arrhythmia.center/questions/kak-rabotaet-kardiostimulyator/> (дата обращения 15.10.2019).
3. Кардиостимуляторы: история развития. INTEGRAL [Офиц. сайт]. <http://integral-russia.ru/2016/12/20/kardiostimulyatory-istoriya-razvitiya/> (дата обращения 17.10.2019).
4. Виды кардиостимуляторов. КАРДИОС [Офиц. сайт]. <https://cardio.euroonco.ru/kardiostimulyatory-obzor-sovremennyh-modelej> (дата обращения 15.10.2019).
5. Показания для имплантации кардиостимулятора - общая концепция для пациентов. Пульс и нарушения ритма сердца [Офиц. сайт]. <https://ritmcardio.ru/pro-kardiostimulyatory/pokazaniya/> (дата обращения 15.10.2019).
6. Как жить после установки кардиостимулятора. Азбука здоровья [Офиц. сайт]. <https://azbyka.ru/zdorovie/kak-zhit-posle-ustanovki-kardiostimulyatora> (дата обращения 26.10.2019).
7. Ход операции имплантация кардиостимулятора. Пульс и нарушения ритма сердца [Офиц. сайт]. <https://ritmcardio.ru/pro-kardiostimulyatory/implantatsiya-kardiostimulyatora/> (дата обращения 08.10.2019).
8. Типы электрокардиостимуляторов и стоимость-какой ЭКС лучше. OPERABELNO.RU [Офиц. сайт]. <https://www.operabelno.ru/typy-elektrokardiostimulyatorov-eks-stoimost-kakoj-kardiostimulyator-luchshe/> (дата обращения 26.10.2019).
9. Цена на кардиостимулятор сердца. Что такое кардиостимулятор. Летопись активного образа жизни [Офиц. сайт]. <https://ivr-lv.ru/eks/tsena/> (дата обращения 30.10.2019).



## **ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ**

**Ю.А. Колесникова, С.В. Семенова,  
Е.А. Медведева, В.В. Гребенникова**

Статья посвящена изучению особенностей торговли медицинского оборудования. Рассматривается актуальность продажи медтехники как идеи для бизнеса и разбираются проблемы, с которыми может столкнуться начинающий предприниматель. Приведен топ крупнейших мировых и отечественных поставщиков медтехники.

### **Введение**

Медицинская техника – устройства, применяемые для диагностики, лечения и медицинской реабилитации, а также для проведения профилактических, санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий; предназначенные для помощи врачу при постановке и лечении заболеваний.

По мере достижения прорывов в сфере промышленного производства, науке и медицине у людей возникла необходимость разработки и совершенствования медицинской техники, способной выполнять множество задач в сфере клинической медицины, например, проводить физиотерапию, диагностику, лабораторные исследования.

### **Актуальность**

Тема продажи медтехники является очень актуальной в настоящее время. Ранее изготовленная техника устаревает, на смену ей приходят более совершенные устройства, соответствующие веку технологий. Человечество не стоит на месте, открытия, сделанные в области медицины требуют все более совершенных приборов диагностики и лечения новых или неизлечимых ранее заболеваний. С каждым годом увеличивается число частных клиник, которым необходимо новейшее и наиболее практичное оборудование, без которого уже невозможно представить современную медицину. Особенно спрос на медтехнику возрастает в период возникновения и распространения различных вирусов, инфекций или во время эпидемий.

Также особую нужду в долговечном и современном оборудовании испытывают специальные профильные учреждения, готовящие специалистов в области медицины и техники, так как вместе с растущей потребностью на медицинские услуги возрастает и нужда в персонале. Больницы и частные клиники сталкиваются с проблемой дефицита квалифицированных специалистов по обслуживанию медтехники. Прогнозы не могут не радовать поставщиков данного вида оборудования: медики утверждают, что производство медицинской техники не будет уменьшаться, оно станет развиваться и усовершенствоваться, причем стремительно и на постоянной основе, а значит и востребованность товара на мировом рынке сильно возрастет.

Но в данном бизнесе по продаже медтехники необходимо учитывать, что производство оборудования требует большого начального вклада, основные расходы пойдут на закупку качественных материалов и оплату труда высококвалифицированных сотрудников. Вложения для организации подобной компании составят не меньше 3-4 миллионов рублей.

### ***Современная медицинская техника***

Благодаря технологическому прогрессу в наше время у врачей появилась возможность провести точную диагностику заболеваний; выявить всевозможные отклонения от норм и патологии еще на ранних периодах развития плода, обнаружить заболевания на начальных стадиях при помощи техники. [1]

Наиболее важные достижения сделаны в усовершенствовании следующих аппаратов, используемых повсеместно:

- *Ультразвук и ЭКГ*

Ультразвуковые приборы незаменимы для диагностики множества заболеваний, так как с их помощью можно очень быстро обнаружить любые изменения, произошедшие в организме, и незамедлительно начать лечение. Также ультразвуковые приборы можно использовать для кардиологических и урологических исследований.

Проверить работу сердца на наличие отклонений помогает устройство электрокардиограф. ЭКГ не требует подготовки, что значительно

экономит время и дает возможность врачу незамедлительно приступить к лечению.

- *Суточные мониторы*

Суточные мониторы необходимы для постоянного наблюдения за состоянием больного. Некоторые заболевания проявляются только в определенных ситуациях, поэтому порой нужно непрерывное наблюдение за пациентом в течение нескольких часов, эту функцию выполняют суточные мониторы. Мониторинг происходит не только в ситуации покоя, но также во время движения, сна, работы, спорта, нервозности и др.

- *УЗИ: четкое изображение, точный диагноз*

Помимо быстрой постановки диагноза современное ультразвуковое оборудование позволяет повысить точность диагноза, так как выводимое на экран изображение имеет повышенную четкость. Аппараты легки в использовании, что значительно упрощает работу врача.

- *Компьютерный томограф*

Компьютерный томограф – прибор, основное назначение которого – внутреннее обследование организма пациента. Сложно представить современную медицину без использования компьютерных томографов. [2]

Использование медтехники возможно только при наличии санитарно-эпидемиологических и гигиенических документов. Оборудование должно быть надежным и безопасным.

Более того, в 21-м веке все чаще используются приборы, разработанные для облегчения медицинской деятельности, а также устройства, задача которых улучшить условия на время нахождения пациентов в лечебном заведении. К таким причисляются всевозможные типы каталок, автоматизированные перевязочные и операционные столы, приспособления для подъема и перекладывания лежащих больных, лечения обожженных и т.д.

### ***Классификация медицинской техники***

К медицинской технике относятся материалы и изделия, которые эксплуатируются врачами с диагностической, лечебной и профилактической целями.

Медицинскую технику можно разделить на следующие классы:

1) по решаемым задачам:

- аппаратура;
- инструменты;
- оборудование.

2) по медицинскому использованию приборов:

- средства измерения параметров окружающей среды и внутренних сред организма;
- диагностические медицинские приборы;
- терапевтическая аппаратура;
- средства и системы профилактических обследований;
- хирургические аппараты;
- средства замещения утраченных органов и функций;
- инструменты (механические);
- инвентарь;
- оборудование. [1]

Материалы – медицинские товары, используемое только один раз (бинты, марли, шины, повязки, нити и т.д.).

Изделия – медицинские товары, используемые многократно. Они износостойкие, так как изготовлены из прочных, долговечных материалов.

Инструменты – простые технические устройства, используемые человеком и приводимые в действие его мышечной силой.

Приборы – устройства, дающие полную картину состояния организма и помогающие в постановке диагноза больному.

Аппараты – устройства, оказывающие воздействие на организм с помощью сгенерированной энергии (тепло, световое излучение, электричество), а также устройства, призванные заменить некоторые функциональные системы организма на определенное время.

Оборудование – устройства медтехники, создающие надлежащие условия для пациента и медработника во время выполнения лечебно-диагностических процедур.

Основные, наиболее важные виды медицинской техники представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Основные, наиболее важные виды медицинской техники

п/п №	Функциональное назначение	Изделия медицинской техники
1.	Функциональная диагностика	Системы суточного мониторирования (холтеры), Суточные мониторы артериального давления, Стресс-системы, Полисомнографы, Электроэнцефалографы, Электромиографы, Спироанализаторы, Фетальные мониторы, Электрокардиографы.
2.	Медицинская визуализация	Ультразвуковые сканеры, Компьютерные томографы, Магнито-резонансные томографы, Ангиографы, Маммографы, С-дуги (мобильные хирургические рентгеновские системы), Флюороскопы, Рентгенографические системы, Комбинированные системы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ/КТ), Комбинированные системы однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ), Системы однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ), Эндоскопы.
3.	Терапия и реанимация	Аппараты для искусственной вентиляции легких, Наркозные аппараты, Наркозно-дыхательные аппараты, Инкубаторы, Системы экстракорпоральной очистки крови, Системы лучевой терапии, Системы вспомогательного и заместительного кровообращения, Дефибрилляторы, Литотрипторы.
4.	Хирургия	Лазерные системы, Лапароскопические системы, Коагуляторы.
5.	Лабораторная диагностика	Биохимические анализаторы, Иммунохимические анализаторы, Гематологические анализаторы.

## 1. Производители медицинского оборудования

К сожалению, на данный момент в России не так много производителей качественной медицинской техники. И хоть количество выпускаемой в стране продукции растет, на рынке медицинских товаров главенствуют импортные компании. Тем не менее, стоимость высококачественных и конкурентоспособных отечественных приборов значительно ниже поставляемых Америкой и Европой, которые занимают лидирующие позиции по продажам. [5]

Ниже приведены списки лучших поставщиков медтехники.

### *Топ мировых производителей медтехники:*

*Johnson&Johnson*



Транснациональная корпорация, центр которой расположен в США, занимающаяся производством диагностического медицинского оборудования и аппаратуры; более того, Johnson&Johnson также поставляет и лекарственные препараты. В ассортименте этой компании можно найти как специализированное оборудование, так и приборы для бытового применения. Основные медицинские дисциплины, для которых создается продукция корпорации: ортопедия, хирургия, офтальмология. Выручка от сбыта медтехники корпорации выходит за предел в 25 млрд долларов.

*General Electric Healthcare*



GE Healthcare является крупным американским многонациональным конгломератом, занимающимся поставкой медтехники на мировой рынок. С 2017 года компания является производителем и дистрибьютором диагностических средств и радиофармпрепаратов для методов визуализации, использующихся в медицинских процедурах. Компания предлагает красители, применяющиеся в процедурах магнитно-резонансной томографии. GE Healthcare также производит медицинское диагностическое оборудо-

вание, включая КТ-аппараты. Кроме того, она разрабатывает медицинские технологии для информационных технологий и медицинской диагностики, систем мониторинга пациентов, исследования заболеваний, открытия лекарств и производства биофармацевтических препаратов. Компания была зарегистрирована в 1994 году и работает в более чем 100 странах. GE Healthcare является дочерней компанией General Electric.

*Siemens*



Siemens Healthineers AG является материнской компанией для нескольких медицинских технологических компаний и имеет штаб-квартиру в Мюнхене, Германия.

Компания является одним из самых значимых в мире производителей медицинских устройств, необходимых для проведения исследований в лабораторных условиях: анализаторов, автоматизированных систем для лабораторий и др.

*Philip*



Philips Healthcare является подразделением компании Philips, деятельность которой нацелена исключительно на выпуск медицинского оборудования. Корпорация занимает лидирующие позиции в области следующих четырех направлений: системы визуализации, домашние медицинские решения, сервисное обслуживание, медицинская информатика и клинические системы.

*Dräger*



Компания Dräger Medical предлагает продукты и услуги, включая неотложную помощь, периоперационную помощь, критическую помощь, перинатальную помощь и уход на дому. Эта немецкая компания выпускает качественные наркозные аппараты и ИВЛ, мониторы для пациентов, а также изделия для выхаживания детей и новорожденных. Компания имеет дочерние предприятия по продажам и обслуживанию почти в 50 стра-

нах, а ее товары можно найти в клиниках и исследовательских лабораториях более чем 190 стран мира.

***Лучшие производители медицинской техники в России:***

«Кампо»



Пожалуй, самый крупный производитель отечественного кислородного оборудования, главная задача которого заключается в создании современных систем искусственного дыхания, применяемых не только в медицинских целях, но и в области космонавтики, авиации, а также используемых службами спасения и водолазами. Кроме того, компанией производятся ингаляторы и установки, применяющиеся для вентиляции легких искусственным путем. Испытания новых разработок проходят в производственном центре «Кампо». В настоящее время на предприятии работает более 450 сотрудников. Компания работает с 53 года прошлого века и до 93 года ее официальное название было следующим: «Орехово-Зуевское КБ кислородного оборудования».

«Еламед»



Деятельность компании направлена на разработку уникальных физиотерапевтических аппаратов лечения в стационарных и бытовых условиях, оборудования для дезинфекции и других изделия медицинского применения. «Елатомский приборный завод» основан в 1980 году и после того, как в 1992 году завод стал собственностью компании, все усилия были направлены на выпуск медтехники высокого качества, оборудования для проведения физиотерапии, а также специализированной мебели. У компании есть собственный научно-технический центр, на счету которого множество инновационных разработок. Медицинская техника от «Еламед» наиболее распространена на территории России и используется в 80% клиник России.



«Армед»



Еще одна российская компания, занимающаяся производством высококачественного, но при этом доступного по цене медицинского оборудования как для профессионального использования, так и для применения в быту, медицинской мебели, а также реабилитационного технического оборудования. Присутствует на рынке уже более двадцати лет. [6]

## 2. Госзаказы медицинских изделий

В таблице 2 представлены коды Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности.

Таблица 2

**Коды Общероссийского классификатора продукции  
по видам экономической деятельности**

<i>Код</i>	<i>Расшифровка</i>
32.50	Инструменты и оборудование медицинские
26.60	Оборудование для облучения, электрическое диагностическое и терапевтическое, применяемое в медицинских целях
21.20.23.110-113	Реагенты, препараты диагностические
21.20.24	Материалы клейкие перевязочные
22.19.60.111, 113	Перчатки хирургические
46.46.12	Услуги по оптовой торговле хирургическими, ортопедическими инструментами и приборами, применяемыми в медицинских целях
20.20.14.000	Средства дезинфекционные
20.59.52	Пасты для лепки; зуботехнический воск и прочие материалы на основе гипса, используемые в стоматологии; составы и заряды для огнетушителей; готовые питательные среды для выращивания микроорганизмов: сложные диагностические или лабораторные реагенты, не включенные в другие группировки
23.19.23	Посуда стеклянная для лабораторных, гигиенических или фармацевтических целей; ампулы из стекла
24.66.42.140	Среды готовые питательные для выращивания микроорганизмов
24.66.42.317	Наборы химических реактивов для лечебно-медицинских учреждений
26.70.22.150	Микроскопы оптические
26.51.51	Гидрометры, термометры, пирометры, барометры, гигрометры и психрометры
26.51.53	Приборы и аппаратура для физического и химического анализа, не включенные в другие группировки

<i>Код</i>	<i>Расшифровка</i>
33.10.15	Инструменты медицинские (шприцы, иглы, катетеры, канюли и так далее), приборы офтальмологические и прочие, оборудование и устройства, не включенные в другие группировки
32.50.13	Шприцы, иглы, катетеры, канюли и аналогичные инструменты: офтальмологические и прочие приборы, устройства и инструменты, не включенные в другие группировки

В 2016 году почти 50% рынка госзакупок составили медицинские изделия. Аналитический центр Vademecum составил список данных государственных заказов медицинских изделий и оборудования. Средства из госбюджета, идущие на закупку медицинских изделий, ежегодно входят в топ самых дорогостоящих расходов наряду с тратами на дорожное и капитальное строительство. Поэтому не трудно предположить, что государство является основным заказчиком техники у производителей и дистрибьюторов медицинских изделий. По подсчетам, проведенным MDpro в 2016 г, стоимость поставок оборудования в госучреждения превысила 265 млрд. руб., что составило более чем 71% от всего объема рынка медицинских товаров. До этого достоверных сведений о распределении государственного заказа между операторами рынка не существовало.

Результат исследований показал, что ТОП100 главных производителей медтоваров получили в сумме контракты на 110 млрд рублей (более 40% рынка госзаказа). Большую часть закупочного бюджета поделили поставщики Москвы, на втором месте – холдинговые компании Санкт-Петербурга.

Список подрядчиков медицинских изделий представлен в таблице 3.

Таблица 3

**ТОП 100 поставщиков рынка госзаказа медицинских изделий в 2016 году**

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
1	Дельрус	Свердловская область	Многопрофильные поставки	РТ-Соцтрой, СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова, Центр госзакупок Сахалинской	7,3

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
				области, Министерство экономического развития, инвестиционной политики и инноваций Магаданской области	
2	Тагор	Москва	Многопрофильные поставки	Департамент здравоохранения Москвы	6,1
3	Фармадис	Москва	Многопрофильные поставки	Департамент здравоохранения Москвы	5,6
4	Астра-77	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований	Департамент здравоохранения Москвы	5,4
5	Аквиста	Москва		Департамент здравоохранения Москвы	4,6
6	Медприбор	Санкт-Петербург	Многопрофильные поставки	Главное управление обустройства войск, Елизаветинская больница, Николаевская больница	3,2
7	Предприятия Минтруда и соцзащиты РФ	Москва	Протезно-ортопедические изделия	Региональное отделение ФСС	2,6
8	Дина Интернешнл	Москва	Многопрофильные поставки	РТ-Соцтрой, НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, РОНЦ им. Н.Н. Блохина, ЦКБ с поликлиникой	2,27
9	МК Юникс	Свердловская область	Многопрофильные поставки	Управление капитального строительства Красноярского края, Минстрой Московской области	2,26
10	Викинг	Москва	Многопрофильные поставки	Департамент здравоохранения Москвы	1,901
11	ТД «Медицина и здоровье»	Москва	Многопрофильные поставки	Гематологический научный центр, Российская детская клиническая больница, Минобороны	1,9

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
12	Гемамед	Москва	Расходные материалы	Департамент здравоохранения Москвы	1,89
13	Швабе	Москва	Многопрофильные поставки	РТ-Соцстрой	1,54
14	Вентон-медикал	Москва	Хирургические и диагностические оборудования	Минстрой Московской области, Управление капитального строительства Красноярского края, Дирекция единого заказчика Министерства здравоохранения Московской области	1,4
15	Медицина 2000	Санкт-Петербург	Оборудование и расходные материалы для сердечно-сосудистой хирургии, эндоскопии, хирургии и урогинекологии	СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова, СЗГМУ им. И.И. Мечникова	1,3
16	Проммедзакупка	Москва	Оборудование и расходные материалы для сердечно-сосудистой хирургии	ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, Красноярская межрайонная клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.С. Карповича, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (Челябинск)	1,29
17	Медицинские системы	Новосибирская область	Многопрофильные поставки	НИИ патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина	1,25
18	Паритет	Москва	Расходные материалы, томографы, рентгенологическое оборудование	Клиническая больница N 8 (Ярославская область)	1,2
19	ГМК Киль	Москва	Многопрофильные поставки	РТ-Соцстрой	1,187
20	ФК ПУЛЬС	Московская область	Расходные материалы	Аптеки Кубани, ГУП «Аптечный склад»	1,175

<b>№</b>	<b>Название компании/групп компаний</b>	<b>Место регистрации головной компании</b>	<b>Поставляемая продукция</b>	<b>Крупнейшие заказчики в 2016 году</b>	<b>Объем поставок, млрд. руб.</b>
21	Эзра	Москва	Томографы, УЗИ, рентгенологическое оборудование	Департамент здравоохранения Москвы	1,12
22	Современные медицинские технологии	Самарская область	Многопрофильные поставки	Главное управление организации торгов Самарской области	1,112
23	Экстен медикал	Санкт-Петербург	Оборудование и расходные материалы для сердечно-сосудистой хирургии	Городская многопрофильная больница N2 (Санкт-Петербург), Министерство финансов Республики Коми, Министерство по регулированию контрактной системы в сфере закупок Иркутской области	1,104
24	Клатона	Новосибирская область	Диагностическое оборудование, медицинские инструменты, расходные материалы	НИИ патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина	1,1
25	Азимут Мед групп	Санкт-Петербург	Многопрофильные поставки	НИИ оториноларингологии	1,043
26	Ортоимплант	Рязанская область	Оборудование, изделия и расходные материалы для травматологии и ортопедии а также хирургии и диагностики	Национальный медико-хирургический центр им. Н. И. Пирогова	1,041
27	Медиа сервис АБВ	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Научный центр здоровья детей. Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко	1,028
28	Региональная медицинская компания	Тюменская область	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Ханты-Мансийская окружная клиническая больница. Нагатинская окружная больница. Сургутская окружная клиническая больница.	0,98

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
29	Эра	Республика Адыгея	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Детская городская клиническая больница №1 [Краснодар]	0,97
30	Лабимпекс	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Городская клиническая больница №67 им. Л. А. Воробьева [Москва]. Морозовская детская городская клиническая больница [Москва].	0,954
31	Астролаб	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Городская клиническая больница №67 им. Л. А. Воробьева [Москва]. Диагностический центр (Центр лабораторных исследований) [Москва].	0,94
32	ЦМТ	Томская область	Стенты, кардиостимуляторы, катетеры, расходные материалы	Центра лекарственного мониторинга Ханты-Мансийского округа Югра	0,921
33	Сфера М	Санкт-Петербург	УЗИ, расходные материалы	ФАНО России, ТД РЖД	0,91
34	Фармсервис (Ромыслав)	Нижегородская область	Медицинские инструменты и расходные материалы	Нижегородская областная фармацевтика	0,906
35	Вирус меди-кал	Москва	Реагенты, расходные материалы	Тюменская областная клиническая больница №1. Красноярский крайевой центр крови №1. республиканский центр крови (Татарстан).	0,875
36	Юнона	Свердловская область	Протезно-ортопедические изделия, расходные материалы	Ухтинская городская больница №1. Республиканская клиническая больница [Дагестан].	0,87
37	Нордмед-серв-ис	Мурманская область	Многопрофильные поставки	Комитет государственных закупок Мурманской области. Мурманский многопрофильный центр	0,87

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
				им. Н. И. Пирогова ФМБА	
38	Центр биомедицинских технологий	Москва	Реагенты, расходные материалы	Красноярский краевой центр крови №1. Минздрав Свердловской области.	0,86
39	Импланта	Москва	Оборудование и расходные материалы для сердечно-сосудистой хирургии	НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний [Тюмень]. Томский НИМЦ. НПЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева	0,856
40	Базис-НН	Нижегородская область	Оборудование и расходные материалы для травматологии и ортопедии	Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр. Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н. Н. Пирогова	0,84
41	Олфокор	Нижегородская область	Хирургические инструменты, расходные материалы	Нижегородская областная фармация	0,839
42	Дагмедтехника	Республика Дагестан	Многопрофильные поставки	РТ-Соцстрой, Комитет по госзакупкам Республики Дагестан	0,83
43	Медициана	Москва	Многопрофильные поставки	Департамент здравоохранения Москвы	0,82
44	Фармснаб	Чеченская республика	Расходные материалы	Республиканская клиническая больница им. Ш. Ш. Эпендиева. Гудермесская центральная районная больница	0,817
45	Медпролайф	Москва	Оборудование и расходные материалы для сердечно-сосудистой хирургии	Контрактное агентство Архангельской области. Лечебно-реабилитационный центр Минздрава. Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н. Бурденко	0,809

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
46	Лабгарант	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	Краснодарская краевая клиническая больница №2. Клинико-диагностический центр «Здоровье» [Ростов-на-Дону]	0,8
47	Вектор-бест	Новосибирская область	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований.	СГКБ №1 им. Н.И. Пирогова. Курская областная клиническая больница	0,796
48	Торговая фирма «Кардиомед»	Москва	Стенты, катетеры, расходные материалы	Городская Марининская больница [Санкт-Петербург]. Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины	0,788
49	Грин медика	Москва	Средства реабилитации, расходные материалы	Республиканская клиническая больница им. Г.Г. Куватова [Уфа]	0,776
50	Новомед	Новосибирская область	Инструменты, лабораторное оборудование, катетеры, стенты, расходные материалы	Управление капитального строительства Республики Хакасии	0,75
51	Севкаврентген - Д	Кабардино-Балкарская Республика	Рентгенологическое оборудование	ТД РЖД. Национальная иммунологическая компания	0,73
52	Объединенная медицинская группа	Москва	Оборудование и расходные материалы для офтальмологии	МНТК «Микрохирургия глаза им. Федорова»	0,73
53	М.Л.А. Медицинские партнеры	Москва	Многопрофильные поставки	Департамент здравоохранения Москвы, Клинико-диагностический центр «Здоровье» (Ростов-на-Дону), Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова	0,726



<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
54	Хайнеманн медицин-техник	Москва	Многопрофильные поставки	Челябинская областная клиническая Больница, Ростовский государственный медицинский университет, Центр ресурсного обеспечения в сфере здравоохранения ЯНАО	0,72
55	Фармстер	Москва	Многопрофильные поставки	ГБУЗ «Медпроект»	0,714
56	Спектр СТК	Московская область	Стенты, катетеры и другие изделия для сердечно-сосудистой хирургии, расходные материалы	Российский кардиологический научно-производственный комплекс, Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА, Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины	0,714
57	Невс мед-техника	Москва	Оборудование для диагностики, анестезиологии, хирургии, лабораторное оборудование	НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, РОНЦ им. Н.Н. Блохина, ЦКБ с поликлиникой	0,71
58	Медикал групп	Санкт-Петербург	Расходные материалы	Городская поликлиника №107 (Санкт-Петербург), Новгородская областная клиническая больница	0,7
59	Биолайн	Санкт-Петербург	Лабораторное оборудование, медицинские инструменты, расходные материалы	ГНЦК им. А.Н. Рыжих Минздрава России, Центр СПИД и инфекционных заболеваний (Санкт-Петербург), Минздрав России	0,7

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
60	Ресурс М	Московская область	Стенты, катетеры и другие изделия для сердечно-сосудистой хирургии	Российский кардиологический научно-производственный комплекс, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (Хабаровск)	0,69
61	Первый элемент	Москва	Медицинские инструменты, протезы, расходные материалы	Министерство конкурентной политики Калужской области, Городская клиническая больница им. С.П. Боткина (Москва), Гематологический научный центр Минздрава	0,68
62	Эфф	Санкт-Петербург	Стенты, катетеры и другие изделия для сердечно-сосудистой хирургии	СЭФМИЦ им. В.А. Алмазова, Архангельская областная клиническая больница	0,66
63	Сантенорм	Москва	Расходные материалы	Агентства государственного заказа Красноярского края, Центр лекарственного мониторинга Ханты-Мансийского округа Югра	0,656
64	Нитек	Новосибирская область	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы	НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна	0,64
65	Альтермедика	Ленинградская область	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы, медицинские инструменты, расходные материалы	НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр	0,63
66	Русмед	Москва	Оборудование для диагностики, офтальмологии, лабораторное оборудование, расходные материалы	Минстрой Московской области	0,63

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
67	Хеликом	Москва	Лабораторное оборудование, расходные материалы	Роспотребнадзор, ННПЦЗД Минздрава России	0,623
68	ЦРМ Сибири	Новосибирская область	Катетеры, кардиологические изделия, расходные материалы	НИИ патологии кровообращения им. Академика Е.Н. Мешалкина	0,622
69	Меркатор медикал	Республика Башкортостан	Стенты, катетеры, кардиологические изделия, расходные материалы	Министерство экономического развития Республики Башкортостан	0,621
70	Зет-Мед	Новосибирская область	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы	Лечебно-реабилитационный центр Минздрава, центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова	0,62
71	Трансмед	Санкт-Петербург	Многопрофильные поставки	Санкт-Петербургский клинический комплекс Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (Пенза)	0,61
72	Р-Фарм	Москва	Расходные материалы	Областной консультативно-диагностический центр (Ростовская область), Комитет государственного заказа Вологодской области	0,6
73	Марли-МТ	Москва	Томографы, УЗИ, анестезиологическое и рентгенологическое оборудование	Дирекция единого заказчика Министерства здравоохранения Московской области, Чукотская окружная больница, Минобороны	0,6
74	Лабора	Иркутская область	Реагенты, расходные материалы	ФЦН Минздрава России (Новосибирск)	0,58

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
75	МИТ	Москва	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований	Роспотребнадзор	0,577
76	Евромакс	Москва	Речевые процессоры и кохлеарные имплантаты	Российский научно-практический центр аудиологии и слухопротезирования ФМБА, Клиническая больница №22 им. Л.Г. Соколова ФМБА	0,577
77	Васкуляр	Московская область	Многопрофильные поставки	Национальный научно-практический центр сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, Российский научно-производственный комплекс	0,575
78	БСС	Санкт-Петербург	Расходные материалы	Департамент здравоохранения Москвы, Комитет здравоохранения Санкт-Петербурга	0,57
79	Орто-сервис	Ленинградская область	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы	Санкт-Петербургский НИИ им. И.И. Джанелидзе, Контрактное агентство Архангельской области, РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова	0,57
80	ВТС	Санкт-Петербург	Многопрофильные поставки	МВД, Северо-западное окружное управление материально-технического снабжения МВД	0,567
81	ТК Медицинская техника	Москва	Речевые процессоры и кохлеарные имплантаты	Клиническая больница №122 им. Соколова ФМБА России, Хабаровский филиал научно-клинического центра	0,55

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
				оториноларингологии ФМБА России, ФГБУ Российский реабилитационный центр «Детство» Минздрава России	
82	НПО «Пневмомодуль»	Москва	Медицинские инструменты и оборудование	Оборонстрой	0,544
83	Хирон	Алтайский край	Лабораторное оборудование, расходные материалы, диагностическое оборудование	Краевая клиническая больница (Барнаул)	0,54
84	Ланцет	Москва	Расходные материалы, медицинские инструменты, диагностическое оборудование	Консультативно-диагностический центр(Бийск)	0,53
85	Мегаполис-групп	Тюменская область	Реагенты, расходные материалы	Ханты-Мансийская окружная клиническая больница, Сургутская городская клиническая поликлиника №4	0,52
86	СОЛТ	Санкт-Петербург	Реагенты, расходные материалы	Елизаветинская больница(Санкт-Петербург),Консультативно-диагностический центр для детей(Санкт-Петербург)	0,519
87	Анатомика	Республика Татарстан	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы	Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары), Городская клиническая больница №7(Казань)	0,5
88	ЦМТ Аналитика	Самарская область	Расходные материалы	Самарский областной центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями	0,5

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
89	Айболитмедсервис	Ростовская область	Расходные материалы, медицинские инструменты	Центральная городская больница города Азова, Ростовское региональное отделение ФСС	0,5
90	Медфарм	Москва	Расходные материалы	Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. В.И. Кулакова	0,5
91	Неваимплант	Санкт-Петербург	Изделия для травматологии и ортопедии, эндопротезы	СПМЦ Минздрава, НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Городская больница №40(Санкт-Петербург)	0,49
92	Деловая медицинская компания	Санкт-Петербург	Медицинские инструменты и расходные материалы	Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова, Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии (Астрахань)	0,49
93	Медицинская компания «Влаант»	Москва	Стенты, катетеры, инструменты, расходные материалы	Камчатская краевая больница им. А.С. Лукашевского, Сахалинская областная клиническая больница, Лечебно-реабилитационный центр Минздрава	0,485
94	Биовитрум	Санкт-Петербург	Лабораторное оборудование, реагенты и расходные материалы для лабораторных исследований	ННПЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, НИИ онкологии им. Петрова	0,481
95	Элтех СПб	Санкт-Петербург	Многопрофильные поставки	Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины ФМБА	0,48
96	Томскинтерсервис	Томская область	Стенты, катетеры, инструменты, расходные материалы	Томский национальный исследовательский медицинский центр, Томская областная клиническая больница	0,48

<i>№</i>	<i>Название компании/групп компаний</i>	<i>Место регистрации головной компании</i>	<i>Поставляемая продукция</i>	<i>Крупнейшие заказчики в 2016 году</i>	<i>Объем поставок, млрд. руб.</i>
97	Медснаб-групп	Москва	Многопрофильные поставки	Центр крови им. О.К. Гаврилова(Москва), Консультативно-диагностический центр №6 (Москва)	0,48
98	Юнитмедикал	Москва	Изделия для травматологии и ортопедии инструменты, расходные материалы	НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Федеральный центр травматологии ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары), Ханты-Мансийская окружная клиническая больница	0,48
99	Эр оптикс	Москва	Оборудование и расходные материалы для офтальмологии	ФАНО России, Минздрав России, Национальный медицинский радиологический центр	0,48
100	Уралимедснаб	Свердловская область	Многопрофильные поставки	Департамент госзакупок Свердловской области, Центр лекарственного мониторинга Ханты-Мансийского округа Югра	0,479

Большая часть закупочных госбюджетов относится к многоплановым компаниям, занимающихся снабжением оборудования и расходников по различным назначениям. Далее расположились подрядчики оборудования и реагентов для лабораторных тестов. Региональные и городские лечебные заведения также сыграли важную роль в приведенной статистике. Нередко клиники делают крупные заказы на комплексное оснащение, полностью обновляя оборудование.

В таблице 4 представлены лидеры дистрибуции в некоторых сегментах рынка госзаказа МИ в первом полугодии 2017 года

Таблица 4

**Лидеры дистрибуции в некоторых сегментах рынка госзаказа МИ  
в первом полугодии 2017 года**

<i>ТОП5 компаний-поставщиков</i>	<i>млн. руб.</i>	<i>Единиц продукции</i>
<b>КТ/МРТ</b>		
Азия СИБ	194,8	2
Медилэнд	191,4	3
Санте Медикал Системс	188,8	2
РСПМО	141,3	5
ТД «Медицина и здоровье»	140,4	5
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>2 749,7</b>	<b>53</b>
<b>Рентген-аппараты</b>		
Актант	157,4	11
Фармадис	156,2	9
Медицинские технологии	133,6	13
Дельрус МРЦ	99,4	9
ИМК «Инсайт»	95,1	5
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>2 572,3</b>	<b>255</b>
<b>Маммографы</b>		
ТД «Ролин»	59,8	4
Фармадис	49,3	2
АФС Медичинтехник	37,9	1
Дина Интернешнл	32,1	1
Медсервис-Регион	29,1	1
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>491,3</b>	<b>33</b>
<b>Лабораторные анализаторы</b>		
ТД «Медицина и здоровье»	52,6	37
Дельрус-ДВРЦ	29	46
Нобельфарма-Сибирь	18,6	3
Каэстра	14,9	9
Лабора	13,6	6
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>557,1</b>	<b>929</b>
<b>Реагенты</b>		
Астра-77	337,7	28 729
Мирус-Медикал	250,9	3 623
Вектор-Бест-Балтика	171,1	26 089
Северо-Западная медицинская база	170	1 989
ЛабГарант	125,1	4 043
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>8 314,8</b>	<b>2 970 236</b>
<b>УЗИ</b>		
ОРИСтехник	147,7	29
Дельрус-ДВРЦ	119,7	23
ТД «Медицина и здоровье»	103,9	31
Мед-Индустрия	97,2	8
Фармадис	96,1	13
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>2 555</b>	<b>575</b>



<i>ТОП5 компаний-поставщиков</i>	<i>млн. руб.</i>	<i>Единиц продукции</i>
<b>Балонные катетеры для коронарной и периферической ангиопластики</b>		
Стентекс	172	12887
	78,2	7 317
Олфокор	52	3 570
МПП Групп	47,2	3 526
Медторг	47,1	4 760
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>1 161,9</b>	<b>95 964</b>
<b>Периферические стенты</b>		
Медторг	63,5	443
Церебрум	54,1	90
МедПроЛайф	53,8	598
Кардиомакс	46,3	628
МПП Групп	34,5	532
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>1 111,4</b>	<b>11 592</b>
<b>Периферические венозные катетеры</b>		
Акварель	6,7	207 600
ГипФарма	5,2	280 000
Медлабпроф	3,9	28 121
Медрегион	3,1	175 200
МФК «Медфарма-Холдинг»	2	60 520
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>55,9</b>	<b>1 792 507</b>
<b>Медицинские инструменты</b>		
Тагор	66,9	95 452
ЗС	15,7	3 524
Олфокор	14,8	1 299
Кардиомакс	12,6	4 499
Технопроектъ	11,9	3 349
<b>Объем госзаказа в сегменте:</b>	<b>703,5</b>	<b>277 387</b>

### 3. Особенности торговли изделиями медицинского назначения

Компании, занимающиеся продажей медтехники – это торговые организации, которые производят сбыт товара оптовым или розничным путем.

Существует несколько особенностей в бизнесе по продаже медицинского оборудования:

Медицинская техника подлежит *обязательной сертификации*. В соответствии со статьей 1 Закона РФ от 10 июня 1993 г. № 5151-1 «О сертификации продукции и услуг» сертификация продукции – процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя (продавца, исполнителя) и потребителя (покупателя) организация

удостоверяет в письменной форме, что продукция соответствует установленным требованиям.

*Цена на медтехнику устанавливается государством в зависимости от назначения и особенностей объекта.*

Товар обязан быть *зарегистрирован*.

Существуют также особенности, зависящие от вида торговли.

Кроме того, стоит учитывать, что на основании статьи 143 НК РФ, компании поставляющие медицинскую технику вынуждены платить налог на добавленную стоимость.

Налогом облагаются следующие операции по:

1) реализации товаров (работ, услуг) на территории Российской Федерации;

2) передаче на территории Российской Федерации товаров для собственных нужд, расходы на которые не принимаются к вычету при исчислении налога на прибыль организаций;

3) ввозу товаров на таможенную территорию Российской Федерации.

Тем не менее, согласно закону, налогообложению не подлежат следующие товары:

1) важная и жизненно необходимая медицинская техника. Список можно найти в постановлении Правительства РФ от 17 января 2002 г. № 19 «Об утверждении перечня важнейших и жизненно необходимой медицинской техники, реализация которой на территории Российской Федерации не подлежит обложению налогом на добавленную стоимость»;

2) протезно-ортопедические изделия, сырьё и материалы для их изготовления и полуфабрикатов к ним;

3) технические средства, включая автотранспорт, материалы, которые могут быть использованы исключительно для профилактики инвалидности или реабилитации инвалидов. (Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2000 г. № 998 «Об утверждении перечня технических средств, используемых исключительно для профилактики инвалидности или реабилитации инвалидов, реализация которых не подлежит обложению налогом на добавленную стоимость»);

4) очки (не считая защищающих от солнечного излучения), линзы и оправы для очков. Постановление Правительства РФ от 28 марта 2001 г. № 240 «Об утверждении перечня линз и оправ для очков (за исключением солнцезащитных), реализация которых не подлежит обложению налогом на добавленную стоимость».

Также рассмотрим особенности торговли, в которой непосредственно задействованы обе стороны: и продавец, и покупатель.

В последнее время все чаще обращаются в отдел консультационных услуг для потребителей с жалобой на несоблюдение прав потребителей при продаже медицинских товаров. Чтобы избежать данной проблемы, стоит внимательно изучить нюансы покупки.

*Право на информацию.* До момента оформления контракта покупателю должен быть предоставлен официальный документ, подтверждающий необходимое соответствие товара. В нем обязаны быть: информация о названии товара; сведения о свойствах и назначении изделия, его стоимость; указание гарантийного срока и срока службы; инструкция, содержащая правила эксплуатации и т.д.

*Подтверждение соответствия.* Все медицинские товары должны быть зарегистрированы государством (Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения «Росздравнадзор»). Потребитель также уполномочен получить регистрационное удостоверение.

*Особенности реализации изделий медицинского назначения.* Товар, продающийся в аптеках, должен быть предварительно распакован для последующего тщательного осмотра, который включает в себя контроль качества и проверку на присутствие обязательной информации о самом изделии и его производителе.

Большинство поступивших жалоб направлено на изделия, приобретенные дистанционным способом. Потребители получали недостоверную информацию о полученном товаре. В таком условии покупатель не может сделать нужный выбор правильно, что нарушает права гражданина, приобретшего медицинское изделие. Это несоблюдение правил может привести к ухудшению состояния здоровья человека. Поэтому потребителю

следует с большой осторожностью относиться к покупке товаров у сторонних лиц. [8]

#### **4. Продажа медтехники. Бизнес в России.**

##### **Как начать свой бизнес в России**

На данный момент медицинское оборудование на рынке пользуется большой популярностью. Разнообразие товаров представлено фирмами российских и иностранных производителей. Нередко в торговых объектах, которые ориентированы на продажу медтехники, на прилавках можно найти такие же инструменты и аппараты, реализованные и на основе аптечных магазинов. Однако же есть и товары, которые не купить в обычной аптеке.

*Какой должен быть ассортимент товаров магазина медтехники?* Ответ на этот вопрос можно найти в документе об «Особенностях продажи лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения» (1998 год). В соответствии с этим нормативным актом, ассортимент магазина может включать такую технику, как медицинские инструменты, оборудование, приборы, аппараты, а также, текстиль, полимерное стекло и прочие материалы, без которых не обойтись при профилактике, диагностике, лечении заболеваний в домашних условиях, реабилитации и ухода за пациентами. Более того, в этих магазинах возможно продавать очки и линзы для коррекции зрения, ортопедические товары, реагенты, средства диагностики, аптечки для автомобиля или домашнего использования и другие медицинские изделия. Следовательно, разнообразие товаров на самом деле велико, что служит поддержкой для прогрессирования подобного бизнеса.

Интересен тот факт, что при учреждении такого магазина совсем не нужна лицензия, а соблюдение специализированных требований к помещению остается на усмотрение предпринимателя.

Для прибыльного бизнеса прежде всего необходимо правильно подобрать место для будущего магазина. Всегда нужно помнить, что товар будут скупать только если на него есть спрос. Причем это не должны быть

обыденные изделия, которые люди смогут купить в аптеке, ведь именно так они и поступят.

И все же нужно учитывать, что профессиональный дорогостоящий товар будет востребован только у специализированных медицинских учреждений.

Принимая во внимание этот факт, на прилавках своего магазина можно разместить некоторые товары, применяемые для восстановления и реабилитации пострадавших при пожаре, аварии или ином несчастном случае, а также запчасти, необходимые для починки медтехники, используемой людьми. При отсутствии аптеки рядом с вашей точкой, к ассортименту можно добавить и ортопедические изделия, инвентарь для массажа, тонометры и прочее. Эти изделия не найти в обычных магазинах, но они крайне востребованы у частных потребителей.

Одну из ключевых ролей в данном бизнесе играет скупка товара. Самый выгодный способ – производить оптовую закупку изделий у надежных поставщиков. В погоне за выгодой не стоит забывать, что оборудование должно быть качественным и прочным.

При открытии собственного бизнеса в сфере торговли медицинской техникой необходим крупный вклад в предприятие. Основные первоначальные затраты пойдут на приобретение оборудования, а также на арендную плату за склад и/или торговую точку. Величина этого вклада зависит от запланированных объемов продаж. Открытие даже маленького магазинчика только с самыми необходимыми товарами обойдется начинающему предпринимателю не менее, чем в 1 млн рублей. При удачном стечении обстоятельств, срок окупаемости составит от 6 до 24 месяцев активной работы магазина.

Для продвижения дел необходима и хорошая реклама. В самом начале можно проводить всевозможные акции, устраивать дни скидок для привлечения внимания покупателей. Притоку новых клиентов также способствует наличие медицинского работника, бесплатно проводящего различные тесты для выявления плоскостопия и проверки зрения.

В магазине всегда должен присутствовать высококвалифицированный персонал, разбирающийся в медицинских аппаратах и оборудовании, и который в случае необходимости может проконсультировать покупателей. В такой работе очень важен профессиональный стаж, потому лучше не нанимать людей без опыта.

В наш век информационных технологий осуществлять продажу медицинской техники можно и через сайт интернет-магазина. Данный вид торговли имеет множество плюсов как для поставщика, так и для покупателя. Предпринимателю больше не нужно искать удачное место для своего магазина, также исключается и арендная плата за него. Потребитель, в свою очередь, имеет возможность сделать заказ необходимых изделий, не выходя из дома. Не лишним в таком случае будет организовать доставку.

И все же имеются и существенные минусы:

1) большинство потенциальных покупателей – люди преклонного возраста, которые не часто пользуются такой техникой, как компьютеры и ноутбуки, и тем более они не будут искать интересующие их товары в интернете;

2) в сети можно найти множество подобных сайтов, не только отечественных, но и зарубежных, которые, как принято, являются более востребованными и известными, чем российские.

Идея бизнеса продажи медтехники в России может предполагать и такой подход, как поставка оборудования компаниям. В таком случае, необходимо превосходно разбираться в устройстве того или иного прибора, так как придется давать рекомендации клиенту. Кроме того нужно всегда знать о современных тенденциях и инновациях, чтобы иметь возможность безошибочно отвечать на любые вопросы заказчика.

Вне зависимости от подхода, для успешного бизнеса в сфере продаж медтехники, нужно вложить усилия и определенную сумму средств и приобрести соответствующие навыки работы. Данное занятие подходит исключительно для предприимчивых людей. [9, 10]

## Заключение

Товары медицинской техники совершенствуются с каждым годом, и их востребованность на рынке растет. Данная тенденция развития связана с множественными прорывами человечества в областях науки и технологий. Ни одна современная клиника не обходится без прогрессивного, сложного и многофункционального оборудования. Тем не менее, не пропадает и нужда в самых простых медицинских инструментах, используемых врачами каждодневно.

Не смотря на то, что лидирующие позиции на мировом рынке медицинских товаров занимают крупные американские и европейские корпорации, идея бизнеса торговли медицинской аппаратурой в России может стать очень выгодным занятием при надлежащем подходе. В деле навык работы с медицинской техникой будет незаменим и значительно повысит шансы на успех предприятия. [11]

## Литература

1. Великорецкий А.Н. Медицинская техника. – М.: Медицина, 1971.
2. Илясов Л.В. Биомедицинская измерительная техника: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2007. – 342 с.
3. Техническое оснащение лечебных учреждений. В 29 томах. – Том 7. – Руководство по организации закупок, технического обслуживания, ремонта и списания медицинской техники (РМТ 59498076-07-2008) / Под редакцией А.В. Милковского. – Издание второе, дополненное и исправленное. – СПб.: Медтехиздат, 2008.
4. Мэттсон Дэвид. Психология успешных продаж: Руководство для эффективных продавцов / Пер. Миронов Павел. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2012. – 200 с.
5. Деревицкий А.А. Школа продаж. Что делать, если клиент не хочет покупать? 455 приемов борьбы с возражениями. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2012. – 336 с.
6. Медицинское оборудование: поставщики и производители [Электронный сайт] (дата обращения 20.10.2019) <https://www.kp.ru/guide/meditsinskoe-oborudovanie.html>
7. Госзаказы медицинских изделий [Электронный сайт] (дата обращения 20.10.2019) [https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fvademec.ru%2Farticle%2Ftop100\\_posta\\_vshchikov\\_rynka\\_goszakaza\\_meditsinskikh\\_izdeliy\\_v\\_2016\\_godu%2F&cc\\_key](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fvademec.ru%2Farticle%2Ftop100_posta_vshchikov_rynka_goszakaza_meditsinskikh_izdeliy_v_2016_godu%2F&cc_key)
8. Особенности торговли изделиями медицинского назначения [Электронный сайт] (дата обращения 20.10.2019) [http://www.mossanexpert.ru/zpp/infoteka/?ELEMENT\\_ID=1206](http://www.mossanexpert.ru/zpp/infoteka/?ELEMENT_ID=1206)

9. Продажа медтехники. Бизнес в России [Электронный сайт] (дата обращения 20.10.2019) <https://www.openbusiness.ru/html/dop11/medthnika.html>
10. Форум бизнес-идей: Бизнес-идея: продажа и обслуживание медицинской техники [Электронный сайт](дата обращения 20.10.2019) <https://forum.su/biznes-ideya-prodazha-i-obsluzhivanie-medicinskoy-tehniki-t2519.html>
11. Компания STORMOFF [Официальный сайт] (дата обращения 20.10.2019) <http://www.stormoff.ru/brands/>



## ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИЯ

Л.С. Юрцев, Р.М. Ильичев, Д.В. Ненашева,  
Е.В. Матвеева, О.С. Козырева

### Введение

Электричество окружает нас повсюду. Мы не можем себе представить, как бы мы жили без электроприборов. Однако электричество живет не только в различной технике и оборудовании, но и внутри нас. С помощью электроимпульсов мы управляем своим телом. Электричество так же широко используется в медицине. Метод, при котором воздействуют электрическим током на определенные участки тела, называется *электромиостимуляцией*. Данный метод делится на множество методик: электрофорез, дарсонвализация, электросон и многие другие, которые зависят от некоторых факторов, речь о которых пойдет далее. Повышенный интерес к данной теме и количество интересной информации стали причиной создания данного проекта.

Понятие электромиостимуляция появилось в середине восемнадцатого века. Однако о лечебных свойствах тока было известно задолго до введения понятия – электрический ток. Древние римляне и египтяне использовали для лечения скатов, угрей, также они пользовались заряженным янтарем. Пользуясь таким методом, они лечили подагру, невроты, паралич, заболевания суставов, ревматизм и многие другие болезни. И только в конце семнадцатого века итальянский врач Луиджи Гальвани, проведя многочисленные исследования, пришел к выводу что, если воздействовать слабым электрическим током на мышцы, это приведет к их произвольному сокращению. За восемнадцатый и девятнадцатый век произошло множество открытий и уточнений, позволивших дальнейшее развитие этой сферы медицины. Одно наиболее важное открытие – это обнаружение того, что воздействие на некоторые группы мышц определенным током позволяет увеличивать их объем, тем самым увеличивая их силу и выносливость. Через несколько десятилетий это открытие позволило включить электромиостимуляцию в программу для подготовки космонав-

тов. В наше время (в отличие от прошлого века) электростимуляторы находятся в прямом доступе и надо отметить, что данные приборы пользуются большим спросом. Сейчас электростимуляторы служат не только в лечебных целях, но также и в профилактических.

## **1. Физиологическое и лечебное действие постоянного тока**

### ***1.1. Физиологическое и лечебное действие постоянного тока***

Живые ткани имеют свойство изменяться под действием электрического тока. Это свойство называют электротонем. В лечебной сфере применяют постоянный электрический ток, основываясь на особенности возбудимости тканей под катодом и анодом.

На кожу накладывают электроды. Чтобы повысить возбудимость ткани, воздействуют катодом. Мембраны становятся более проницаемыми, уменьшается их электрическое сопротивление. Увеличивается содержание гистамина, ацетилхолина, адреналина, гепарина, натрия, калия, снижается активность холинэстеразы и содержание хлора. Этот процесс называют катэлектротонем.

Если нужно снизить возбудимость ткани, воздействуют анодом. Мембраны у клеток наоборот уплотняются, увеличивается их электрическое сопротивление. Также врачи отмечают снижение отечности тканей. Этот процесс называют анэлектротонем.

Воздействуя на соответствующие кожные зоны, можно вызывать рефлекторным путем на внутренних органах такие же изменения, как и на коже.

Определенные дозы тока стимулируют функцию надпочечников, гипофиза, щитовидной железы. Благодаря этому снижается артериальное давление, улучшается крово и лимфообращение, усиливается секреторная и моторная функция пищеварительных органов, улучшение функции печени и почек. В тканях же увеличиваются содержание аденозинтрифосфат (далее АТФ), активируются процессы окислительного фосфорилирования, уменьшается содержание в крови холестерина и т.д. Под влиянием посто-

янного тока возрастает активность макрофагов и лейкоцитов, усиливается выработка антител.

Постоянным электрическим током можно воздействовать не только на кожу и органы, но и на центральную нервную систему. Такое воздействие улучшает координирующую и регулирующую функцию головного мозга. [1]

### **1.2. Гальванизация и электрофорез**

Гальванизация – это воздействие на организм человека непрерывным электрическим током небольшой силы и напряжением через наложенные на тело электроды. Применяется с лечебной или профилактической целью.

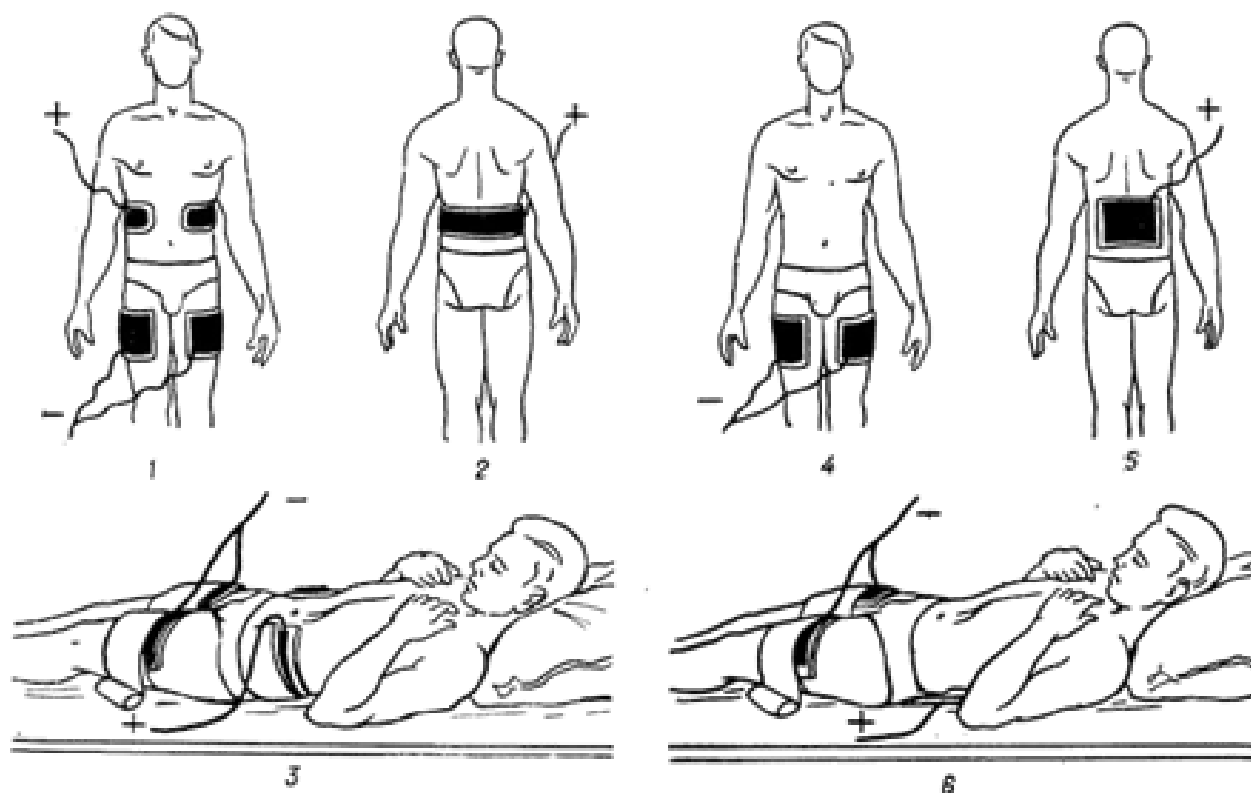
Электрофорез – метод электролечения, заключающийся в сочетающемся воздействии на организм постоянного тока и вводимых с его помощью лекарственных веществ.

Обе процедуры проводятся аппаратами, которые способны генерировать электрический ток с определенным уровнем силы напряжения. Отличие электрофореза от гальванизации – возможность применения во время физиолечения лекарственных средств, которые под действием электрического тока легко проникают в биологические ткани, оказывая выраженный, местный эффект [2].

*Особенность гальванизации (гальванического тока).* В человеческом теле содержатся сложные растворы, в которых присутствуют различные электролиты в виде положительно и отрицательно заряженных ионов. И действие гальванического тока осуществляется в виде перемещения этих ионов в электрическом поле между наложенными на тело электродами, в соответствии с их полярностью. Наиболее подвижные ионы скапливаются у клеточных мембран, из-за чего происходит изменение осмотической проницаемости мембраны. Благодаря этому также меняются кислотно-щелочное равновесие в тканях, их водный баланс, электрические потенциалы, содержание биологически активного вещества на поверхности нервного волокна, кожи [3].

*Воздействие гальванического тока на организм человека.* Вышеперечисленные действия гальванического тока вызывают местные и общие реакции организма. К местным относятся в основном реакции, наблюдаемые на кожном покрове: покраснение, отечность, повышенная возбудимость (как правило, в районе расположения катода) и эффект, противоположный предыдущему - снижение возбудимости ткани, уменьшение отечности (в области расположения анода). К общим реакциям (при малоинтенсивном воздействии) относят рефлекторные ответы организма со стороны органов и систем, принадлежащих к тому же сегменту спинного мозга, что и раздражаемая кожная поверхность.

Примеры расположения электродов на теле человека представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Примеры расположения электродов на теле человека**

При высокой интенсивности воздействия тока, воздействуя на большие рецепторные зоны, при проведении процедуры гальванизации (электрофореза) с расположением электродов на голове ответную реакцию дают лимбико-ретикулярный комплекс и кора головного мозга. В ре-

зультате чего усиливается регуляторная функция нервной системы, улучшается кровообращение и обмен веществ в мозге, активизируется процесс восстановления поврежденных нервных структур.

Терапевтические дозы тока стимулируют функцию надпочечников, щитовидной железы, гипофиза. Чаще всего наблюдаются улучшение кровообращения и лимфотока; снижение артериального давления; усиление секреторной и моторной функции желудка и кишечника; стимуляция деятельности реснитчатого эпителия, а также восстановительных процессов в соединительной и костной тканях; укрепление иммунной системы. [4]

*Особенности электрофореза:*

1) при помощи электрофореза создается высокая концентрация лекарственных веществ в патологическом очаге (особенно, если он расположен поверхностно);

2) также этот метод позволяет подводить лекарственные вещества к местам патологии, в области которых имеется нарушение кровообращения;

3) такой метод введения лекарственных веществ позволяет практически полностью обойти побочные реакции, так как они проходят к патологическому очагу в чистом виде, обходя желудочно-кишечный тракт. Их концентрация в крови невысока, а ток при этом имеет противоаллергическое и антигистаминное действие;

4) метод электрофореза обеспечивает более долгое действие лекарственного вещества;

5) такой метод введения лекарств безболезнен для пациента и в последствии не имеет повреждение кожных покровов и слизистых;

6) если вводить лекарства в ионизированном состоянии, то их действие может заметно усилиться.

*Показания к применению гальванизации и электрофореза:*

- повреждения и нарушения в работе внутренних органов, сосудов и кожи;
- болезни нервной системы;
- патологии половых органов у женщин;

- болезни зрительного аппарата.

*Противопоказания к гальванизации и электрофорезу:*

- повреждение кожного покрова;
- тяжелые проявления вегетативной дисфункции;
- онкологические заболевания;
- гипертония, гипертонические кризы в анамнезе;
- мерцательная аритмия, экстрасистолы;
- дефицит кровотока 2-3 степени;
- гипертермия;
- беременность. [4]

## **2. Импульсная электротерапия**

### ***2.1. Импульсный ток и его лечебные и профилактические свойства***

Импульсные токи – это токи с разной полярностью, их применяют с целью диагностики и лечения. Такие токи поступают к пациенту прерывисто как отдельные импульсы (порции). Лечение импульсными токами используют как часть комплексной терапии или как самостоятельное лечение.

Импульсы имеют различную форму, которую регистрирует осциллограф. Форма импульсов определяется разной скоростью увеличения напряжения после паузы и уменьшения перед последующей паузой. Импульсы следуют друг за другом равномерно или в виде периодически повторяющихся серий с паузами между ними. [5]

Существуют различные группы импульсных токов:

- Интерференционные, флюктуирующие, синусоидальные модулированные – это импульсные токи средней частоты и переменной полярности. Эти токи так же называются токами Немека. Такие токи возникают благодаря интерференции, происходящей в тканях организма, двух переменных токов с импульсной частотой 3900 Гц и 4000 Гц.

- Синусоидально модулируемый – это импульсный ток с высокой частотой и переменной полярностью. Эти токи имеют частоту до 5000 Гц и поступают после низкочастотного преобразования на электроды в виде импульсов 10–150 Гц.
- Диадинамические и тетанизирующие токи – импульсные токи постоянной полярности и низкой частоты. Частота от 5–150 Гц

## 2.2. Электросон

Электросон – метод локального воздействия импульсным электрическим током на центральную нервную систему человека.

В начале 20 века появились сведения о наступлении у животных наркотического состояния при воздействии на голову импульсными токами. Далее активное изучение влияния тока на центральную нервную систему привело к разработке электронаркоза и методу лечения электрошоком. [6]

*Физиологическое и лечебное действие.* При воздействии один электрод (катод) помещают на закрытые глаза, другой (анод) – на заднюю поверхность шеи (область сосцевидных отростков) (рис. 2). Частота импульсов, мощность и сила тока определяется в индивидуальном порядке в зависимости от диагноза.

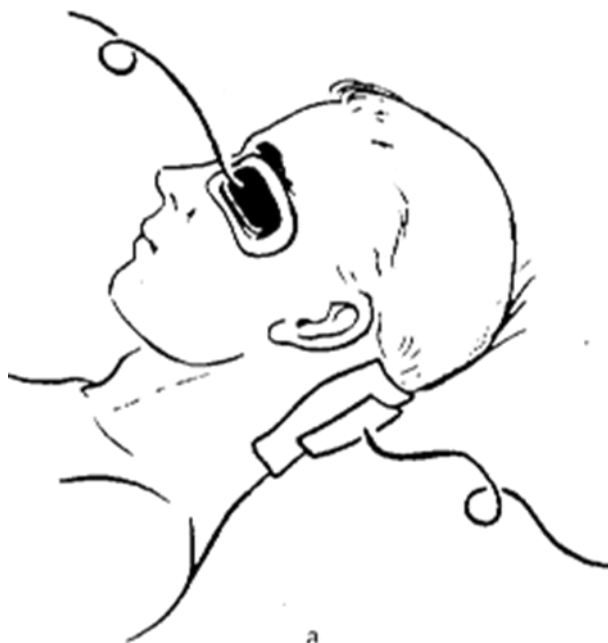


Рис. 2. Расположения электродов для электросона

Импульсные токи проникают через отверстия глазниц и непосредственно влияют на гипногенные центры ствола головного мозга (гипоталамус, гипофиз). Снижается активность образования ретикулярного вещества, результатом чего является усиление тормозных процессов: снижается рефлекторная деятельность и эмоциональная активность, наступает состояние, близкое ко сну. Данная функциональная фаза процедуры называется торможением.

Также импульсные токи возбуждают нервные проводники кожи глазниц и века. Раздражение с данной зоны рефлекторной дуги передается в подкорковые образования и в кору головного мозга. Вместе с понижением активирующего влияния ретикулярного вещества на кору, приводит к активации лимбических образований (лимбическая система отвечает за чувства и эмоции, образное мышление и бессознательные реакции).

Результатом является психофизиологическое состояние организма, при котором восстанавливаются нарушения эмоционального, вегетативного и гуморального равновесия. Функциональная фаза - активация наступает сразу после процедуры или через некоторое время, характеризуется ощущением бодрости, снижением утомления, повышении работоспособности, улучшением настроения. [6]

*Приборы для проведения данного метода. Приборы: «МДМ-101» (рис. 3), «МДМ-К», «МДМ-2000», «Трансаир».*



Рис. 3. Прибор «МДМ-101»



Аппараты «электросон» представляют собой генераторы импульсов напряжения постоянной полярности с определенной длительностью и регулируемой частотой.

Все аппараты для данного метода делятся на два вида:

- 1) переносной аппарат (для одного пациента);
- 2) стационарный аппарат (для воздействия на четырех).

*Показания к применению данного метода:*

- психические отклонения, заболевания центральной нервной системы (неврозы);
- болезни мочеполовой системы, нарушения в работе желудочно-кишечного тракта;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- вегетососудистая дистония;
- инсульт, микроинсульт;
- гормональная дисфункция;
- как часть лечения алкоголизма/наркомании.

*Противопоказания к применению метода:*

- эпилепсия;
- пороки сердца;
- вторая половина беременности;
- инфекционные заболевания;
- онкология;
- отслойка сетчатки глаза. [7].

### **2.3. Диадинамотерапия**

Диадинамотерапия (ДДТ) – метод электролечения, при котором на организм больного воздействуют низкочастотными и импульсными токами частотой 50 и 100 Гц, полусинусоидальной формы.

*Характеристика диадинамических токов*

Для повышения эффекта от лечения и снижения адаптации к нему применяют различные виды тока:

- Однополупериодный непрерывный (ОН) – ток, частота которого составляет 50 Гц, а длительность самих импульсов – 20 миллисекунд.

Такой вид тока вызывает миостимулирующий и раздражающий эффект на пациента, вызывает большую вибрацию (рис. 4).

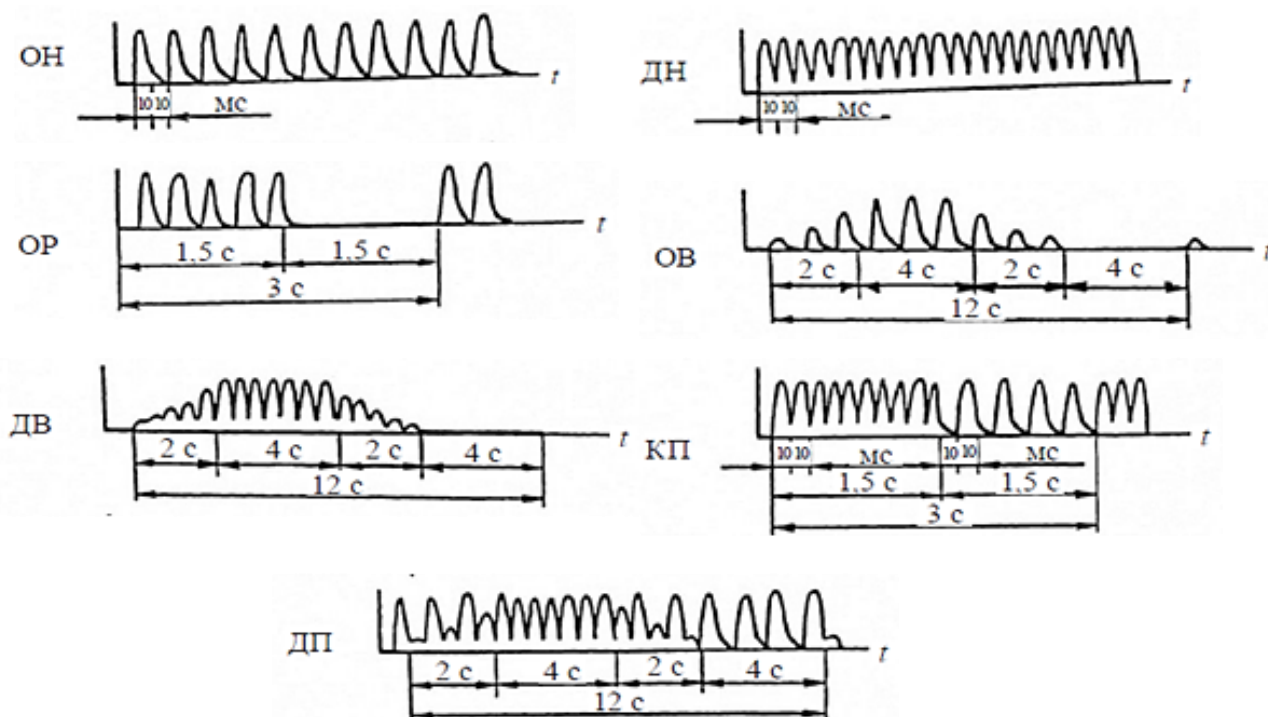


Рис. 4. Виды тока, применяемые для диодинамотерапии

- Двухполупериодный непрерывный (ДН) – ток, частота которого составляет 100 Гц, а длительность импульсов – 10 миллисекунд. Такой вид тока вызывает анальгезирующее и вазоактивное действие, вызывает фибриллярные подергивания мышц, мелкую вибрацию (рис. 4).
- Однополупериодный ритмический (ОР) – посылки тока, частота которого 50 Гц, а длительность импульсов 1,5 секунды. Импульсы чередуются с временными паузами такой же длины. Ярко выраженное миостимулирующее действие (рис. 4).
- Однополупериодный волновой (ОВ) – плавно увеличивающийся и уменьшающийся ток, частота которого равна 50 Гц, с длиной импульсов - 8 секунд. Импульсы чередуются с временными паузами, равными половине длине самих импульсов. Такой ток оказывает нейростимулирующее действие (рис. 4).

- Двухполупериодный волновой (ДВ) – плавно увеличивающийся и уменьшающийся ток, частота которого составляет 100 Гц, длительностью 8 секунд. Импульсы чередуются с временными паузами, равными половине длине самих импульсов. Такой ток оказывает нейротрофическое и вазоактивное действие (рис. 4).

- Короткий период (КП) – чередование токов с частотами 50 и 100 Гц, и длительностью серий по 1,5 секунды. Такой ток оказывает нейромюстимулирующее и анальгезирующее действие (рис. 4).

- Длинный период (ДП) – чередование тока частотой 50 Гц, длительностью импульса 4 секунды и плавно возрастающего и убывающего тока частотой 100 Гц с продолжительностью импульса 8 секунды. Такой ток оказывает анальгезирующий, вазоактивный и трофический эффекты (рис. 4). [8]

*Физиологическое и лечебное действие ДДТ.* Самым выраженным эффектом ДДТ является обезболивающий. Помимо этого, можно наблюдать усиление выброса эндорфинов, повышение активности ферментов, разрушающих медиаторы боли, увеличение уровня кининаз. Одновременно с этим в тканях уменьшается количество отеков, нормализуются трофические процессы и кровообращение, уменьшается гипоксия. Диадинамотерапию используют для уменьшения повышенного мышечного тонуса.

Диадинамотерапия уступает гальванизации в количестве поступающего в организм лекарственного вещества, но обеспечивает более глубокое проникновение лекарства. Поэтому диадинамотерапию предпочитают для лечения глубоко локализирующихся патологических очагов.

*Особенности метода.* Электроды по форме и размеру должны соответствовать площади области патологического процесса. Их стараются разместить как можно ближе к очагу. Катод помещают на болевой участок, так как он обладает большим раздражающим действием.

Вид токов, их сочетание и длительность применения указываются согласно терапевтическим задачам и видом патологии. Продолжительность процедуры составляет от 10 до 15 минут [8].

*Приборы для проведения данного метода.* Приборы: «СНИМ-1» , «Тонус-1 и 2», «Модель-717», «СНИМ-1», «Модель-717», «Радиус-01», «ДТГЭ-70-01», «Диадинамик ДД5А».

Импульсы тока в аппаратах получают частотой 50–100 Гц, с помощью однополупериодного и двухполупериодного выпрямления переменного тока.

*Показания к применению данного метода:*

- острые болевые синдромы при поражении периферического отдела нервной системы,
- патологии и повреждения опорно-двигательного аппарата,
- патологии органов пищеварения,
- патологии органов дыхания,
- хронические воспалительные заболевания мочеполовой сферы,
- заболевания уха, горла и носа,
- артрит височно-нижнечелюстного сустава, пародонтоз, зудящие дерматозы, келоидные рубцы.

*Противопоказания к применению данного метода:*

- индивидуальная непереносимость тока;
- острые воспалительные процессы;
- склонность к кровотечению;
- частые сосудистые кризы;
- высокое АД;
- наличие нефиксированных костных отломков при переломах;
- острые внутрисуставные повреждения;
- генерализованная экзема;
- тромбофлебит;
- моче- и желчекаменная болезнь. [9]

#### **2.4. Амплипульстерапия**

Амплипульстерапия – это метод лечения, при котором на пациента воздействуют переменным синусоидальным током, имеющим малую силу.

*Физиологическое и лечебное действие амплипульстерапии.* Синусоидальные модулированные токи активируют обменные процессы и крово-

обращение в тканях и органах, так же оказывают болеутоляющее действие, при повышении частоты вызывают сокращения мышц. Такая процедура безболезненна и не сопровождается раздражением и неприятными ощущениями. [10]

*Приборы для проведения данного метода.* Приборы: «Амплипульс-3 и 4», «Радиус-01», «ЭТЕР».

Аппараты создают модулированные непрерывные колебания в чередовании с паузой и импульсами других частот. Длительность импульса может регулироваться от 1 до 5 секунд. Степень выраженности можно изменять. Также с увеличением степени выраженности усиливается возбуждающее действие токов.

*Показания к применению данного метода:*

- гипертонической болезни;
- невралгии;
- язвы желудка;
- периферических парезов;
- нарушений функции желчных путей и желчного пузыря;
- хронических заболеваний органов дыхания;
- сахарного диабета;
- артрита;
- артроза;
- простатита;
- мочекаменной болезни.

*Противопоказания к применению данного метода:*

- обширные кровоизлияния;
- острая гнойная инфекция;
- гипертоническая болезнь;
- хроническую недостаточность кровообращения;
- хроническая ишемическая болезнь сердца. [11]

### **2.5. Электродиагностика и электростимуляция**

Электродиагностика – исследование, при котором воздействуют электрическим током на нервно-мышечный аппарат и изучают его возбудимость.

*Физиологические особенности электродиагностики.* Ответная реакция раздражения электрическим током будет различной, в зависимости от того, в каком состоянии находятся мышца и нерв. Электродиагностика может с легкостью показать насколько сильно повреждены нервы и мышцы и в чем выражены эти повреждения.

Надо отметить, что при раздражении неповрежденной мышцы, нерва тетанизирующим (импульсным) током происходит сокращение, которое продолжается в течение всего времени воздействия тока. Порог возбудимости – это та сила тока, при которой вызываются слабые сокращения мышц. Сила тока порога возбудимости носит название реобаза. Реобаза в электродиагностике составляет 4-8 мА.

Определение степени повреждения нервно-мышечного аппарата зависит от результатов наблюдения. Если во время наблюдения происходят количественные изменения, т.е. происходит увеличение или уменьшение порога возбудимости или ее полная утрата, то значит степень повреждения легкая. В противном случае (при серьезных повреждениях) помимо количественных изменений происходит изменение качества сокращений, они становятся вялыми, мышцы быстро истощаются. Это помогает врачам достаточно быстро определить степень повреждений и принять необходимый курс лечения [12].

### **2.6. Электростимуляция**

Электростимуляция – метод, при котором используется импульсный ток для укрепления, восстановления поврежденных мышц.

*Физиологическое и лечебное действие электростимуляции.* При проведении данного метода происходит чередование времени покоя и времени подачи серии импульсов.

Электростимуляция и гальванизация очень похожи. Однако значительным отличием является то, что в результате достаточно быстрого

увеличения силы тока процессы, такие как диффузия и осмос, не могут компенсировать нарушения концентрации ионов в тканях. Следствием этого является возбуждение клетки.

Электростимуляция усиливает крово- и лимфообращение, производит стимуляцию мышц внутренних органов, что приводит к улучшению их деятельности. Импульсные токи, используемые при проведении данного метода, помогают увеличить выделение секретов и гормонов, улучшить моторную функцию органов, а также улучшает функции плохо работающих сфинктеров. Широко применяется в качестве блокады болевых сигналов. Этот метод признан более полезным в отличие от химических препаратов, снижающих боль, так как не имеет побочных эффектов. [13]

*Приборы для проведения данного метода.* Приборы: «Нейропульс», СНИМ, «Myodyn», «ERGON», «Стимул», «Элем-1», «Миоритм-080», «Neuroton» (рис. 5).



**Рис. 5. Прибор для электростимуляции**

*Показания к применению электростимуляции:*

- определенные виды парезов и параличей;
- атрофия мышц;
- болезни суставов;

- применяется для лечения всех видов недержания;
- после операций и переломов для восстановления мышц;

*Противопоказания к применению электростимуляции:*

- аритмия;
- артериальная гипертензия;
- варикоз;
- переломы;
- частые сосудистые кризы. [13]

*Связь между электродиагностикой и электростимуляцией.* Электродиагностика и электростимуляция тесно связаны между собой. Прежде чем применять электростимуляцию, проводят электродиагностику, которая покажет дозировку, т.е. определит параметр электрического тока. Электростимуляция дозируется:

- 1) по силе электрического тока (до 50 мА);
- 2) по форме, частоте и продолжительности импульсов;
- 3) по длительности процедуры (минимум 5 минут, максимум 25 минут);
- 4) по частоте применения;
- 5) по количеству процедур на курс лечения (количество процедур может варьироваться из-за раздражающего кожу действия электрического тока).

### **3. Высокочастотная электротерапия**

#### **3.1. Дарсонвализация**

Дарсонвализация – способ электролечения высокочастотным импульсным током (от 100 до 400 кГц). Он применим ко всему организму, и используется во многих медицинских направлениях. Этот метод был открыт в 1981 году физиологом Ж.А. Д'арсонвалем.

*Физиология дарсонвализации.* Как правило, применяется стеклянный электрод, которым бесконтактно или контактно воздействуют на определённые участки кожи, при необходимости перемещая по её поверхности. Во время процедуры между этим электродом и кожей возникает разряд,



интенсивность которого зависит от силы тока, подаваемой на электрод, расстояния от электрода до кожи пациента, а также площади поверхности электрода. [13]

*Лечебное действие.* Главными лечебными действиями дарсонвализации является улучшение кровообращения, улучшение метаболизма кожи, снижение болевых очагов в областях проведения процедуры, ускоренное затягивание небольших ран, регенерация, уменьшение напряжения мышечных волокон.

На рис. 6 представлены электроды для дарсонвализации.



**Рис. 6. Формы стеклянных электродов для дарсонвализации (слева на право): гребешковый, ректальный, точечный, грибовидный, бородавочный, спинной, десенный, носовой, ушной, голенной)**

*Приборы для применения дарсонвализации.* Как правило, для проведения данного метода используются аппараты серии «Искра»: «Искра-1», «Искра-2» (ДАР-1-02), «Искра-3» (ДАР-25-3). Обычная рабочая частота которых около 110 кГц. Помимо вышеперечисленных часто используются портативные аппараты «Импульс-1», АД «Блик» и «Корона-М» (рабочая частота которых порядка 50–60 кГц). Данные аппараты разрешены для использования в домашних условиях.

*Показания к проведению дарсонвализации:*

- кожные заболевания;
- воспалительные процессы на кожной поверхности, зуд;
- патологии периферической и центральной нервных систем;

- выпадение волос, ресниц;
- раны, не заживающее продолжительное время;
- сердечно-сосудистые заболевания.

*Противопоказания:*

- злокачественные опухоли,
- кровотечение,
- туберкулёз,
- сердечно-сосудистая недостаточность,
- личная непереносимость электрического тока.

### **3.2. Ультратонотерапия**

Ультратонотерапия (ТНЧ-терапия) – метод лечения током надтоновой частоты.

*Особенности метода.* Основа механизма - влияние на организм переменным током, имеющим высокое напряжение и частоту, небольшую силу.

ТНЧ-терапия похожа на метод Д'арсонваля. Однако в ультратонотерапии более выражены устранения воспаления и боли, тепловая энергия сохраняется дольше, и процедура меньше раздражает кожу.

*Физиологическое и лечебное действие.* К участкам воздействия подводится стеклянными вакуумными электродами, которые накладываются на кожу. Суть метода - стимулирующее влияние на рецепторы кожи, что происходит за счет слабого газового разряда.

Во время процедуры образуется озон, вследствие чего замедляется развитие микроорганизмов на кожном покрове. Таким образом достигается бактериостатический эффект.

Энергия электрического поля поглощается главным образом в тканях, которые плохо проводят электрический ток. Молекулы, имеющие одинаковые по величине и различные по знаку заряды (имеющие дипольную структуру), поворачиваются по своей оси в связи с изменением полярности электрического поля. При высокой частоте дипольные молекулы не успевают совершить полный поворот, а только колеблются. К слову, будет наблюдаться эффект резонанса - колебаться будут больше те моле-

кулы, частота которых совпадает с частотой электрического поля. Так, за счет смещения в основном белковых молекул, обусловлено преобразование электрического поля в тепловую энергию.

Ультратонотерапия вызывает ряд положительных эффектов в организме: расширение кровеносных и лимфатических сосудов; снижение воспаления, восприимчивости нервных окончаний (как следствие уменьшение боли); устранение повышенного тонуса мышечных волокон; бактерицидное действие [14].

*Приборы для проведения данного метода.* Применяются аппараты, способные генерировать незатухающие синусоидальные колебания с высоким напряжением и частотой. Электроды представляют собой стеклянные вакуумные баллоны с инертным газом (могут также быть безвакуумными).

*Показания к применению данного метода:*

- расстройства нервной системы, черепно-мозговые травмы;
- долго незаживающие раны, язвы;
- стоматологические болезни;
- болезни органов мочеполовой системы;
- дерматологические заболевания;
- болезни прямой кишки;

*Противопоказания к методу:*

- беременность;
- доброкачественные образования;
- открытая форма туберкулеза;
- наличие имплантированного кардиостимулятора;
- онкологические заболевания;
- непереносимость электрического тока. [15]

### **3.3. Диатермия**

Диатермия представляет собой метод электролечения, суть которого заключается в воздействии на тело пациента высокочастотным переменным электрическим током с силой 3 А.

*Физиологическое и лечебное действие.* При прохождении тока по организму, он вызывает взаимное трение и колебательное движение клеточных частиц, несущих электрический заряд, что приводит к повышению температуры кожи и внутренних органов. [16]

Диатермия приводит к возникновению активной гиперемии органов, внутренних и наружных тканей, вследствие чего улучшается кровообращение, усиливаются обменные процессы, функции почек, снижается возбудимость периферической и центральной нервных систем. Все эти свойства дают нам понять, что данный метод электролечения можно применять в качестве противовоспалительного, болеутоляющего, спазмолитического и десенсибилизирующего действия. [17]

*Показания и противопоказания:*

- хронические воспалительные процессы;
- заболевания с выраженными болями;
- ангиоспазмах.

*Противопоказания к применению данного метода:*

- туберкулез;
- острые воспалительные процессы;
- склонность к кровотечениям;
- при нарушении чувствительности к температурам.

### **Заключение**

Люди, живущие в 21 веке, подвергаются некоторым факторам, которые вредят нашей нервной системе и жизненно важным органам. К таким факторам можно отнести: ненатуральные продукты питания, плохую экологию, большое количество информации, большую зашумленность. Конечно, фармацевтика не стоит на месте, и сейчас появляется все больше и больше препаратов воздействующих на нашу нервную систему и препаратов от заболеваний жизненно важных органов. И, к сожалению, многие люди не знают, что есть альтернатива таблеткам – электромиостимуляция. Плюсы электромиостимуляции: точечность, отсутствие аллергических реакций (за исключением редких случаев), дешевизна метода, до-

ступность. Конечно, утверждать, что с помощью электромиостимуляции можно вылечить все, глупо. Но все-таки, прежде чем вы пойдете в аптеку за лекарствами, которые вам выписал врач, спросите у врача, есть ли альтернатива этим препаратам в физиотерапии.

## Литература

1. Козлова Л.В., Козлов С.А., Семененко Л.А. Основы реабилитации для медицинских колледжей. Ростов-на-Дону: Феникс, 2012.
2. Беленький М.С. Физиотерапия. Техника и методика. Киев: Государственное медицинское издательство УССР, 1941.
3. Самойлов В.О. Медицинская Биофизика. С-Пб.: СпецЛит, 2013.
4. Понятие гальванизации в физиотерапии. Сайт Phisioterapia.ru. URL: <http://phisioterapia.ru/vidy/drugie/galvanizatsiya-v-fizioterapii-pokazaniya-i-protivopokazaniya/> (дата обращения 23.10.2019)
5. Духин С.С., Дерягин Б.В. Электрофорез. М: Наука, 1976.
6. Лукомский И.В., Сикорская И.С., Улащик В.С. Физиотерапия. Лечебная физкультура. Массаж: учебник. Минск: Вышэйшая школа, 2010.
7. Иларионова В.Е., Симоненко Б.Б. Современные методы физиотерапии. М.: Медицина, 2007.
8. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Физические основы физиотерапии. М.: Медицина, 2006.
9. Бирюков А.А. Физиотерапия. Лечебная физкультура. Массаж: учебник. М.: Издательский центр «Академия», 2004.
10. Ракита Д.Р., Урясьева О.М., Ушмаров А.К. Общая физиотерапия. Рязань: Рязанский государственный медицинский университет, 2006.
11. Самохин А.В., Готовский Ю.В. Электростимуляционная диагностика и терапия по методу Р. Фолля. М.: Имедис, 2006
12. Стельмашонок В.А., Владимирова Н.В. Дисциплина: Медицина. Основы реабилитации. Минск: РИПО, 2015.
13. Лекции и практики по ВНБ, РУДН, 1 семестр, Физиотерапия и физиопрофилактика. Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Сайт StudFiles (файловый архив студентов). URL: <https://studfile.net/preview/1154060/page:2/> (дата обращения 30.10.2019).
14. Ультратонотерапия в физиотерапии и в неврологической практике. Сайт NEURODOC.RU. URL: <http://neurodoc.ru/terapiya/fizio/ultratonoterapiya.html> (дата обращения 25.10.2019).

15. Ультратонотерапия (показания и противопоказания). Сайт: Phisioterapia.ru. URL: <http://phisioterapia.ru/vidy/drugie/ultratonoterapiya/> (дата обращения 1.11.2019).
16. Абрамович С.Г., Машанская А.В. Клиническая физиотерапия в неврологии. Иркутск: РИО ГБОУ ДПО ИГМАПО, 2012.
17. Третьякова Н.В. Лечебная физкультура и массаж. Екатеринбург: РГППУ, 2013

## ДАТЧИКИ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И СИСТЕМЫ С НЕЙРОИМПУЛЬСАМИ

Е.Н. Голубева, А.А. Дергачев,  
Н.М. Петунин, Д.Ю. Руснак

В данной работе рассмотрены устройства и датчики, использующие метод электромиографии. Целью работы было изучение принципа работы, актуальности и важности использования датчиков электромиографии. В результате были проанализированы существующие решения, проведено сравнение с другими способами получения информации человеческого тела и рассмотрен рынок устройств, использующие данные датчики. Проанализированы перспективы развития и будущее метода ЭМГ.

### **Введение**

*Данная работа посвящена исследованию группы устройств – Датчиков мышечной активности или по-другому датчиков ЭМГ. ЭМГ – это аббревиатура, которая расшифровывается как электромиография. ЭМГ датчики позволяют фиксировать сокращение мышц. Считывание положение мышц может потребоваться в самых разных задачах, как просто ради наглядности того, что в мышцах есть электрический ток, так для управления чем-либо. В интернете немало роликов, где при помощи этих датчиков изобретатели управляют роботизированной рукой.*

*Актуальность.* Техническая среда является сегодня способом существования человека и человечества. Это видно по развитию интернет технологий и цифровизации всех отраслей жизни, по созданию все более сложных машин, работающих в промышленности и медицине, диагностических комплексов различного назначения, устройств облегчающих и технологизирующих производство, быт и здоровье людей. Современный мир технических устройств, в т.ч. высокотехнологичных медицинских приборов позволяет расширить возможности человека и восполнить его биологическую недостаточность. Применение таких устройств внедряется не только в профессиональную медицину, спорт, но и в повседневную жизнь людей, их быт.

Актуальность применения ЭМГ датчиков и систем с нейроимпульсами демонстрируют следующие примеры:

1. *Стоматология, челюстно-лицевая хирургия, неврология.*

Пример: Электромиографический датчик и мобильное приложение для диагностики и оценки течения бруксизма, височно-нижнечелюстного синдрома и других нарушений работы зубочелюстной системы. [1]

2. *Спортивная медицина* (контроль и профилактика – неправильная техника выполнения спортивных упражнений оказывает вредное воздействие на организм, грозит повреждениями тканей, органов и систем, необходим контроль). [2]

Пример: Применение электромиографии для анализа техники стрельбы спортсменов высшей квалификации.

3. *Реабилитационная медицина.* Во всем мире ведутся разработки по созданию устройств, позволяющих вернуть утраченные в результате травмы или болезни функции.

Пример: Создание искусственных конечностей и экзо скелетов, управляемых с помощью мозговой активности.

Пример: Нейроимпульсная решетка и бионический протез – умная механическая система для повышения качества жизни людей с нарушениями двигательных функций. [3]

4. *Неврология, ортопедия и кинезиология, физиотерапия, косметология: диагностика и лечение.*

Электромиография имеет минимальные противопоказания и может применяться для диагностики и лечения проблем, возникающих в мышечной ткани. По этому, метод ЭМГ достаточно популярен после травм и для выявления динамики на протяжении лечения заболевания. С помощью ЭМГ-диагностики возможно точно установить место повреждения нервного волокна. Метод дает точные данные о причине дисфункции в нервной ткани. Применяется такое исследование также при протезировании суставов, чтобы анализировать скорость восстановления двигательной активности.



Электромиография – это метод диагностического исследования, который исследует биоэлектрические потенциалы, образующиеся в мышечной ткани, когда идет возбуждение нервов. При проведении электромиографии используют аппарат электромиограф. Он усиливает и регистрирует биопотенциалы мышечной и нервной системы. Используемое современное компьютерное оборудование, способное зафиксировать даже незначительные электроимпульсы, которые считываются на автомате, а в дальнейшем производится спектральный анализ полученной информации. [4]

*Цели работы*, в рамках теоретического исследования, используя материалы, доступные в открытых источниках – СМИ, научной литературы:

- изучить устройство и принципы действия Датчиков мышечной активности и систем с нейроимпульсам;
- перечислить и дать краткое описание наиболее часто применяемых устройств на основе ЭМГ датчиков и систем с нейроимпульсами и способов их применения;
- перечислить и дать краткое описание аналогичных устройств, работающих по другим принципам;
- сравнить устройства на основе ЭМГ датчиков и систем с нейроимпульсами и аналогов.
- описать области современных разработок, какие задачи ставятся в народном хозяйстве (медицине), какие исследования ведутся, что ожидают. Прорывные решения. Возможности для развития, предположения об использовании авторами работы для телемедицинских систем и комплексов телеметрии и мобильных госпиталей) [5-6]

## **1. Принцип действия датчиков мышечной активности**

### **1.1. Физиологическая основа**

Импульсы электрических потенциалов постоянно возникают в мышцах. Физиология мышц связана с прохождением электрического импульса к ним от нервов. Именно этот сигнал вызывает их сокращение. При различных патологиях работы головного или спинного мозга, а также при

повреждении нервов или мышечных волокон прохождение импульсов может быть нарушено. Это заметно по изменению их амплитуды и длительности, снижению числа импульсов или же появлению их в покое. [7] Для считывания этих импульсов используются специальные электроды. Электрические импульсы считываются с помощью электродов, обрабатываются программно-аппаратными средствами и представляются в виде электромиограммы для дальнейшей визуализации. Существует два типа электромиограммы: суммарная и отдельных двигательных единиц. Двигательная единица состоит из мотонейрона, аксона и мышечных волокон. В двигательную единицу может входить несколько мышечных волокон. Так, в одной двигательной единице, входящей в икроножную мышцу, мотонейрон содержит около 1600 мышечных волокон. В мышцах глаз в одну двигательную единицу входят 5 – 10 волокон. Для осуществления тонких, точных движений используется малое количество двигательных единиц. У скелетных мышц, зачастую, в одном мышечном волокне находится один нервно-мышечный синапс. Обычно каждое мышечное волокно входит в одну двигательную единицу. Даже слабое напряжение мышцы требует возбуждения некоторого количества мотонейронов, поэтому при любом напряжении мышцы, в каждом участке могут быть возбуждены волокна, которые принадлежат различным двигательным единицам. При этом электрические потенциалы в отдельных двигательных единицах появляются не одновременно, а с разной степенью запаздывания одна относительно другой. Вычислено, что число синхронно работающих двигательных единиц составляет от 2 до 18% от общего числа возбуждённых двигательных единиц в мышце. Когда мышца максимально сокращена, то эта доля доходит до 30%. Поэтому, в норме суммарная электромиограмма является результатом как синхронно, так и асинхронно работающих двигательных единиц. Таким образом, график суммарной электромиограммы представляет собой результат алгебраического суммирования электрических потенциалов. Число импульсов, спайков может изменяться от нескольких до 300 в секунду, амплитуды от 150 до 6000 мкВ. Длительность отдельных колебаний потенциала мышцы составляет от 2 до 36 мс. Частот

ты импульсов 10 – 30 Гц и при сильных напряжениях до 50 Гц. Пример электромиограммы показан на рисунке 1.1. [8].

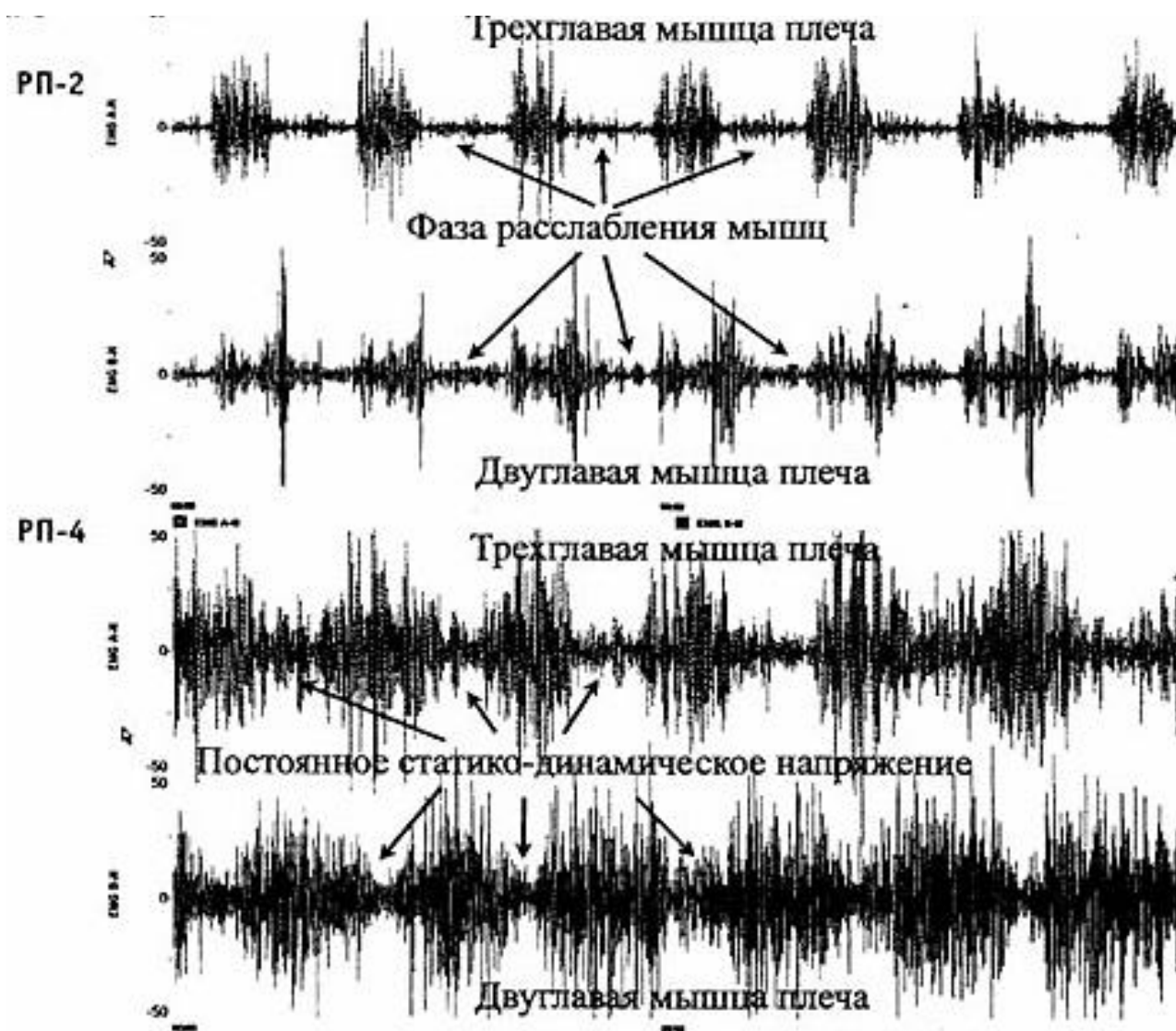


Рис. 1.1. Электромиограмма разных видов мышц

### 1.2. Физический принцип

Зачастую датчики электромиографии состоят из следующих частей:

- электроды;
- усилитель сигнала;
- фильтр сигнала, для удаления шума;
- обработчик сигнала.

Для лучшего понимания способа устройства датчика рассмотрим датчик ЭКГ/ЭМГ, AD8232. Датчик позволяет получать, усиливать и фильтровать слабые биопотенциальные сигналов в условиях сильных помех. AD8232 включает в себя двухполюсный фильтр высоких частот и операционный усилитель, который усиливает и фильтрует сигналы. Его применение позволяет использовать технологию многополюсной низкочастотной фильтрации для удаления шума линии и других помех. Датчик подключается с помощью трёх поверхностных электродов. [9]

Подключение датчика осуществляется так, как показано на рисунке (рис. 1.2). Так как даже в расслабленном состоянии в мышце протекают биотоки, то требуется опорное значение, относительно которого будет происходить анализ, считанных значений. Для этого используется опорный электрод. Опорный электрод следует закреплять на участок наименьшего сокращения мышцы, то есть в точке крепления мышцы к скелету.

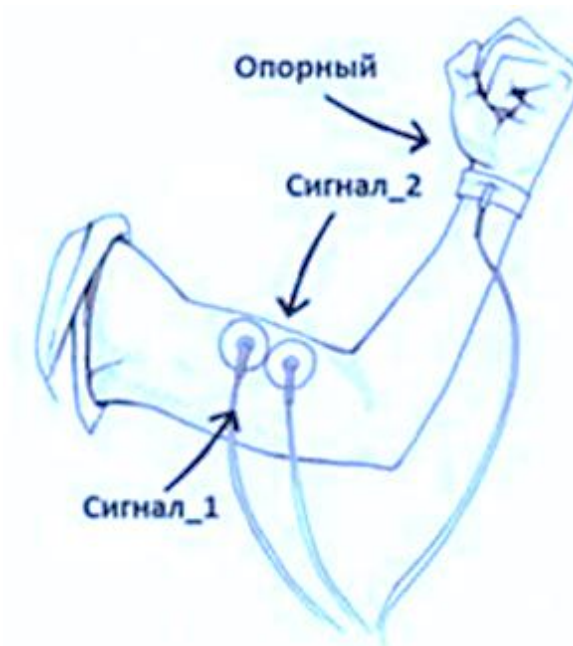


Рис. 1.2. Способ крепления датчика

### 1.3. Типы электродов

Для получения значений используются контактные датчики, а именно электроды. При считывании данных важна форма электродов, так

как считываемые значения напрямую зависят от их способа крепления, формы, размера.

Существует множество различных типов электродов рис. 1.3, из основных:

- А: поверхностный раздражающий электрод,
- Б, В: накожные отводящие электроды,
- Г: концентрический,
- Д: биполярный,
- Е: мультиэлектрод.

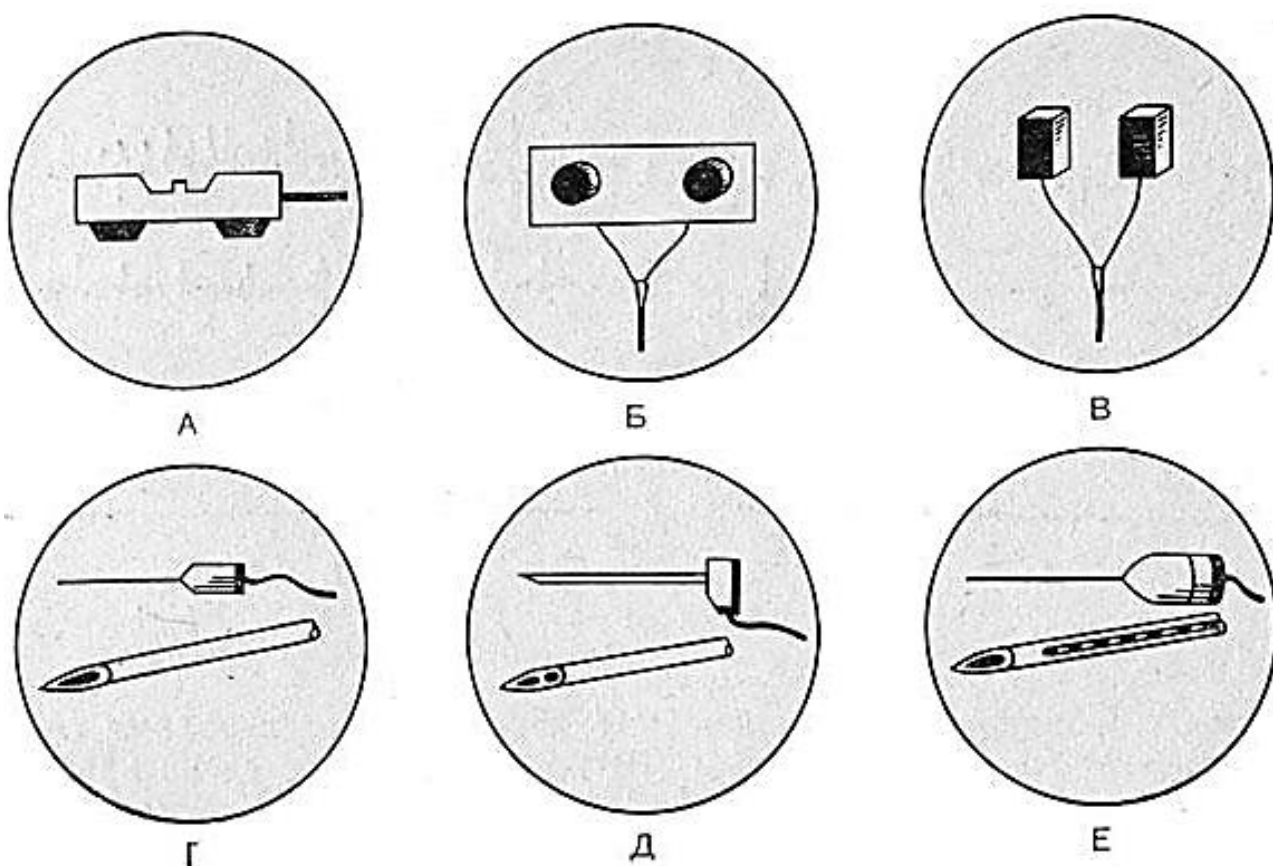


Рис. 1.3. Типы электродов

При проведении электронейромиографии, с целью оценки способности сокращения мышц важна точность получаемых данных, для этих целей следует использовать подкожные (игольчатые) электроды. Для тривиальных задач чаще всего используется накожные электроды, так как по сравнению с игольчатыми их травмоопасность меньше, а их точности передачи электрического сигнала достаточно для оценочных результатов.

Для уменьшения числа помех и сопротивления кожи, нужно убрать механические препятствия в процессе прохождения сигнала при его снятии, для этого участок кожи должен быть обезжирен, а электрод должен плотно прилегать к кожным покровам. [10]

### **Вывод**

В данной главе был рассмотрен основной принцип считывания биоимпульсов с мышечной ткани. Изучено устройство датчика на примере AD8232. Проведено сравнение типов электродов.

## **2. Наиболее используемые устройства на основе ЭМГ датчиков и способы их применения**

На данный момент электромиографы разделяют по медицинским направлениям на следующие группы:



### *1. Неврология, ортопедия и реабилитационная медицина*




В таблице 1 представлены виды устройств, используемые в неврологии, ортопедии и реабилитационной медицине.

**Таблица 1**

**Виды устройств, используемые в неврологии, ортопедии и реабилитационной медицине**

<b>Название и компания</b>	<b>Описание и фото устройства</b>	<b>Характеристики</b>
FREEEMG™ by B.TS Bioengineering [11]	<p>FREEEMG -совокупность беспроводных ЭМГ датчиков, связывающихся с компьютером, при помощи 4G станции связи</p> 	<p><u>Электроды</u> – изменяемая геометрия электродов с подключением через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Масса</u> - 13 г (включая батарею) <u>Размеры</u>- 41,5×24,8×14мм основной электрод – Ø 16x12мм дополнительный электрод</p>

Название и компания	Описание и фото устройства	Характеристики
EMG6600B™ by ANA-MED [12]	EMG6600B -четырёхканальная переносная система для считывания электромиограммы, с мониторингом потенциалов 	<u>Электроды</u> - не входят в комплектацию, подключение через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Частота дискретизации</u> - 200 кГц
EasyTrace™ by Clarity Medical [13]	EasyTrace -двухканальный переносной электромиограф, на данный момент являющийся самым компактным из существующих 	<u>Электроды</u> - не входят в комплектацию, подключение через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Масса</u> - 120 г <u>Размеры</u> - 100×75×23,6мм <u>Частота дискретизации</u> - 80 кГц
EMG Octopus™ by Clarity Medical [13]	EMG Octopus -стационарная система с 2/4/8 каналами, с высокоуровневым подавлением шумов (100 – 10000Гц)	<u>Электроды</u> - не входят в комплектацию, подключение через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Частота дискретизации</u> - 80 кГц

Название и компания	Описание и фото устройства	Характеристики
		
<p>DueLite™ by OTBioElettronica [14]</p>	<p>DueLite -переносной износостойкий двухканальный электромиограф, с возможностью подключения к мобильным устройствам</p> 	<p><u>Электроды</u> - плоские <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Частота дискретизации</u> - 2 кГц <u>Масса</u> - 12 г (включая батарею) <u>Размеры</u> - Ø 21x11мм</p>
<p>Consensys EMG™ by Shimmer [15]</p>	<p>Consensys EMG -двухканальный беспроводной электромиограф, способный так же считывать электрокардиограмму</p> 	<p><u>Электроды</u> - изменяемая геометрия электродов с подключением через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Частота дискретизации</u> - 8,4 кГц</p>



В данную таблицу вошли устройства, применяемые в неврологии (для проверки нормальной работы участков нервной системы), ортопедии (для анализа отклонений мышечного функционирования и состояния от нормы) и реабилитационной медицине (для нахождения участков нервной системы и мышечной ткани, функционирование которых отклоняется от нормы). Представленные приборы охватывают все эти отрасли в связи с тем, что электромиографический метод предоставляет данные для любого из описанных выше направлений.




Стоит заметить, что в зависимости от устройства, некоторая часть данных обрабатывается внутренним процессором, а оставшаяся - компьютером, на который происходит вывод данных. Для таких приборов как DueLite, EasyTrace и FREEEMG, основная часть данных обрабатывается компьютером, в то время как Consensus EMG, EMG Octopus, и EMG6600B обрабатывают большую часть данных при помощи процессора. Отличие связано с реализацией технологии беспроводной передачи данных для DueLite и FREEEMG и небольшими размерами для EasyTrace. [16]

## 2. Стоматология

Таблица 2.

Виды устройств, используемые в стоматологии

Название и компания	Описание устройства	Характеристики
TMJOINT™ by BTSTBioengineering [11]	TMJOINT - беспроводной стоматологический электромиограф, связывающийся с компьютером посредством USB рессивера	<u>Электроды</u> - изменяемая геометрия электродов с подключением через разъемы <u>Разрешение</u> - 16 бит <u>Масса</u> - 13 г (включая батарею) <u>Размеры</u> - 41,5×24,8×14мм основной электрод - Ø 16x12мм дополнительный электрод

Название и компания	Описание устройства	Характеристики
		
<p>BioEMG III™ by BioResearch [17]</p>	<p>БиоEMG III - электромиограф, способный подавать напряжения для снятия напряжения жевательной мускулатуры</p> 	<p><u>Электроды</u> - одноразовые плоские  <u>Разрешение</u> - 16 бит  <u>Частота дискретизации</u> - 2 кГц</p>
<p>Synapsis™ by NeuroTech Russia [18]</p>	<p>Synapsis - четырехканальный электромиограф, связывающийся с компьютером и получающий питание от USB провода</p> 	<p><u>Электроды</u> - не входят в комплектацию, подключение через разъемы  <u>Разрешение</u> - 16 бит  <u>Частота дискретизации</u> - 40 кГц</p>

Электромиография используется в большинстве разделов стоматологии. Анализ сокращений жевательной мускулатуры позволяет выявить функционально-динамические расстройства жевательного аппарата, проанализировать адаптацию челюсти к протезам, выявить повреждения лицевого нерва и определить его проводимость, проконтролировать пере-

стройки координационных соотношений функций височных и жевательных мышц при лечении аномалий прикуса.

В перечень рассматриваемых устройств вошла единственная беспроводная модель TMJOIN, чья практичность в использовании выше по сравнению с аналогами из-за использования технологии беспроводной передачи данных, другими словами, датчики этой модели не столь сильно влияют на привычные движения мускулатуры.

### **3. Аналоги и их физические и технические принципы**

Существует различное множество датчиков измерения активности биоритмов, которые делятся по целому ряду факторов на различные категории: в первую очередь по целевому признаку, по степени точности, что напрямую влияет на ценообразование готового измерительного прибора, также одним из немаловажных факторов является то, что датчики различают по виду измеряемых ими показателей.

В различных целях используются: резистивные датчики, датчики потенциала, оптические датчики, а также датчики Холла, измеряющие магнитное поле, создаваемое человеком в тех или иных процессах.

*Омические датчики.* Представляют собой сопротивление, значение которого меняется в зависимости от внешнего воздействия на него. Считывающим устройством является омметр. Замеряется сопротивление тех или иных участков тела человека, сопротивлению которых изменяется, например, при сокращении / расслаблении мышцы, выделении электропроводящего секрета желёз, повышении / понижении температуры.

Варианты применения подобного рода датчиков в различных устройствах: терморезистивные датчики температуры, тензодатчики (их сопротивление меняется при незначительной линейной деформации – имеют высокую точность), датчики мышечной активности.

Плюсы:

- относительная дешевизна готового устройства,
- простота реализации.

Минусы:

- низкая точность считываемых показателей

*Датчики потенциала.* Считывающее устройство представляет из себя вольтметр, измеряющий разность потенциалов между двумя заданными точками тела человека.

Различные устройства, основанные на датчике потенциала: аппараты ЭКГ и ЭЭГ.

Плюсы:

- высокая точность измеряемых показателей.

Минусы:

- комплексная система обработки получаемых данных,
- общая сложность готовой установки

*Оптические датчики.* Работа считывающего устройства основана на замере светоотражающей или светопроводящей способности крови, вызванной снижением и повышением плотности крови при сокращении, расслаблении сердечной мышцы.

Одним из немногих примеров реализации подобного датчика является оптический пульсометр.

Плюсы:

- дешевизна.

Минусы:

- низкая точность,
- комплексная система обработки получаемых данных,
- сложность корректной установки датчика.

### **Вывод**

В данной главе были рассмотрены аналогичные датчики, считывающие различные показатели биоритмов человека. Проанализированы их преимущества и недостатки:

Преимущества: быстрый отклик, точность, независимость от среды, многопозиционность, вариативность считываемых данных, нативное управление

Недостатки: точность датчика зависит от цены, комплексная система обработки данных необходимых для дальнейшего применения, сложность в настройке и калибровке, зависимость от человеческого фактора.

#### **4. Важность и перспективы использования в народном хозяйстве**

##### **4.1. Важность**

В повседневной жизни используются разного рода устройства, большинство из них так важны и необходимы, что сегодня без них трудно представить наше существование. Устройства с датчиками ЭМГ – это одни из них. Отрасль использования данных устройств достаточно велика. Множество приборов с датчиками ЭМГ, описанных в предыдущих главах, важны для народного хозяйства, а именно: они значительно упрощают, помогают и поддерживают повседневную человеческую жизнь. Метод регистрации биоэлектрических потенциалов, которые появляются в мышечных тканях при их возбуждении, применяется во многих сферах современной медицины. На данный момент электромиография представляет точный и высокоинформативный метод диагностики, позволяющий поставить диагноз и дать оценку эффекту от лечения на разных стадиях. Именно поэтому к нему прибегают терапевты, неврологи, стоматологи, хирурги и офтальмологи.

ЭМГ играет очень важную роль в косметологии: с её помощью выявляют мышцы, в которые можно вводить ботокс. Огромное значение электромиография имеет для спортивной медицины. Здесь ЭМГ принимает участие в выборе благоприятных методов разработки мышц, длительное время лишенных подвижности.

С помощью ЭМГ можно диагностировать субклиническую стадию перенапряжения опорно-двигательной системы, когда у человека еще нет симптомов. Эти данные позволяют защитить мышцы, связки и суставы от роста патологических процессов, рождающих нарушение функций. [19]

Знания о физиологических процессах нервно-мышечного аппарата, а также о механизмах управления движениями различной координации углубляются и расширяются благодаря использованию спортивной элек-

тронемиографии, то есть стимуляционной электромиографии, которая регистрирует электроактивность скелетных мышц и периферических нервов у спортсменов в состоянии покоя и при выполнении двигательных упражнений. [20]

В медицине ЭНМГ применяется для диагностики заболеваний мышц, нервов и нарушения проведения импульса в нервно-мышечном синапсе.

Устройства с датчиками ЭМГ используются для диагностики функционального состояния скелетных мышц и окончаний периферических нервов космонавтов, находящихся в открытом космосе. Более того ни один медосмотр при отборе кандидатов на столь опасные профессии не проходит без использования метода электромиографии.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что устройства, использующие датчики ЭМГ, представляют большую важность для человечества. Эта важность заключается в том, что методы диагностики представляют безопасную и весьма информативную процедуру, которая пригодная для пациентов любых возрастов. Данный метод не занимает много времени. Еще одной особенностью является то, что электромиография практически не имеет противопоказаний.

#### ***4.2. Анализ возможных направлений для применения***

При изучении человеческой речи было обнаружено явление субвокализации. Субвокализация – это мысленное проговаривание слов при чтении про себя, позволяющее читателю вообразить их звучание. У человека происходят произвольные микродвижения мышц, связанные с говорением. Данные микродвижения можно обнаружить с помощью электромагнитных датчиков в ходе ЭМГ. [21] Этим занималась НАСА в рамках программы «Расширение человеческих чувств». Доктору Чаку Йоргенсену удалось прикрепить набор электродов к коже своего горла и, не издавая ни звука, передать сигналы на экран компьютера. Его лаборатория уже исследовала субвокальные команды для вождения автомобиля по виртуальному городу в компьютерном симуляторе. Йоргенсен видел много применений для своей технологии, где невозможна слышимая речь: для астро-

навтов, для подводного спецназа, пилотов истребителей и людей, работающих на аварийных объектах, находящихся в шумных, суровых условиях.

На данный момент Йоргенсен работает над записью сигналов, обработкой их статистическими алгоритмами и сравнением полученного с предварительно записанными паттернами сигналов произнесенных слов, фраз и команд. Далее невысказанное превратится в речь, если будет совпадение.

Субвокальное распознавание речи все еще требует много работы, прежде чем оно достигнет точных показаний, так как электромиограммы уникальны для всех говорящих.

Чтобы повысить точность, исследователи в этой области полагаются на статистические модели, которые становятся лучше в соответствии с тем, чем больше субъект "говорит" через электроды. Команда Йоргенсена делает все возможное для этого. [22]

### **Заключение**

В данной работе было проведено исследование группы устройств – электромиографические датчики. Рассмотрен их принцип действия, области применения, устройства, включающие данные датчики. Проведено сравнение с другими типами датчиков. Была проанализирована важность и необходимость данного направления для народного хозяйства.

### **Литература**

1. Основные школы и направления философии техники [Электронный ресурс]. <https://cyberpedia.su/15xa878.html>. (дата обращения 04.11.2019)
2. Новый электромиографический датчик и мобильное приложение для диагностики и оценки течения бруксизма [Электронный ресурс] <https://stomatologclub.ru/stati/stomatologiya-8/novyj-elektromiograficheskij-datchik-i-mobilnoe-prilozhenie-dlya-diagnostiki-i-ocenki-techeniya-bruksizma-visochno-nizhnechelyustnogo-sindroma-i-drugih-narushenij-raboty-zubochelyustnoj-sistemy-2801/>. (дата обращения 04.11.2019)
3. Экзоскелет вернул парализованному возможность ходить [Электронный ресурс] [https://pikabu.ru/story/yezkoskelet\\_vernul\\_paralizovannomu\\_vozmozhnost\\_khodit\\_6970787](https://pikabu.ru/story/yezkoskelet_vernul_paralizovannomu_vozmozhnost_khodit_6970787). (дата обращения 23.10.2019)

4. Нейро-импульсная решетка и бионический протез – умная механическая система для повышения качества жизни людей с нарушениями двигательных функций [Электронный ресурс] <https://school-science.ru/7/4/40990>. (дата обращения 04.11.2019)
5. Нейро-МВП-4 – 4-канальный электронейромиограф с функцией исследования вызванных потенциалов мозга и беспроводной клавиатурой [Электронный ресурс] <https://neurosoft.com/ru/catalog/view/id/120>. (дата обращения 23.10.2019)
6. Что такое электромиография и как она проводится? [Электронный ресурс] <https://columna-vertebralis.ru/diagnostika/elektromiografiya.html>. (дата обращения 23.10.2019)
7. Электромиография [Электронный ресурс] <https://dialogpress.ru/diagnostika/elektromiografiya>. (дата обращения 04.11.2019)
8. Электромиография и методы изучения движения [Электронный ресурс] [https://studopedia.ru/7\\_188632\\_lektsiya---elektromiografiya-i-metodi-izucheniya-dvizheniy.html](https://studopedia.ru/7_188632_lektsiya---elektromiografiya-i-metodi-izucheniya-dvizheniy.html). (дата обращения 04.11.2019)
9. Датчики сердечного ритма, ЭКГ, AD8232 для Arduino [Электронный ресурс] <https://iarduino.ru/shop/Sensory-Datchiki/monitor-serdechnogo-ritma-ekg-ad8232.html>. (дата обращения 04.11.2019)
10. Белоярцев Ф.Ф. Электромиография в анестезии. М.: Изд-во Медицина, 1980.
11. BTS Bioengineering [Официальный сайт] <https://www.btsbioengineering.com/>. (дата обращения 03.11.2019)
12. ANA-MED [Официальный сайт] <http://www.ana-med.eu/>. (дата обращения 03.11.2019)
13. Clarity Medical [Официальный сайт] <https://www.clarity-medical.com/>. (дата обращения 03.11.2019)
14. OT Bioelettronica [Официальный сайт] <https://www.otbioelettronica.it/>. (дата обращения 03.11.2019)
15. Shimmer [Официальный сайт] <http://www.shimmersensing.com/>. (дата обращения 03.11.2019)
16. Онлайн выставка медицинского оборудования Medical expo [Официальный сайт] <https://www.medicalexpo.ru>. (дата обращения 04.11.2019)
17. BioResearch associates [Официальный сайт] <https://www.bioresearchinc.com/>. (дата обращения 04.11.2019)
18. Нейротех [Официальный сайт] <https://neurotech.ru/>. (дата обращения 04.11.2019)
19. Электромиография: проверка связи [Электронный ресурс] <https://formulazdorovya.com/1019391159682992159/elektromiografiya-proverka-svyazi/>. (дата обращения 31.10.2019)
20. Спортивная электронейромиография [Электронная статья] <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2005n9/p6-11.htm>. (дата обращения 31.10.2019)
21. Субвокализация [Электронный ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Субвокализация#cite\\_ref-carter\\_1-0](https://ru.wikipedia.org/wiki/Субвокализация#cite_ref-carter_1-0) (дата обращения 31.10.2019)
22. The Silent Speaker [Электронный ресурс] [https://www.forbes.com/free\\_forbes/2006/0410/084.html?partner=yahoomag](https://www.forbes.com/free_forbes/2006/0410/084.html?partner=yahoomag). (дата обращения 31.10.2019)



## **ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРОВ НА ЖИВЫЕ ТКАНИ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ**

**А.А. Ахметзянова, В.А. Березкина, П.М. Жучкова,  
А.А. Савицкий, Т.А. Симчук**

В данной проектной работе раскрывается тема практического применения лазеров в современной медицине. Представленная тема актуальна, так как лазеры вывели микрохирургию на абсолютно новый уровень проведения операций. Основная цель работы - рассказать о том, что из себя представляет лазер, каких видов он бывает, как проявляется его воздействие на живые ткани. Отдельно мы рассмотрим применение лазеров в таких областях, как хирургия, стоматология, офтальмология, онкология, а также выделим основные плюсы и минусы их использования и приведем ряд российских компаний, использующих лазерное оборудование.

### **Введение**

В современном мире традиционные методы медицины становятся неэффективными и нерациональными. Главная цель ученых и исследователей - найти метод или способ улучшить качество жизни человека, сделать ее безопаснее и продолжительнее. Соединение знаний физики и химии и точные математические расчеты привели к изобретению инновационного решения многих медицинских загадок, а именно лазера.

В настоящее время в большинстве развитых стран мира наблюдается интенсивное внедрение лазерного излучения в биологических исследованиях, в практической медицине. Уникальнейшие свойства лазерного луча открыли ученым широкие возможности его применения в различных областях: терапии, хирургии и диагностике. Клинические исследования показали и доказали эффективность лазера для местного применения на патологический очаг и для воздействия на весь организм.

За последние 15 лет механизмы действия лазера во многом раскрыты и уточнены. Воздействие низкоинтенсивных лазеров приводит к достаточно быстрому стиханию острых воспалительных явлений, стимулирует восстановительные процессы, улучшает микроциркуляцию тканей, нормализует общий иммунитет организма, повышает его устойчивость.

Развитие лазера в настоящее время достигло такого уровня, что с его помощью становится возможным решать многие проблемы. Лазерная биотехнология имеет прямое отношение к ряду глобальных проблем человечества, таких, как СПИД, рак, и т.д. Среди актуального круга вопросов, рассматриваемых в рамках современной лазерной биотехнологии, можно выделить:

- лазерную терапию
- лазерную хирургию
- лазерную диагностику. [1].

### **Актуальность**

Новая эра хирургии началась с изобретения промышленного лазера. Основными способами применения лазера в медицине являются лазерная хирургия, лазерная терапия и лазерная диагностика.

Наибольшей популярности в хирургии достиг углекислотный лазер. Почему именно он? Все дело в том, что углекислотный лазер полихроматичен, то есть способен работать с тканями различных цветовых спектров. В то время как остальные лазеры монохромны, то есть воздействуют только на ткани определенного цветового спектра, что перестает делать такие лазеры универсальными. В воде излучение лазера теряет свою энергию. И каждая из тканей имеет свои уникальные свойства, на этой почве и возникает другая важная проблема: некоторые ткани насыщены водой сильнее, чем другие. Следовательно, большая часть энергии излучения поглощается водой. Однако очень сложно найти баланс и правильную настройку мощности лазера. Такая попытка увеличения мощности лазера может очень быстро привести к прожигу тканей. Создатели хирургических лазеров прибегают к различным приемам устранения данной проблемы, но это влечет за собой увеличение стоимости такого оборудования. Перенимая опыт специалистов по работам со сваркой металлов, профессор О.И. Скобелкин и его соавторы догадались сдавливать ткани, тем самым вытесняя кровь, лимфу и воду из них, что значительно облегчило работу по их сварке. Соответственно, данный метод повлек за собой потребность

в создании нового набора инструментов для точечной работы с тканями на микроуровне, который используется в современных лазерных операциях. [2, 3]

### **Воздействие лазера на живые ткани, виды излучений**

#### ***Виды воздействия лазеров на живые ткани:***

##### *1. Фотодеструктивное*

Тепловые, гидродинамические, фотохимические эффекты света вызывают деструкцию тканей. Фотодеструктивное излучение используется в лазерной хирургии.

##### *2. Фотофизическое*

Лазерное излучение вызывает фотохимические и фотофизические реакции в биотканях, возбуждая их частицы светом. Используется в терапии.

##### *3. Невозмущающее*

Биосреда не изменяет своих свойств, поглощая лазерное излучение. Примерами таких эффектов являются рассеивание, отражение и проникновение. Невозмущающее излучение используется в спектроскопии. [4]

Необходимое условие применения лазера - это безопасность, так как его основной областью распространения в медицине являются живые ткани, повреждение которых может привести к необратимым последствиям. Именно поэтому не все лазеры могут быть применены при диагностике и терапии. Биологическим тканям свойственен резонансный характер поглощения излучения, что требует возможности обеспечения точного подбора требуемых характеристик (длины волны, интенсивности потока световой энергии, времени воздействия на биоткани). В таблице 1 указаны типы лазеров, которые обычно используются в лазерной медицине.

Зная особенности биологического материала, на который направлено воздействие, принципиально важными оказываются свойства ткани: оптические и теплофизические.

Таблица 1

**Типы лазеров, используемых в лазерной медицине**

<i>Тип лазера</i>	<i>Длина волны</i>
Nd	1,06 мкм
CO <sub>2</sub>	10,6 мкм
He-Ne	633 нм
Ar	488 нм – голубой 515 нм – зеленый

***Оптические свойства***

Рассмотрим механизм данного взаимодействия на примере падения излучения на поверхность кожи. Кожа состоит из рогового слоя, эпидермиса и дермы. Непосредственно от поверхности обычно отражается небольшая (до 60%) доля излучения. Излучение проникает в роговой слой, частично поглощая лучи и частично отражаясь. В эпидермисе происходит аналогичный механизм, только теперь излучение частично проникает в дерму. Однако существенной особенностью распространения излучения в биологической ткани является рассеивание излучения, которое может быть значительным в зависимости от длины волны лазерного излучения.

***Теплофизические свойства тканей***

Принципиальным в данном механизме является преобразование электромагнитной энергии лазерного излучения в тепловую энергию, которое происходит в результате поглощения излучения хромофорами, присутствующими в ткани. Хромофорами могут быть самые различные вещества. Процесс нагревания ткани зависит от времени облучения, теплоотвода из области поглощения, объемной плотности поглощенного излучения. [2]

Диаграмма, определяющая области значений длины волны излучения и длительности воздействия, при которых преобладает оптический или термический перенос энергии вглубь ткани, приведена на рисунке 1.



Рис. 1.

### Лазерная сварка тканей

Долгие годы медики искали способы бесшовного соединения тканей без прокола и применения шовного, клеевого и скобочного материала. Традиционные методы оказывались все менее эффективными, ведь главным было сохранение герметичности раны, а также перекрытие пути проникновения бактериальной флоры в оперированную ткань. В скором времени появился инновационный механизм, имеющий название «Лазерная сварка тканей», который обеспечивал бесконтактное и безопасное соединение тканей. Этот метод стал необходимым из-за того, что появилась техническая сложность при соединении тканей, называемых анастомозами. Анастомозы - место соединения отдельных элементов сети. При их соединении требуется герметичность шва, высокая устойчивость к механическим нагрузкам и минимальный ущерб в зоне анастомоза. [5]

В зависимости от глубины шва можно определить целесообразность использования того или иного метода лазерной сварки.

Для большинства тканей эффективным является нагрев, плавление и последующая сварка лишь в наружном слое. Однако если рана слишком критична, для предотвращения глубокого нагревания на поверхность будущего шва используют нанесение специального припоя - вещества, ин-

тенсивно поглощающего излучение. Это может быть кровь оперируемого, тушь или другие химические соединения. Это значительно уменьшает глубину проникновения, предотвращает высыхание и повышает белковую прочность.

Температура лазерной сварки колеблется от 60-80 °С. В этих условиях коллаген подвергается необратимой денатурации, но из-за особых свойств он не провоцирует иммунного ответа, а значит не отторгает излучение. Постепенно коллаген ликвидируется и замещается новыми волокнами, которые синтезируются перемещающимися на место стыка фибробластами.

*Проведение операции происходит следующим образом:*

- производят сопоставление краев сосуда;
- производят фиксацию краев друг к другу наметочными швами;
- после приступают к лазерной сварке, которая длится несколько секунд, что значительно упрощает операционный процесс.

Однако самым важным этапом является послеоперационный период, при котором несоблюдение некоторых требований или неграмотность при выполнении операции может привести к необратимым последствиям. В частности, может возникнуть кровотечение по месту сосудистого анастомоза или острый перитонит при работе на кишечнике. Для предотвращения последствий достаточным является обеспечение прочности сварного шва, при котором используется режим облучения с температурой больше 60°С. Также необходимо избегать перегрева сварного шва. Выполнение этих двух условий требует правильного выбора лазера и режима облучения. [6]

### **Лазеры в хирургии**

В лазерной хирургии используются достаточно мощные лазеры, способные сильно нагревать биологическую ткань. Это приводит к ее испарению или разрезанию. Применение лазеров в медицине позволило выполнять ранее сложные или вовсе невозможные операции эффективно и с минимальной инвазивностью. [7]

*Лазерная хирургия имеет ряд преимуществ:*

- Значительное сокращение времени проведения операции, а также послеоперационного периода.
- Отсутствие контакта инструмента с тканями и, как следствие, минимальное повреждение тканей в области проведения операции.
- Отсутствие кровотечения или минимальная кровоточивость при операции.
- Стерилизующее действие лазерного излучения позволяет соблюдать правила асептики. [8]

Лазеры высокоэффективны при воздействии на сосудистые и пигментные поражения кожи, на эпителиальные образования, рубцы и татуировки. Оптимальный подбор параметров излучения и режимов работы лазера позволяет осуществлять селективное воздействие на патологические участки с минимальной травматизацией окружающих тканей. [9]

При планировании операции особое внимание уделяется выбору типа медицинского лазера. В различных областях хирургии используются такие *разновидности установок: CO<sub>2</sub>-лазер; неодимовый, гольмиевый, эрбиевый и диодный лазер*. Установки различаются по рабочей среде накачки, что обеспечивает разные свойства лазерному излучению.

Достаточно распространено применение *CO<sub>2</sub>-лазера*, работающего на углекислом газе. Этот тип излучателя дает поток, имеющий высокое поглощение в воде и органических соединениях при обычной глубине проникновения порядка 0,1 мм. Такие свойства дают возможность осуществления операций в гинекологии, оториноларингологии, общей хирургии, дерматологии, кожной пластике и косметологии. Неглубокое проникновение луча позволяет разрезать биологическую ткань без значительного ожога, что особенно важно в офтальмологии.

*Неодимовый лазер* относится к твердотельному типу и работает с использованием кристаллов алюмоиттриевого граната, активированных ионами неодима. Глубина проникновения излучения достигает 7-9 мм. Основное применение в хирургии: объемная и глубинная коагуляция при

урологических, гинекологических и онкологических операциях, ликвидация внутренних кровотечений.

В *гольмиевом лазере* устанавливаются кристаллы алюмоиттриевого граната, активированные ионами гольмия. Данный луч рассекает биологическую ткань на глубину 0,4-0,6 мм, что близко к характеристикам СО<sub>2</sub>-лазера. Излучение гольмиевого источника легко передается по кварцевому оптическому волокну. Этот лазер хорошо себя зарекомендовал при коагуляции сосудов размером до 0,6 мм, что вполне достаточно для эффективного оперативного лечения, а при оперировании глаз обеспечивает нужную безопасность.

*Эрбиевый лазер* обеспечивает проникновение с глубиной 0,05 мм, что обеспечивает очень эффективное поверхностное воздействие. Главные сферы его хирургического использования: микрошлифовка кожного покрова, перфорация кожи, испарение твердых зубных тканей, испарение поверхности глазной роговицы при лечении дальнозоркости. Особо важно выделить безопасность эрбиевого излучения при операциях на глазах. [7]

### **Применение лазерных установок в стоматологии**

В стоматологии применяются лазеры на красителях (жидкостные), газовые (аргоновый, криптоновый, гелий-неоновый, СО<sub>2</sub>-лазер, эксимерные), на парах металлов, твердотельные, на основе полупроводниковых диодов. Используются лазеры в терапевтических и хирургических целях. [10]

Преимуществами использования лазеров в данной сфере служат снижение риска заражения, увеличение процесса заживления, отказ или снижение количества анестезии, при лечении ткани зуба не затрагиваются здоровые области, увеличение точности лечения.

*Повышенная чувствительность зубов.* Чувствительность зубов - распространенное заболевание, проблемой которого является чувствительность к холодному и горячему. Лечение такой патологии сложное, а положительный эффект краткосрочен. Для снятия чувствительности исполь-



зуется эрбиевый лазер, он позволяет провести лечение безболезненно, а дополнительная обработка оставит положительный эффект надолго.

*Хирургия мягких тканей.* Лазеры широко распространены в стоматологии. Преимуществами являются: уменьшение кровотечений, ткани меньше отекают, уменьшается объем рубцов, процесс заживления заканчивается значительно раньше, чем при применении с устаревшими режущими инструментами.

*Отбеливание.* В наше время отбеливание зубов очень распространено, ведь со временем белизна зубов утрачивается. Причинами данной проблемы являются курение, частое употребление чая и кофе и т.д. Изменение температуры, т.е. горячие и холодные блюда приводят к расширению или сужению зубной эмали, в итоге пятна проникают более глубоко в эмаль. Таким образом, изменение цвета зубов с возрастом неизбежно. Преимуществами такой процедуры являются: безболезненность процедуры, отличный результат за одну процедуру, долговременный эффект. На зубы наносят гель на основе водорода или хлорида натрия, после начинают лазерное облучение, которое помогает минералам попасть в эмаль зуба. Во время отбеливания также происходит профилактика кариеса.

*Лечение кариеса.* Проблема кариеса встречается практически у каждого человека. Одной из главных причин является гигиена полости рта. Лечение кариеса с помощью лазера снижает ряд минусов процедуры. Преимуществами являются значительное снижение болезненности лечения и отказ от анестезии, снижение времени процедуры почти в два раза, высокая точность, безопасность. Лазер работает с частотой, близкой к 10 Гц. Излучение снимает слой ткани толщиной около 3 мкм. После препаровки остается отличная полость для пломбирования. Таким образом, применение лазеров при лечении кариеса более эффективно, чем традиционные методы.

Лечение лазером набирает большую популярность в стоматологии. Лазерные технологии также используются в лечении стоматита, гингивита, альвеолита, парадонтоза, пульпита, периодонтита, одонтогенного воспаления челюстно-лицевой области, постэкстракционных болей, боли в

восстановительный период, воспаления корневого канала, лицевого и тройничного нерва, туннельного синдрома, артрита и артроза височно-челюстного сочленения. [11]

### Лазерная коррекция зрения

*Фоторефракционная кератэктомия (ФРК)* — это испарение слоев роговицы под воздействием ультрафиолетового газового лазера, созданного офтальмологом Стефаном Трокеролем и фотохимиком Р. Сринивасаном в конце 20-го века. Вышеуказанный лазер формирует необходимую кривизну на поверхности центральной части роговицы. [12]

Благодаря специальной диагностической аппаратуре, поверхность роговицы анализируется, определяются особенности ее кривизны и другие параметры. Данные обследования вводятся в компьютер эксимерного лазера, и создается программа коррекции кривизны одиночной роговицы. Запрограммированный лазер, попадая на поверхность роговицы, с каждой ее точки «испаряет» определенные слои. Таким образом, создается новая кривизна роговицы. При этом процедура проходит только в центральной ее части, через которую лучи света попадают на хрусталик.

*Исправление близорукости.* Преломляющая способность глаза уменьшается, а фокус смещается к сетчатке из-за испарения слоев в центре выпуклой части роговицы (рис. 2).



Рис. 2

*Исправление дальнозоркости.* Обратное действие происходит при исправлении дальнозоркости, только испарение идет вокруг центра, что возвращает фокус на сетчатку (рис. 2).

Роговица имеет очень тонкий прозрачный эпителий. При испарении слоев роговицы, эпителий должен быть предварительно удален. Это означает, что в течение какого-то времени после операции роговица остается лишенной защитного слоя. Из-за наличия на роговице нервных окончаний, возникают неприятные болезненные ощущения. Учитывая эти факты, процедуру лазерной коррекции никогда не делают на обоих глазах, соблюдая между ними перерыв 10-14 дней. Эпителий формируется заново в течение 1-1,5 суток, а зрение полностью восстанавливается за 7-10 дней.

Чем больше глубина воздействия на роговицу, тем выше вероятность образования помутнений, т.к. операция проводится прямо на поверхности роговицы. И коррекция абсолютно безопасна только для конкретных величин отклонений.

Плюсы:

- лазер эффективен на очень маленьких глубинах – 10-30 микрон;
- большая вероятность верности результата.

Минусы:

- нельзя сделать коррекцию на оба глаза сразу;
- процедура и восстановление занимают долгое время;
- ФРК применяется только для коррекции небольших и средних степеней близорукости (до 8 D), дальнозоркости (до 4 D) и астигматизма. [13]

Решить эти проблемы позволил другой метод – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASIK)* - усиление света с помощью индуцированного излучения.

Специальным аппаратом – микрокератомом – формируется очень тонкий лоскут наружного слоя роговицы. Вместе с защитным эпителием этот лоскут откидывается на ножке. Далее проводятся все те же манипуляции, что и при ФРК, после чего обработанная поверхность роговицы накрывается созданным ранее лоскутом.

LASIK имеет очевидные преимущества перед ФРК, именно поэтому постепенно вытесняет его:

- LASIK позволяет корректировать любую степень нарушений зрения, начиная от -0,5 D и заканчивая самыми большими значениями;
- операция совершенно безболезненна;
- острота зрения восстанавливается практически сразу. [13, 14]

### **Плюсы и минусы лазеров**

#### *Плюсы:*

- сокращение времени устранения проблем, восстановления пациента;
- высокая точность проведения операций;
- лазер имеет стерилизующее действие;
- малая кровоточивость при операциях или отсутствие кровотечения вообще;
- бесконтактное воздействие и безболезненность.

#### *Минусы:*

- нехватка квалифицированных медицинских работников;
- высокая цена лечения;
- неоднократное повторение процедуры.

### **Заключение**

Комплексное воздействие нескольких факторов лазерной медицины улучшает энергетический обмен в клетках, повышает иммунитет, улучшает кровообращение и обмен веществ, стимулирует работу всех органов и систем. Пациенты, которые прошли курс лазерной терапии, избавляются от множества заболеваний - от ушибов и ожогов до серьезных расстройств нервной системы и пищеварения. В отличие от многих таблеток и микстур, лазерная медицина устраняет не следствие, а причину заболевания, которая чаще всего общая для многих болезней. Именно поэтому лечение лазером считается универсальным для более чем 200 заболеваний. Сейчас в России существуют несколько преуспевающих компаний и организаций,

которые занимаются лазерной диагностикой и лечением. Самые преуспевающие из них – государственный научный центр лазерной медицины, клиника лазерной медицины «ЛАЗМЕД», центр лазерной хирургии «Атлантик» и другие. [15]

## Литература

1. Лерман Л.Б., Породько Л.В. Лазерный нагрев биметаллических наночастиц, применяемых в медицине // Хімія, фізика та технологія поверхні. 2016. Т. 7. № 2. С. 214-224.
2. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 129 с.
3. Применение лазеров. Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Применение\\_лазеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/Применение_лазеров)
4. Стенько А.А., Кумова И.В., Жук И.Г. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в лечении хирургической патологии // Журнал ГрГМУ, 2006, № 1.
5. Большая медицинская энциклопедия URL: [https://бмэ.орг/index.php/БЕСШОВНОЕ\\_СОЕДИНЕНИЕ](https://бмэ.орг/index.php/БЕСШОВНОЕ_СОЕДИНЕНИЕ)
6. Механизмы действия различных лазеров и дифференцированные показания к их применению. Электронный журнал. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mechanizmy-deystviya-razlichnyh-lazerov-i-differentsirovannye-pokazaniya-k-ih-primeniyu-obzor-literatury>
7. Лазеры для хирургии и косметологии. URL: <http://www.medlaser.ru/applic.htm>
8. Михайлова А.Б. Эффективность применения лазерных технологий в хирургической стоматологии и парадонтологии. Центральная поликлиника ОАО «РЖД». URL: <http://www.cprzd.ru/effektivnost-primeneniya-lazernyh-tehnologii-v-hirurgicheskoi-stomatologii-i-paradontologii>
9. Лазеры в хирургии. Научно-производственная фирма «АЛКОМ медика». URL: <http://www.alcommedica.ru/about.html>
10. Википедия. Виды лазеров. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Виды\\_лазеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/Виды_лазеров)
11. Рисованная О.Н. Современные лазерные технологии в лечении твердых тканей зуба // Кубанский научный медицинский вестник, №6 (141), 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-lazernye-tehnologii-v-lechenii-tverdyh-tkaney-zuba/viewer>
12. Фоторефракционная кератэктомия. Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фоторефракционная\\_кератэктомия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фоторефракционная_кератэктомия)
13. Прямое сравнение методов лазерной коррекции миопии или за что вы платите при выборе ReLEx SMILE. Клиника офтальмологии доктора Шиловой. URL: [https://habr.com/ru/company/klinika\\_shilovoy/blog/423149/](https://habr.com/ru/company/klinika_shilovoy/blog/423149/)
14. LASIK. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LASIK>
15. Принцип действия лазерной медицины. Медицинский центр Medicus URL: [http://medicus.ru.com/index.php?route=newsblog/article&newsblog\\_path=1&newsblog\\_article\\_id=31](http://medicus.ru.com/index.php?route=newsblog/article&newsblog_path=1&newsblog_article_id=31)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

К.О. Гамов, И.А. Сукач, Ю.С. Пуликова,  
В.А. Агеенко, А.В. Обухов

### 1. История искусственного интеллекта

Искусственный интеллект (сокращенно «ИИ») – это вид исследований в современной науке, подразумевающих создание интеллектуальных машин на базе теорий работы человеческого мозга, расширенной нейрофизиологами, подкрепленный математическим аппаратом в виде фундаментальных разделов таких как: теория алгоритмов и теория вычисления. Данный вид научных исследований подразумевает под собой прикладной тип с теоретической и экспериментальной частями.

Само возникновение мысли об ИИ начало рассматриваться после Механицизма, то есть после работ французского математика Рене Декарта, который в своем трактате «Рассуждение о методе»(1637 г.) предположил, что животное - это механизм, отрицая виталистическое мировоззрение, которое считало, что живые объекты нельзя объяснить такими науками как физика, химия и науками сочетавшими эти учения как основы своего. Позднее было запатентовано несколько вычислительных машин, но основным толчком к развитию искусственного интеллекта послужила работа Бертрана Рассела и А.Н. Уайтхэда «Принципы математики», изменившая представление о математической логике, которая позже была подтверждена несколькими теоремами австрийского математика-логиста-физика Курта Гёделя. Его теоремы не только доказали возможность рассмотрения логики Рассела, но и изменили как философию, так и методологию систем искусственного интеллекта.

Исследования 50-х годов прошлого столетия в неврологии разъяснили предположения о том, что человеческий мозг представляет нейросистему (нейронную сеть), после чего английский математик Алан

Тьюринг высказал свое предположение о разложении любых вычислений в цифровой вид. В 1950 году он в своей статье «Вычислительные машины и разум» ставит вопрос «Может ли машина мыслить?» и предлагает эксперимент, где человек обсуждает абсолютно разные сферы деятельности с одним человеком и одним компьютером, задача компьютера ввести первого человека в заблуждение, отвечая на вопросы.

В 1956 году на Дартмутской конференции появилось понятие «Искусственный интеллект» и дисциплина «Исследования искусственного интеллекта». Спустя 30-40 лет Искусственный интеллект серьезно переходит в медицину и в другие направления, это объясняется усовершенствованием как алгоритмов, так и электронной составляющей систем.

Например, если во времена Алана Тьюринга машина могла воспринимать речь, то уже в 1997 году вычислительная машина IBM «Deep Blue» победила чемпиона мира по шахматам того времени Гарри Каспарова. Независимо от результата машина показала, что может помимо разработки своей стратегии «вычислять» стратегию соперника, то есть проводить не холодный расчет, а понимать более оптимизационный ход событий.

В 1980-81 годах Эдвард Фейгенбаум дал, по-своему усмотрению, более точное определение искусственного интеллекта, где говорится, что это часть информатики, направленная на создание интеллектуальных систем, способных понимать и различать речь, решать поставленные задачи (проблемы), мыслить и обучаться, и т.п.

Искусственный интеллект был разделен на два лагеря: лагерь «Кибернетика» и лагерь «Нейрокибернетика».

Основное различие взглядов было в том, что ребята кибернетики никак не хотели принимать мысль об уникальности человеческого мозга и пытаться создавать системы схожими на нейронную систему мозга и объединять элементы схожими на нейроны в эту систему, напротив, они сделали упор не на картину схожести, а принцип схожести реакции, их не интересовало как все устроено, потому и получили название кибернетика «черного ящика».

В 1970-х родилась грандиозная идея, которая дала мощный толчок в исследованиях ИИ. Она заключалась в представлении знаний. За счет чего было образованы классические медико-химические системы MYCIN и DENDRAL.

А уже со второй половины 80-х годов стартовала «коммерциализация искусственного интеллекта», многие корпорации начинают интересоваться этой областью и начинают трудиться специалисты из компаний Google, Apple, Microsoft и другие.

## **2. Введения искусственного интеллекта в биологический Мир**

В начале 1990-х годов появились два совершенно новых направления в кибернетических исследованиях, тесно связанных между собой. Кибернетика - наука о закономерностях работы с информацией в управляющих системах, будь то машины, живые организмы или общество. Первое носит название «Искусственная Жизнь», данный термин формально обозначает «жизнь, какой (потенциально) она могла бы быть». Фактически искусственная жизнь - это разновидность биологии (синтетическая биология), которая пытается воспроизвести биологическое поведение в средах существования. Главное, что это жизнь не природная, а созданная человеком.

Данный «раздел» биологии интересен сразу в нескольких аспектах: во-первых, банальный интерес и познание теоретических свойств жизни, во-вторых, извлечение практической пользы из найденных свойств, такой как нанотехнологии и медицина. Ни для кого не секрет, что огромную роль играет в таких масштабных исследованиях компьютерное и математическое моделирование. Организмы в этой жизни, как правило, – фантазийные объекты, придуманные людьми и живущие в цифровом мире компьютерных программ и алгоритмов. Несмотря на то, что термин «Искусственная жизнь» появился в начале 90-х годов прошлого столетия, можно отметить близкие модели (идейно близкие) рассматривались, исследовались и разрабатывались за 20-30 лет до термина, так в 60-70-е годы



М.М. Бонгард предложил проект «Животное», который подразумевал адаптивное поведение «выдуманных» организмов.

В настоящее время известно, что помимо Бонгарда было еще несколько пионеров, которые занимались этой «жизнью», так, например, наиболее характерными исследованиями были исследования К. Лангтона (Исследование динамики жизнеспособных структур в клеточных автоматах), модель Л. Янгеля (или просто ПолиМир Янгеля) - компьютерная модель (одна из самых нетипичных), которая естественно подошла к представлению поведения организмов, составляющих нейронную систему. Янгель смог воссоздать такую картину, которая почти полностью описывает все естественные поведения и реакции, организмы обладали как двигательным аппаратом и зрением, так и потребностями питания, борьбы между собой, скрещиванием. Модель Д. Экли и М. Литтмана включала в себя «обучение + эволюцию», которая приводит к лучшей адаптивности "приобретаемый навык хочу кушать превращается во врожденный".

Выше перечисленные исследователи описали виртуальную реальность псевдо-организмов, близких по повадкам к реальным биологическим объектам. Итак, люди смогли воссоздать с помощью прикладных программ, нейронных сетей и их систем искусственный интеллект, описывающий естественные действия, реакцию на мир вокруг и взаимодействием с ним, то есть у нас есть мир независимый от факторов: «Сегодня пошел снег, я замерз, пора достать ботинки» – а зависим только от внутренних параметров, созданных человеком, а не от природы. Данный мир позволяет наблюдать «А что если...» и полностью соответствует термину «Искусственная жизнь» («жизнь, какой (потенциально) она могла бы быть». Сокращенно «ИЖ»).

А теперь второй раздел исследования «Адаптивное поведение» (сокращенно «АП»): основная задача этой области исследований - конструирование, моделирование, реализация и исследование искусственных роботов – аниматомов (animal+robot=animat), которые способны приспосабливаться к сфере жизни, имитируя поведения животных. Научные деятели этого направления разделили программу исследования на потенциальный

максимум и минимум (реализуемый с большой вероятностью реалистичности).

*Максимальная часть:* «проанализировать происхождение человеческого разума-интеллекта и эволюцию когнитивных способностей - пространственная ориентация, способность мыслить, понимание, речь, рассуждение».

*Минимальная часть:* «исследование принципов функционирования для создания роботов, способных существовать с животными в переменной внешней среде».

Основные схожести – познание через синтетический подход, использование эволюционных концепций и моделей. Но есть и важное различие: в ИЖ много моделей, которые придумывают инженеры, а в АП работа идет более серьезно, так как ориентация АП намного важнее, чем какое-то наблюдение, задача состоит в том, чтобы исследовать и изучить системы управления поведения как искусственных, так и живых организмов, как правило, любая теория или исследование происходит не в виртуальном мире, а на конкретном реальном роботе (с которым можно поздороваться за руку или лапу), что естественно может дать больше определенности и надежности в исследовании.

### **3. Перспективы развития искусственного интеллекта**

Специалисты области ИИ выявили ряд наиболее перспективных направлений изучения искусственного интеллекта в здравоохранении:

#### ***Методы диагностики***

Храня огромные данные диагностического обследования о каждом пациенте медицинского центра с заключениями и заметками, машины смогут предоставить ценный продукт, способствующий облегчению и повышению эффективности работы врачей, обеспечивая надежность и мобильность в работе с пациентом и комфортные условия работы специалистам. Тут рассматривается введение автоматизированного диагностирования, машина сможет выявить особенности по ходу диагностического обследования и выдать свое заключение, основываясь на результатах.

Предоставляя «свою точку зрения» с подробным описанием врачам, она (точка зрения) облегчит врачам работу при написании конечного результата с дальнейшими рекомендациями больному. В основном рассматриваются диагностики снимков: МРТ, ЭКГ, рентгенография, флюорография и т.д.

### ***Системы понимания естественного языка***

Данное направление подразумевает голосовые системы, которые смогут помочь гражданам, приходящим в медицинское учреждение. К этому можно отнести робота-регистратора в регистратуре диагностического учреждения, который сможет отвечать на простые вопросы, такие как: «К кому можно обратиться?», «Когда свободен этот врач, чтобы записаться на прием?» и т.д. Отвечая на простые вопросы, система будет маршрутизировать в соответствующие отделения учреждения.

### ***Введение чат-ботов для разговоров с людьми***

Данное введение способно сохранить время врачам для более важных пациентов. Отвечая на вопросы в ходе разговора с человеком, машина сможет проконсультировать его в ситуациях, когда есть несущественные отклонения в здоровье, например, повседневные проблемы, головная боль, мигрень, насморк.

### ***Развитие мехатроники и робототехники***

Данное направление подразумевает внедрение роботов (таких, как робот-хирург Da Vinci), которые смогут быть хорошей поддержкой для врача во время операции (помимо сотрудников). Робот сможет обеспечивать более качественную поддержку и работу медицинских сотрудников.

Также введение роботов младших сотрудников, которые будут способны помочь как механически (человеку на коляске передвигаться из палаты в палату к примеру), так и выполнять несложные работы в стерильных кабинетах: прием анализов и сортировка их по врачам, проведение профилактических прививок и т.п.

Все рассмотренные перспективы будут исследованы не только в плане создания машин, но и правильного внедрения этих машин в центры здравоохранения.

#### 4. Плюсы и минусы применения искусственного интеллекта

Искусственный интеллект - это компьютеризированная система, она отличается от человека, как из соображений гуманности, так и принципом работы с пациентами. Но из-за того, что в сегодняшнем мире вычислительные машины достигли очень высокого уровня работы с информацией нежели человек, то можно выявить у искусственных систем преимущественные аспекты тоже.

*Начнем с положительных:*

1. Компьютеризированные системы могут поставить оптимальный диагноз, за короткий срок обработав несколько сотен тысяч заключений других врачей по схожим симптомам, что говорит о быстроте дальнейшего принятия решения и лечения больного. Врач не может обработать столь огромный поток информации в силу ограниченности времени и человеческих способностей, но может выбрать единственный оптимальный вариант из предложенных компьютером.

2. Системы могут отслеживать мельчайшие отклонения в состоянии, или мельчайшие отклонения от нормы, которые врач не в состоянии заметить.

3. Могут служить платформой для тестов (разных препаратов в разных дозах).

4. Машины не требуют сон и могут работать более продуктивно, в отличие от человеческого персонала

*Теперь отрицательные:*

1. ИИ повлияет на экономику: при замене людей на компьютерные системы, возможен скачок безработицы, в особый спектр попадают медсестры и медбратья, т.к. это одно из самых реализуемых перспективных направлений, эти профессии окажутся под угрозой исчезновения.

2. Технические сбои в работе: несмотря на то, что техника 21 века славится надежностью в работе, вероятность аварии велика, эти аварии могут быть вызваны рядом факторов, таких как отключение энергоснаб-

жения, поломка в электросистеме, сбой в программе, механические повреждения и т.п.

3. Затраты денежных средств на обслуживание и ремонт после аварий.

4. При частом использовании проверенной временем системы ИИ врачами, может уменьшиться потребность использовать свой интеллект и способности решать задачи в постановке диагноза, то есть могут уменьшиться умственные способности человека.

### **5. Итог**

Искусственный интеллект - это инструмент, который задумывался с 17 века, это приспособление, которое реализовывалось несколькими столетиями математиками, логистами и кибернетиками, чтобы облегчить жизнь человеку и попробовать посмотреть на мир с другой стороны («перейти от витализма к механицизму»).

Пока ИИ только набирает обороты, но оно уже сейчас считается эффективным инструментом, с точки зрения медицины. Использование ИИ способно не только повысить точность разных исследований, но и упростить жизнь специалистам и повысить быстроту реализации и постановки правильного диагноза, плана лечения, ускорить тестирования новых медикаментов и выпуск их в общественное использование.

Но, естественно, что когда идет разговор о человеке или даже о его здоровье, важно учитывать важность и строгость нормативно-правового поля, скрупулезно и педантично подтвержденной основой подходить к внедрению новых технологий, не только в медицине, но и других важных сферах жизни.

Искусственный интеллект, как бы то ни было, станет частью медицины. Несмотря на тот факт, что большая часть идей с ИИ в медицине будет отвергнута, а другая часть применена, следует понять, что в нашем веке ИИ – это технология, которая будет оказывать реформированное влияние на медицину и медицинскую профессию, в которой уже применяется часть других технологий.

В этой статье наша команда решила продемонстрировать всю важность искусственного интеллекта в медицине. Показать, где он используется, как именно система работает и какие функции при этом выполняет, а также, как потенциально можно приблизить к медицине автоматизированные системы. Мы рассмотрели на наш взгляд самые доступные и понятные не специализированным людям темы и проблемы ИИ в медицине.

## **6. О том, как искусственный интеллект может применяться в медицине**

### ***Программное обеспечение, распознающее лица, способно узнавать человека по МРТ-снимку***

В конце октября 2019 года ПО для распознавания лиц может точно сопоставлять фотографии людей с МРТ-снимками головного мозга.

Данное ПО правильно идентифицировало людей в более чем 83% случаев, однако считается, что чем больше людей пройдут данную процедуру, тем меньше будет точность. Ученые предупреждают, что есть потенциальные риски применения ПО. Данная технология используется правоохранительными органами для поиска подозреваемых.

Ученые обнаружили, что из-за общедоступности они в 83% случаях смогли абсолютно точно сопоставить фотографии пациентов с МРТ-снимками. Команда клиники Майо провела ряд экспериментов, отметив высокое качество изображений, которые были взяты для изучения мозга пациентов с болезнью Альцгеймера и деменцией.

### ***Создание нейросети для распознавания сердечного приступа***

В марте 2019 года была представлена нейросеть, предсказывающая сердечный приступ. Результаты работ опубликованы в статье «Кластеризация на основе результатов пациентов с острым коронарным синдромом при использовании многозадачной нейронной сети».

Все данные о пациентах загружались в нейросеть, которая должна была рассчитать и составить предположение, отмечалось ли у пациента ранее отрицательное сердечное событие.

Проводилась кластеризация методом «knn» для определения пациентов по семи группам на основе данных, полученных нейросетью. В результате оказалось, что в первом кластере, который содержал пациентов с частыми сердечно-сосудистыми событиями (по типу инфаркта и инсульта), но низкой встречаемостью ишемической болезни сердца, основным предиктором следующего сердечного приступа служило наличие сахарного диабета. В то время как в другом кластере, который включал пациентов с тяжелым течением сердечно-сосудистой патологии без предшествующего инфаркта, основными предикторами оказались пожилой возраст и повышенное систолическое артериальное давление.

Исследователи предупреждают, что, хотя кластеризация имеет значение для прогноза заболевания, неясно, могут ли эти данные эффективно использоваться в клинической практике. Тем не менее, их работа демонстрирует, что кластерный анализ на основе ИИ является перспективным подходом для классификации пациентов с инфарктом миокарда.

### ***Искусственный интеллект, улучшающий показатель ЭКО***

В конце декабря 2018 года эксперты продемонстрировали исследование, согласно которым эффективность ЭКО можно повысить на 10-20%, если подключить ИИ для оценки качества эмбрионов

### ***Китайские установки с ИИ-докторами***

В конце ноября 2018 года онлайн-провайдер медицинских услуг в Китае рассказал, что будет устанавливать несколько тысяч ИИ-клиник размером с телефонную будку.

Каждая будка позволяет пользователям проконсультироваться с виртуальным ИИ-доктором, который собирает данные, связанные со здоровьем. После консультации с компьютером собранная информация проверяется врачом, который затем устанавливает соответствующий диагноз и выписывает рецепт онлайн

***Искусственный интеллект предсказывает падение артериального давления во время операции***

В июне 2018 года был разработан алгоритм прогнозирования потенциальной гипотонии или аномального падения артериального давления во время хирургического вмешательства.

При разработке алгоритма были использованы технологии глубокого машинного обучения. ИИ проанализировал статистическую выборку из 1334 пациентов, во время операции которых производилась регистрация артериального давления – в общей сложности 545 959 минут. На основе этих данных был подготовлен алгоритм прогнозирования гипотонии во время операции.

Исследователи предполагают, что данный алгоритм может активно использоваться анестезиологами и хирургами во избежание осложнений, связанных с гипотонией, таких как послеоперационный инфаркт миокарда или острая почечная недостаточность.

Возможность прогнозирования эпизодов гипотонии во время операции позволит врачам активно предупреждать развитие этих эпизодов и их осложнений.

***Искусственный интеллект, распознающий рак кожи***

В конце мая 2018 года было опубликовано исследование, показавшее превосходства искусственного интеллекта по сравнению с человеком в части распознавания рака. Однако в труднодоступных местах компьютер не столь точен.

***Искусственный интеллект в УЗИ-диагностике беременных***

В британской больнице запустили принципиально новый алгоритм тестирования плода на патологии, которые особенно затруднительно заметить даже высококвалифицированному врачу.

УЗИ-диагностика с искусственным интеллектом призвана давать врачу дополнительные сведения в режиме реального времени. В результате, ИИ предоставляет специалисту точную информацию по целостности и законченности исследования. Последнее особенно актуально из-за движения плода в утробе матери.



Пока технологию апробируют в тестовом режиме.

### ***Искусственный интеллект займется поиском новых антибиотиков***

Устойчивость к антибиотикам – это одна из больших проблем современной медицины. Благодаря повсеместному применению антибиотиков и не соблюдения инструкций врача, лекарства перестали воздействовать на бактерии, что вызывает проблемы при лечении, как самых обыкновенных повседневных заболеваний, так и тяжелых.

Одна техника, которая может справиться с устойчивостью к антибиотикам, – это поиск вариантов известных антибиотиков.

Группа исследователей создала антибиотический алгоритм, который, разбирая базы данных, может открыть большое количество вариантов антибиотиков.

VarQuest (система для поиска антибиотиков). Алгоритм сумел предоставить более тысячи вариантов пептидных групп, используемых для производства антибиотиков, за рекордно короткое время

### **Литература**

1. Потеряева Е.П., Евстафьев В.А. Использование искусственного интеллекта в медицине. // Вестник науки и образования. 2019. №6(60). Часть 2. С. 15-17. [Электрон. ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/v/iskusstvennyy-intellekt-v-meditsine-1>
2. Аравин О.И. Применение искусственных нейронных сетей для анализа патологий в кровеносных сосудах. // Российский журнал биомеханики. 2011. Т. 15, № 3 (53): С. 45-51. [Электрон. ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-dlya-analiza-patologii-v-krovenosnyh-sosudah>
3. Упатов А. Искусственный интеллект в медицине: главные тренды в мире. // MedAboutMe. 2016. [Электрон. ресурс] [https://medaboutme.ru/zdorove/publikacii/stati/sovety\\_vracha/iskusstvennyy\\_intellekt\\_v\\_meditsine\\_glavnye\\_trendy\\_v\\_mire/](https://medaboutme.ru/zdorove/publikacii/stati/sovety_vracha/iskusstvennyy_intellekt_v_meditsine_glavnye_trendy_v_mire/)
4. Лампов Л. ИИ в медицине: науки о жизни и открытие лекарств. // Хабр. 20.02.2019. [Электрон. ресурс] <https://m.habr.com/ru/post/440822/>
5. Университет Маккуори. ИИ для лечения аневризмы сосудов головного мозга. // Платформа «Искусственный интеллект». 15.08.2019. [Электрон. ресурс] <https://www.everest.ua/ru/ai-platform-2/health/ii-dlya-lecheniya-anevrizmy-sosudov-golovnogo-mozga-proekt-ge-healthcare-i-fujitsu-australia/>
6. Гусев А. ИИ в медицине. Портал Комплексные Медицинские Информационные Системы. 16.11.2016. [Электрон. ресурс] <https://www.kmis.ru/blog/iskusstvennyy-intellekt-v-meditsine>

7. Ежов А., Чечеткин В. Нейронные сети в медицине. // Открытые системы. СУБД. 1997. № 4. [Электрон. ресурс] <https://www.osp.ru/os/1997/04/179201/>
8. Применение нейронных сетей в медицине. // Сборник «Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века» – 2012. (Часть 2). [Электрон. ресурс] <https://bgscience.ru/lib/10934>
9. Ефимова Н. Нейронные сети: практическое применение. // Хабр. [Электрон. ресурс] <https://habr.com/ru/post/322392/>
10. Соколова А. Себрант: нейросети «Яндекса» помогут врачам ставить диагнозы. // Rubase. Раздел «Технологии». 2016. [Электрон. ресурс] <https://rb.ru/story/it-medicine-in-russia/>
11. Розыходжаева Г.А. Нейроэкспертные системы в построении информационной модели степени изменения сосудистой стенки у больных с каротидным атеросклерозом. // Прикладные сферы информационных технологий. 2005. С. 76-79. [Электрон. ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/v/neyroekspertnye-sistemy-v-postroenii-informatsionnoy-modeli-stepeni-izmeneniya-sosudistoy-stenki-u-bolnyh-s-karotidnym-aterosklerozom;>
12. Редько В.Г. Искусственные нейронные сети. // Эволюция, нейронные сети, интеллект. 2019. №23 Изд.10. С. 150-180. [Электрон. Ресурс] <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=249623>

## ЭКЗОСКЕЛЕТЫ

М.Н. Сердюков, А.В. Павловский, Е.Г. Петрова

Цель нашего проекта: осведомление и распространение информации в целях привлечения потенциальных спонсоров для оптимизации производственного процесса и удешевления.

### Введение

Экзоскелет – устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счет внешнего каркаса и приводящих частей [1].

Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях. Для определения этих пропорций следует пользоваться понятием анатомическая параметризация [1].

### 1. Классификация экзоскелетов

#### 1.1. Классификация по модулям

- для нижних конечностей – большинство (рис. 1);
- для верхних конечностей (рис. 2);
- комплексные (рис. 3);
- для кисти руки (рис. 4).

#### 1.2. Классификация по назначению

##### *Медицинские*

а) для восстановления функций тела человека после операций, болезней (рис. 5);

б) для «постоянного ношения» для людей с ограниченной мобильностью (рис. 6).

##### *Промышленные / Профессиональные*

Для использования на работе. Экзоскелет может использоваться в повседневной работе тех людей, которым приходится, например, поднимать тяжести. В Японии, например, экзоскелеты надевают банковские сотрудники, занимающиеся переносом упаковок с денежными купюрами.

Уместно также использование экзоскелетов в практике работников складов и т.п. Использование экзоскелетов поможет в спасательных операциях, например, при разборке завалов после землетрясений или других катастроф в городе.



Рис. 1. Экзоскелеты для нижних конечностей



Рис. 2. Экзоскелеты для верхних конечностей



Рис. 3. Комплексный экзоскелет

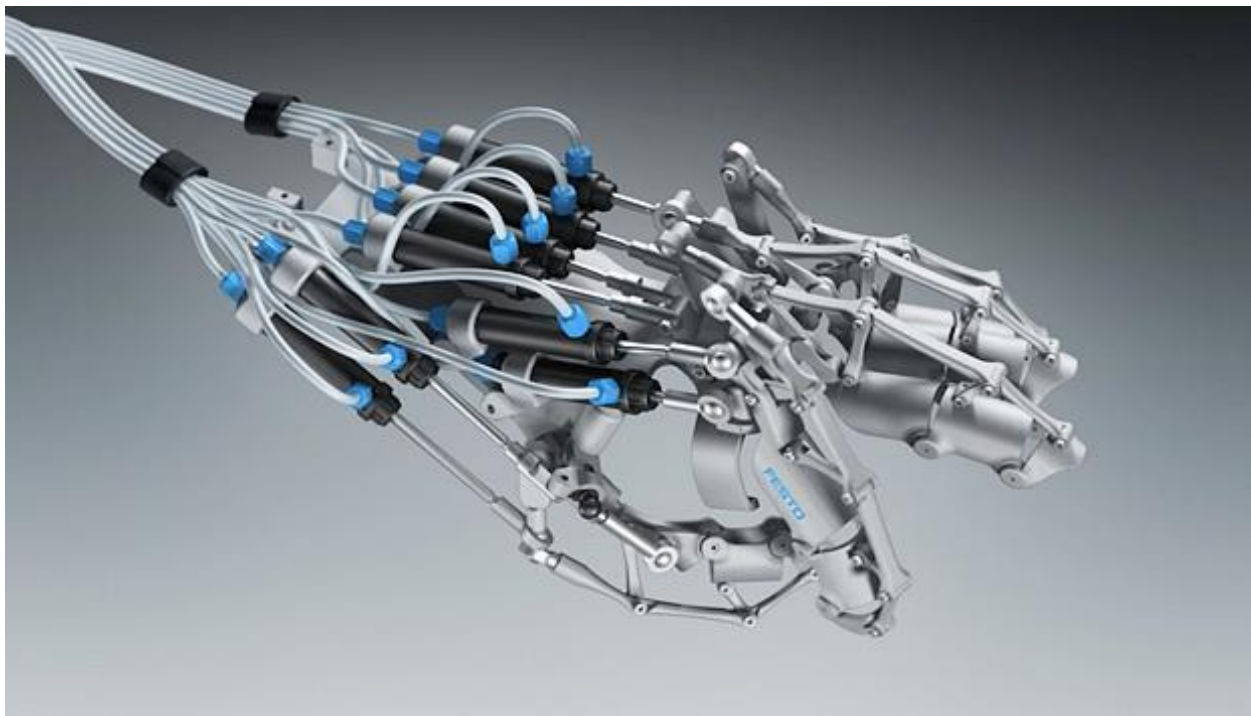


Рис. 4. Экзоскелет для кисти руки



**Рис. 5. Медицинский экзоскелет для восстановления функций тела человека после операций, болезней**



**Рис. 6. Медицинский экзоскелет для «постоянного ношения» людьми с ограниченной мобильностью**

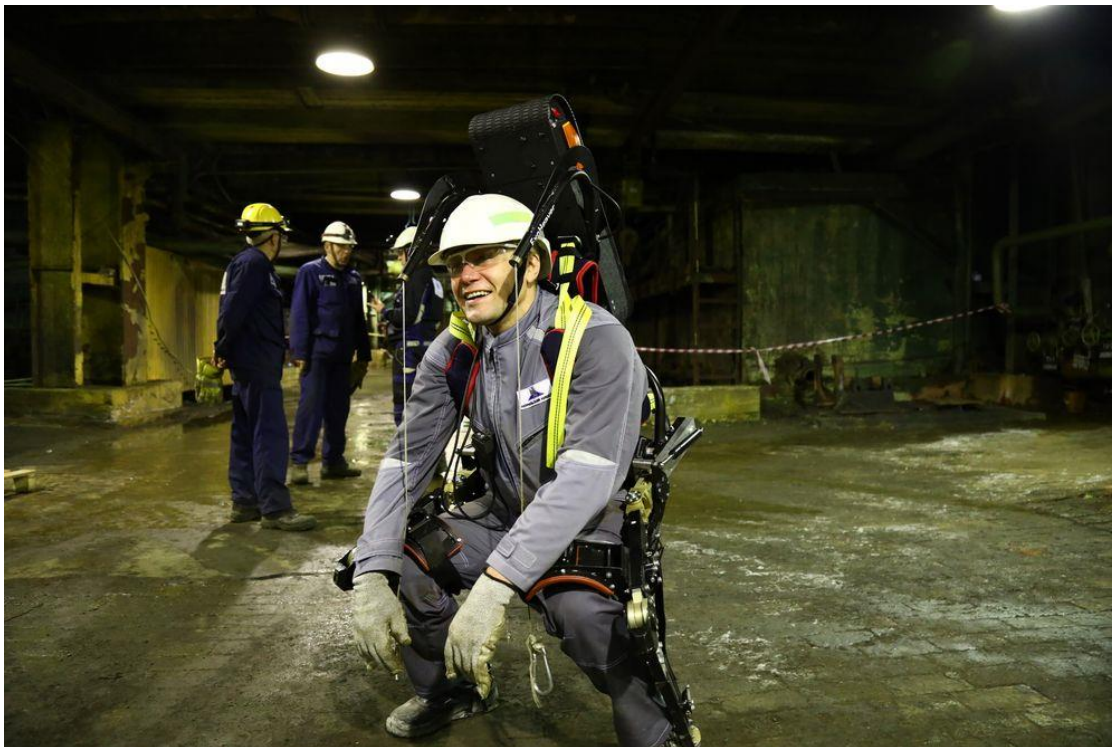
Примеры назначения:

- для работ в чрезвычайных ситуациях, например, разбор завалов (рис. 7);
- для работ на шахтах и тяжелых производствах (рис. 8);
- для монтажа быстровозводимых конструкций и в целом при строительных работах
- для снижения нагрузок при переноске, например, для переноски больных в скорую помощь, переноска емкостей с жидкостью для тушения пожаров, реагентов для различного рода обработок.
- для использования с тяжелыми инструментами (рис. 9) [1]

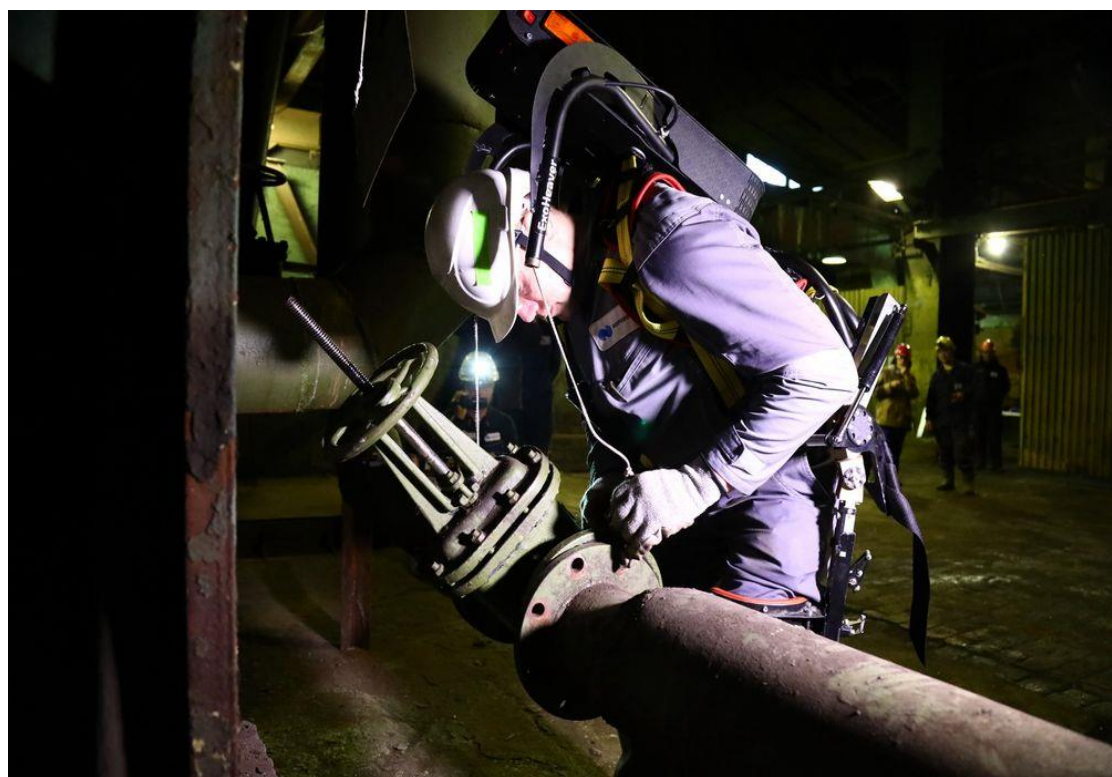


**Рис. 7. Промышленный экзоскелет для работ в чрезвычайных ситуациях, например, разбор завалов**





**Рис. 8. Промышленный экзоскелет для работ на шахтах и тяжелых производствах**



**Рис. 9. Промышленный экзоскелет для использования с тяжелыми инструментами**

*Военные*

Вызывают большой интерес у военных, соответствующие разработки идут в ряде стран, прежде всего, в США и Японии. Есть также разработки экзоскелетов для военных целей в России. [1]

Цели разработок военных экзоскелетов:

- увеличить возможности военнослужащих по переноске тяжелых грузов, включая погрузочно-разгрузочные работы (рис. 10);
- переноска тяжелого оружия, его использование без станков (рис. 11);
- возможность разбора завалов на марше;
- увеличение скорости передвижения до 7-11 км/ч с грузом до 70 кг;
- обеспечить возможность прыжков на высоту и расстояние большие, чем у обычного человека.



**Рис. 10. Военный экзоскелет для увеличения возможности переноски тяжелых грузов**



**Рис. 11. Военный экзоскелет для использования тяжелого оружия без станков**

Цель экзоскелета - усилить физические возможности человека за пределы возможностей среднего человека. В таком экзоскелете можно легко удерживать в руках различное стрелковое оружие, включая крупные калибры, поднимать тяжелые контейнеры со снаряжением, пробивать стены и вышибать двери. Пока что проблемой является отсутствие достаточно энергоемкого источника питания.

### ***1.3. Классификация по источнику питания***

- Не имеющие источников питания и работающие за счет усилий оператора (пассивные, рис. 12).

- Оснащены двигателями (активные, рис. 13), которые могут получать энергию извне, но чаще – от аккумулятора, которым снабжен силовой экзоскелет. Силовые экзоскелеты позволяют человеку выполнять различный физический труд с минимумом усилий, либо усиливают возможности человека за пределы возможностей средне развитого физически человека.



**Рис. 12. Пассивный экзоскелет**



Рис. 13. Активный экзоскелет

#### ***1.4. Классификация по типу датчиков***

- Контактные (например, миографические).
- Бесконтактные (например, датчики усилий).

#### ***1.5. Классификация по типу силового привода***

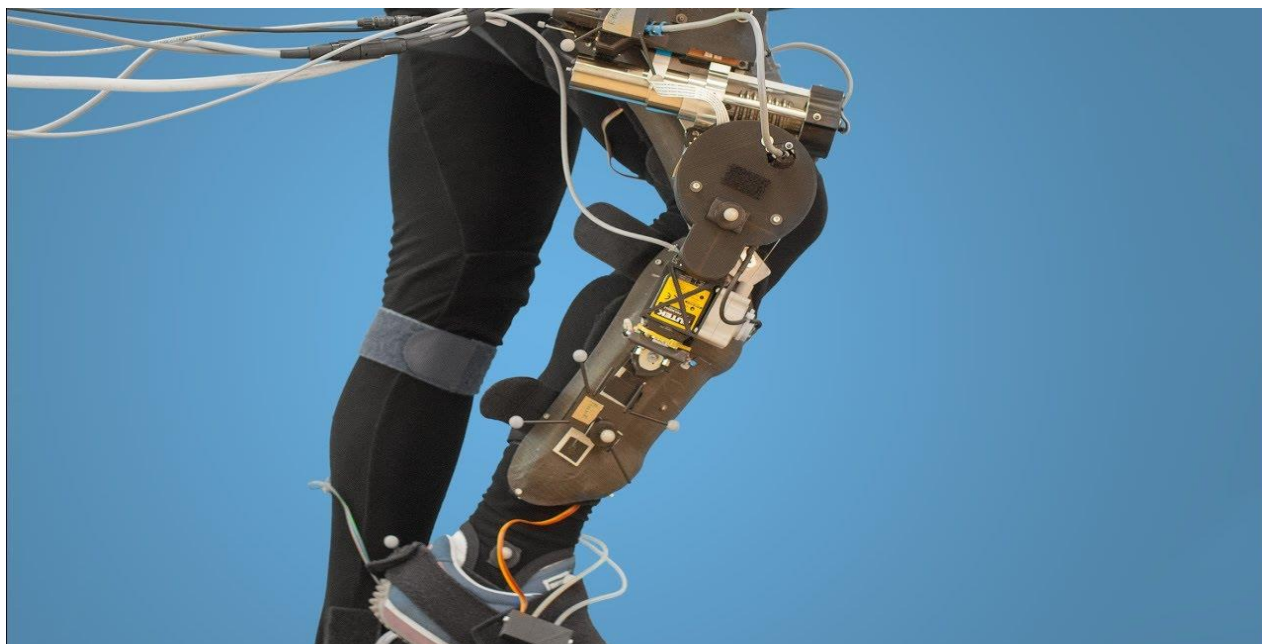
- Электрический (рис. 14).
- Гидравлический (обеспечивает большой диапазон скоростей и нагрузок при неплохих массогабаритных показателях по сравнению с электрическим, рис. 15) [1].

## **2. Медицинские экзоскелеты**

### ***2.1. Главная задача медицинского экзоскелета***

Медицинский экзоскелет позволяет человеку с ограниченной подвижностью самостоятельно передвигаться и даже поднимать тяжести. Медицинские экзоскелеты предназначены для реабилитации пациентов

после временной утраты ими подвижности, например, после инсульта, после операции. Также есть медицинские экзоскелеты, предназначенные для постоянного ношения людьми с ограниченной подвижностью, включая пожилых.



**Рис. 14. Электрический экзоскелет**



**Рис. 15. Гидравлический экзоскелет**

## **2.2. Модули медицинских экзоскелетов:**

Различают экзоскелеты для верхних конечностей и для нижних конечностей. Они могут быть объединены в единый комплекс.

## **2.3. Медицинские экзоскелеты в наше время**

Медицинские экзоскелеты до сих пор развивались с привлечением специалистов из клиник. Постепенно ситуация меняется, в процесс включается менее специализированные организации в области здравоохранения, по мере того, как на рынке появляется больше продуктов. В основном именно такие организации выступают покупателями подобных продуктов, поскольку расходы на покупку и обслуживание таких устройств не просто компенсировать за счет медицинской страховки или аналогичных источников. В плане регулирования важным является, обеспечивает ли действующее законодательство возможность получения экзоскелета в рамках социального обеспечения или медицинского страхования.

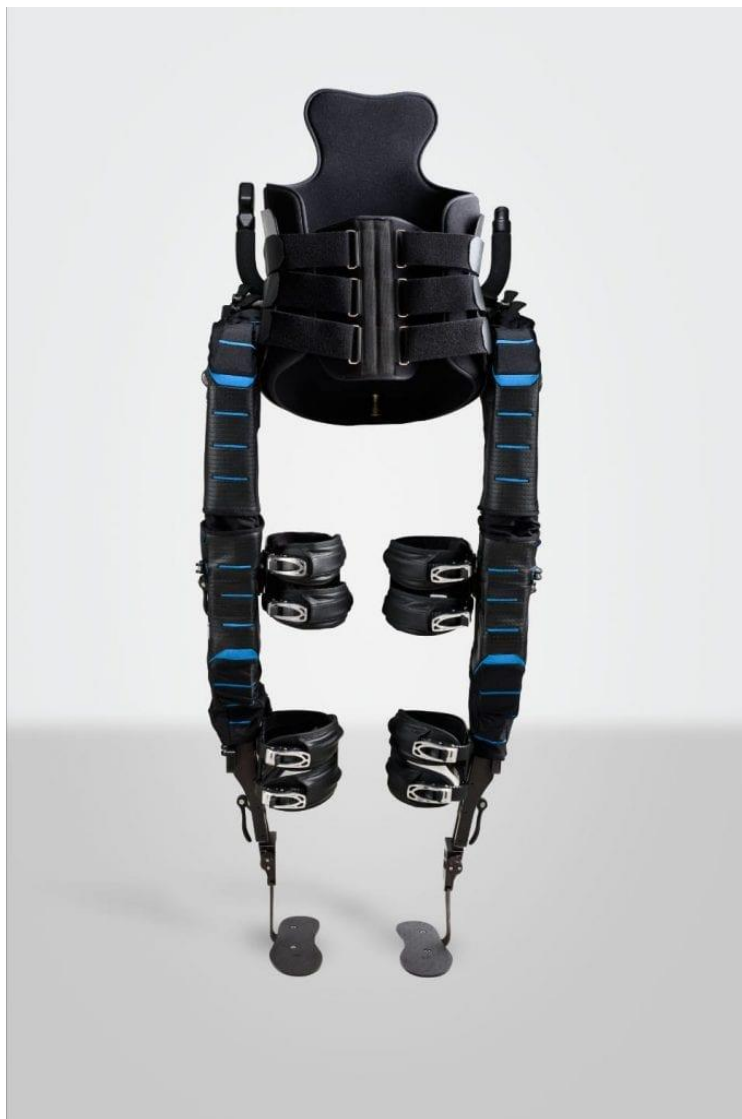
Встречаются универсальные экзоскелеты, которые могут использовать не только маломобильные пациенты, но и все, кто работает с тяжестями или занимается тяжелым физическим трудом.

Отдельной темой являются кибернетические робопротезы ног и рук.

Идут разработки также в области «мягких» носимых роботов, выполняющих схожие с экзоскелетами функции, например, помогающие ходить маломобильным людям, военным и сотрудникам промышленных предприятий.

ExoAtlet – экзоскелет, который предназначен для реабилитации пациентов с нарушениями функции ходьбы вследствие травм, заболеваний опорно-двигательного аппарата или нервной системы (рис. 16).

Тренажер специальным образом закрепляется на теле человека и конечностях, напоминая внешний скелет, благодаря чему и получил свое название. Экзоскелет создает опору для тела, благодаря которой пациенты получают возможность вставать, садиться, ходить, подниматься и спускаться по лестницам без посторонней помощи. Конструкция аппарата предусматривает наличие компьютера с системой управления, а также аккумуляторов, что обеспечивает автономность использования тренажера.



**Рис. 16. ExoAtlet**

Несмотря на внушительный вес, экзоскелет совершенно не ощущается пациентом, так как вся нагрузка ложится на конструкцию тренажера.

Устройство имеет гибкие параметры настройки, благодаря которым может адаптироваться под антропометрические особенности каждого пациента.

В ходе процесса реабилитации с использованием тренажера, повторяется естественный паттерн ходьбы человека, благодаря чему пациенты могут вернуться к нормальной жизни значительно быстрее. Для повышения эффективности реабилитации в тренажере предусмотрена возможность стимуляции мышц с помощью электрических импульсов, синхронизи-



зированных с движением экзотлета. Специальное программное обеспечение тренажера позволяет отслеживать и своевременно корректировать процесс реабилитации.

Помимо основных задач, реабилитация с использованием экзоскелета способствуют нормализации артериального давления, увеличению объема легких, предотвращению дегенерации мышечных и костных тканей, повышению подвижности в суставах.

Благодаря выраженному эффекту, который заметен уже после нескольких тренировок с использованием экзоскелета, многие пациенты отмечают улучшение эмоционального состояния.

Возможность применения экзоскелета и использования высокотехнологичных и инновационных аппаратов позволяет специалистам Лечебно-реабилитационного центра при “Клинической больнице” управления делами Президента РФ оказывать медицинскую помощь на самом высоком уровне.

#### **2.4. Каталог медицинских экзоскелетов [2]**

##### *Российские экзоскелеты:*

- **ExoAtlet (ЭкзоАтлет)**, Россия; действующий прототип медицинского экзоскелета для постоянного ношения.
- **ExoAtletAlbert (ЭкзоАтлет, Альберт)**, Россия; действующий прототип медицинского экзоскелета для постоянного ношения
- **ExoLite**, Россия, Курск; прототип экзоскелета для нижних конечностей
- **ExoMeasure**, Россия, Курск; прототип пассивного экзоскелета для нижних конечностей

##### *Зарубежные экзоскелеты:*

- **Cyberdyne HAL 3**, Япония; для нижней части тела.
- **Cyberdyne HAL 5**, Япония; для всего корпуса.
- **EksoBionicsEkso**, США; медицинский экзоскелет для постоянного ношения.
- **Harmony**, США; медицинский экзоскелет для реабилитации мышц верхней части туловища.

- Indego, ParkerHannifin, США; медицинский экзоскелет для клинического и повседневного использования.
- Phoenix, SuitX, США; медицинский экзоскелет для самостоятельного передвижения маломобильным (парализованным). \$40 тысяч в 2016 году.
- ReWalk, Израиль; медицинский экзоскелет для медицинской терапии маломобильных пациентов.
- ReWalk P, Израиль; медицинский экзоскелет для повседневного использования маломобильными пациентами.
- REX, REX Voinics, Новая Зеландия; медицинский роботизованный экзоскелет для реабилитации после операции.
- REX-P, REX Voinics, Новая Зеландия; медицинский роботизованный экзоскелет для реабилитации после операции в домашних условиях.
- WAD, Honda, Япония; экзоскелет, облегчающий хождение для пожилых людей.
- UniExo, Украина; экзоскелет для частично парализованных людей, разработка 2017 года, первое место на конкурсе RobotLaunch 2017.
- Unnamed, UnivercityofHertforshire, Европа; экзоскелет-перчатка для восстановления правильной двигательной активности кисти руки, например, после инсульта.

### **Заключение**

Развитие экзоскелетов очень важно в наше время. Также важно привлечение спонсоров в этой области, оптимизация производственного процесса и удешевление.

### **Литература**

1. Экзоскелет. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Экзоскелет> (дата обращения 02.11.2019)
2. Robotrends [Офиц. сайт] <http://robotrends.ru/> (дата обращения 28.11.2019)
3. Airsoftpowerplay [Офиц. сайт] <https://airsoftpowerplay.com/talos> (дата обращения 02.11.2019)
4. ExoAtlet [Офиц. сайт]. <https://www.exoatlet.com/> (дата обращения 02.11.2019)

## **НЕИНВАЗИВНЫЕ ГЛЮКОМЕТРЫ**

**Р.С. Мясоедов, К.Ю. Рулёв, И.Б. Кондряков,  
Г.А. Алиев, Н.И. Дорогой, Л.М. Никифоров**

Статья посвящена изучению неинвазивного глюкометра и последующему сравнению его с инвазивным. Для начала рассказывается история этого изобретения, приведены факты упоминания этого устройства, а также того, что с ним связано. В статье говорится о характеристиках и функциях неинвазивного глюкометра, а также о его принципе работы. Важно заметить, что неинвазивный глюкометр сравнивается с инвазивным, и находятся определённые отличия этих приборов. Нельзя не упомянуть о примерах неинвазивных глюкометров разных компаний, приведённых в статье.

### **Введение**

В настоящее время в мире проживает более 7,7 миллиарда человек. Только в этом году родилось чуть менее 120 миллионов человек. К сожалению, люди часто рождаются с хроническими заболеваниями. Некоторые из них лечат, а другие – нет. Одним из таких хронических заболеваний является диабет. Это заболевание, при котором организм не может вырабатывать инсулин или использовать существующий инсулин, гормон, который необходим для передачи глюкозы (сахара) из крови в клетки организма. К сожалению, диабет можно получить, если вести довольно нездоровый образ жизни, заразиться вирусом, который разрушает клетки поджелудочной железы, ответственные за выработку инсулина, а в некоторых случаях развивается ближе к старости.

Если мы обратимся к статистике, то увидим, что людей с диабетом чрезвычайно много. По данным Всемирной организации здравоохранения, число людей, пострадавших от этого заболевания, превысило 425 миллионов в 2018 году.

Для контроля уровня глюкозы в организме люди используют глюкометры. На данный момент на рынке преобладают инвазивные глюкометры. Они, в свою очередь, работают по двум принципам – фотометрическому и электрохимическому. Фотометрический принцип работы глюкометра заключается в том, что в зависимости от уровня глюко-

зы происходит изменение цвета реагента, наносимого на чувствительную область тест-полоски. За счет изменения интенсивности цвета этого реагента, который определяет оптическая система глюкометра, определяется уровень глюкозы в крови. Фотометрический принцип измерения не совсем точен. На анализ влияют многочисленные факторы, которые искажают результаты. Глюкометры, работающие по фотометрическому принципу, имеют большие погрешности в измерениях. Электрохимический же принцип измерения основан на том, что на чувствительное поле тест-полоски наносится специальный реагент. Когда глюкоза, содержащаяся в капле крови, взаимодействует с этим реагентом, происходит реакция, приводящая к накоплению электрического потенциала. Глюкометр, благодаря этому потенциалу, определяет уровень глюкозы в крови в это время. Электрохимический метод более точен, погрешность таких глюкометров минимальна. Большинство современных глюкометров работают по электрохимическому принципу.

К сожалению, для измерения уровня сахара в крови в эстетике довольно часто такие частые тесты приводят к неудобным показаниям. Поэтому ученые начали активно разрабатывать неинвазивные глюкометры.

### **1. История создания неинвазивного глюкометра**

Первые упоминания о неинвазивных глюкометрах были еще в 90-х годах В 1992г. кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник Института неврологии, психиатрии и наркологии АМН Украины, Малыхин Анатолий Витальевич, проводил исследования и определял корреляционные зависимости между биохимическими показателями и формулой крови. В 2002г, была создана программа УСПЕХ, основанная на исследовании формулы крови (полученной в лабораторных условиях). Учитывая эти параметры, программа давала возможность определять биохимические, гемодинамические и метаболические показатели жизнедеятельности человека.

Работа по улучшению программного обеспечения проводилась совместно с сотрудником Физико-технического института низких температур

АМН Украины Зайцевым Владимиром. По мере анализа данного варианта программы, обнаружались спорные моменты в исследовании параметров жизнедеятельности (в некоторых случаях отсутствует (либо она очень незначительна) корреляционная зависимость между биохимическими и метаболическими показателями). На них программа не могла дать логического ответа.

В 2002 году Малыхин А. В., определив температуру в определенных местах человеческого тела с помощью мономерного метода, пришел к выводу, что эти показатели несут важные информационные значения. Была определена взаимосвязь между телом и его температурой. Было предложено одновременно измерять параметры температуры в активных точках в режиме реального времени. Эти моменты определялись эмпирически, исходя из многолетнего практического опыта Малыхина А. В. Данное новшество было реализовано в модифицированном программном обеспечении. Этот программный продукт разрабатывался совместно с ООО НПК «Биопроминь» и его директором Пулавским Анатолием Антоновичем. При анализе получаемых результатов, определилась их высокая потенциальная возможность. Было предложено реализовать данный программный продукт в виде аппаратно-программного комплекса, который в дальнейшем получил название «Анализатор крови неинвазивный АМП (название связано с именами и фамилиями создателей)».

Методологические этапы разработки описаны в более чем 50 публикациях, 3 патентах Украины, в том числе методические рекомендации «Неинвазивный метод определения формулы крови, метаболических и гемодинамических показателей жизнедеятельности человека».

На основе этой разработки в 2005 году Малыхин А. В. защитил докторскую диссертацию в Институте ноосферных технологий Академии Естественных наук Российской Федерации при специализированном междисциплинарном совете Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации. Малыхину А. В. присвоена докторская степень по специальности «неврология и химия, лаборатория». Само изобретение и показ глюкометров от разных фирм начался только в 21 веке. [1, 2]

## 2. Структура неинвазивного глюкометра

В последние годы получили развитие поиски замены инвазивной технологии неинвазивной без нарушения целостности кожи. Неинвазивные методы измерения концентрации глюкозы в крови основаны на использовании отличия ее оптических и химических свойств и корреляционной связи уровня глюкозы с различными показателями жизнедеятельности человека.

Во всех неинвазивных оптико-электронных приборах используется источник широкополосного импульсного излучения с последующим анализом поглощения лучей света на определенной длине волны за счет узкополосных интерференционных фильтров и отдельных приемников. Недостатком этого способа является разброс чувствительности фотоприемников, а затем нужны перед каждым измерением производить калибрование прибора.

В источниках [3-4] предложен комбинированный прибор, который позволяет одновременно измерять три параметра: билирубин ( $\lambda = 0,46$  мкм), гемоглобин ( $\lambda = 0,55$  мкм) и глюкоза ( $\lambda = 0,94$  мкм), по отношению к коже  $\lambda = 0,7$  мкм. С помощью этого пространственного линейного фоточувствительного прибора зарядовой связью (ФПЗС), показанного на рис. 1. Приведена структурная схема прибора, в состав которого входят оптико-электронный блок (11), блок обработки информации (12), блок индикации на ЖК-индикаторе и блок питания со стабилизатором от пяти аккумуляторов. Оптико-электронный блок сделан из волоконного факона (3), интерференционных фильтров (4-7), линейного ФПЗС (9), светофильтра (8), который обрезает ультрафиолетовые и инфракрасные излучения, лампы-вспышка с отражателем (10).

Блок обработки информации состоит из микроконтроллера и аналого-цифрового преобразователя. Микроконтроллер нужен для управления линейным ПЗС, а также для проведения важных вычислений по результатам измерений. Процесс измерения заключается в следующем: прибор ставится волоконным датчиком к коже пациента, срабатывает лампа-вспышка, и широкополосное излучение через передаточный волоконный

канал направляется в кожу пациента. Рассеянный и отраженный оптический сигнал через приемные каналы волоконного фоконя и интерференционные фильтры направляются на линейки ПЗС. Крепления волоконного фоконя, фильтров и линейного ПЗС делаются методом оптического склеивания. Информация из выхода микроконтроллера поступает на ЖК-индикатор, где показывается значение измеряемых параметров в абсолютных величинах: билирубин 0–400 мкмоль/л, гемоглобин 0–300 г/л, глюкоза 0–40 моль/л.

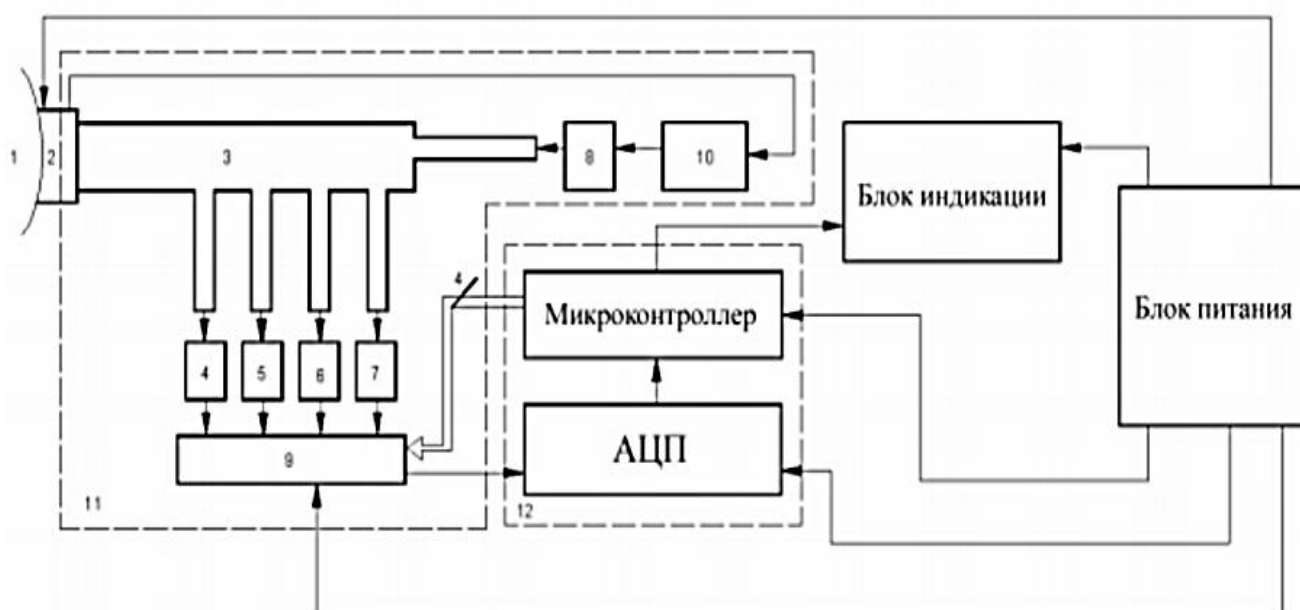


Рис. 1. Структурная схема гемобилиглюкометра: 1 – исследуемый участок кожи; 2 – подвижное приспособление; 3 – оптоволокно; 4–8 – светофильтры; 9 – приемник излучения; 10 – источник излучения; 11 – оптический блок; 12 – полупроводниковый блок

### 3. Свойства и функции неинвазивного глюкометра.

#### Методы неинвазивного измерения глюкозы крови

##### 3.1. Свойства и функции неинвазивного глюкометра

Преимущества неинвазивной диагностики включают отсутствие неприятных ощущений при проколах и последствиях в виде коренга, нарушения кровообращения, снижение стоимости тест-полос и исключение инфекций через раны.

Но в то же время, все ученые и пациенты подчеркивают, что, несмотря на высокую стоимость устройств, точность показателей еще невысока, и ошибки присутствуют. Поэтому ученые рекомендуют не ограничиваться только использованием неинвазивных устройств, особенно с неустойчивыми уровнями глюкозы в крови или с высоким риском осложнений в виде коматозных состояний. [5]

### **3.2. Методы неинвазивного измерения глюкозы крови**

1. *Инфракрасная спектроскопия (ИК)* наиболее часто используется для этой цели в близком диапазоне 750-2500 нанометров (Нм). Метод основан на анализе оптического поглощения ИК-излучения, длина волны которого находится в области поглощения глюкозы в крови (пики 840, 940 и 1045 Нм). Для этого излучение должно пройти через ткани организма и попасть в фотоприемник, где регистрируется нужный спектр.

Частью корпуса, которая очень удобна для расположения между источником ИК-излучения и приемником, является ушной палец или мочка; в предыдущем случае используется конструкция типа клипсы. Но этот метод не достигает необходимой точности из-за влияния комплекса побочных эффектов-индивидуальных особенностей кожи и состава интерстициальной жидкости, а также наличия сильных пиков водопоглощения в области 960 Нм. Вода, как известно, является одним из основных компонентов организма, и вышеупомянутый пик избегает пиков глюкозы.

2. *Поляризация спектроскопии*, то есть изменение плоскости поляризации в зависимости от концентрации глюкозы. Недостатком этого метода является наличие и других веществ помимо глюкозы, также изменяется поляризация света, влияние температуры и роговицы глаза. Было очень трудно учесть все эти факторы.

3. *Исследование зависимости электрической проводимости* крови от уровня глюкозы. Обычно рассматриваются такие параметры, как проводимость крови, ее электрическое сопротивление, электроемкость определенной фазы.

4. *Исследование зависимости тепловых характеристик* крови от уровня глюкозы. Обычно рассматриваются такие параметры, как тепло-



проводность и теплоемкость. Возникающие трудности - примерно такие же, как в предыдущем случае.

5. Физико-химический метод связан с определением уровня глюкозы в межклеточной жидкости. В этом случае используются различные методы технической реализации: межклеточная жидкость может быть извлечена через кожу, буквально влияя на область анализа слабым электрическим током; Лазер может использоваться для создания микропор, в которых межклеточная жидкость собирается. Для определения содержания в ней глюкозы используется специальный датчик, который относится к расходным материалам, что увеличивает стоимость анализа. Кроме того, есть еще одна проблема: уровень глюкозы в межклеточной жидкости не отражает значения того, находится ли в моментальном содержании глюкозы в крови, и задерживается на 10 минут. Существуют и другие трудности, связанные с состоянием кожи пациента, а иногда с необходимостью заменой области анализа и т. д.

6. Другим физико-химическим методом является *макроскопия глаз*.

Используются специальные контактные линзы, содержащие гидрогель. Гидрогель взаимодействует с глюкозой слезной жидкости, с ее изменением цвета в зависимости от концентрации глюкозы, которая контролируется спектрофотометром. Недостатки почти такие же, как и в предыдущем случае.

7. *Тепловая спектроскопия*. Метод основан на инфракрасном излучении глюкозы при нагревании кожи и показывает лучевую зависимость концентрации глюкозы. Недостатки: кожа должна быть охлаждена до 12 градусов в тестовой зоне; температура тела может варьироваться независимо от содержания глюкозы.

8. *Спектроскопия Романовская* основана на том, что существует зависимость молекулярного спектра дисперсии от концентрации глюкозы в жидкости и, в частности, в крови. Для возбуждения спектра область анализа (например, ладонь) излучается слабым лазером. [6]

#### 4. Сравнение инвазивного глюкометра и неинвазивного глюкометра

Чтобы говорить о сравнении инвазивного глюкометра и неинвазивного глюкометра нужно сначала понять какие бывают инвазивные глюкометры.

А. *Фотометрический глюкометр* – работает на основе анализа крови. Пациент должен проколоть палец и нанести каплю образца на тест-полоску. Покрытый специальным составом реагентов, он меняет цвет в зависимости от содержания сахара в образце. Современная аппаратура может сделать всю работу для потребителя. Глюкометр измеряет изменение цвета самой полосы, производя результаты теста на экране. Несмотря на эту передовую технику, приборы такого рода не отличаются высокой точностью. Причина недостатков оптической системы: загрязнение линз сильно влияет на погрешности измерений.

Б. *Электрохимический* – также инвазивный глюкометр как фотометрический.

Если сделать сравнение, какой глюкометр лучше выбрать из бюджетных, электрохимических или фотометрических моделей – первый обгоняет второй почти по всем параметрам. Это связано с большей точностью и стабильностью измерений результатов испытаний. План работы устройства таков:

- пациент делает прокол пальца;
- тест-полоска изменяет характеристики в зависимости от содержания сахара в крови;
- электрохимический глюкометр показывает и определяет электрический ток, возникающий во время химической реакции.

Благодаря достижениям современной техники можно фиксировать измерения с высокой точностью.

В. *Лазерный глюкометр* показывает развитие классической технологии. Пациенту не нужно делать прокол в пальце - устройство сделает это за него. У него так называемый лазерный перфоратор. В результате дей-

ствия светового импульса кожа сгорает, берется кровь, ее поток останавливается при обжиге микроскопической зоны проникновения.

Г. *Бесконтактный глюкометр* можно назвать хорошим решением для дома, для пожилых людей, детей и взрослых. Это совершенно неинвазивное устройство. Нет необходимости проколоть палец, назначить время для измерений. Принцип работы устройства выглядит следующим образом:

- когерентное излучение в узком диапазоне длин волн направлено на поверхность кожи;
- при отражении лучи меняют свои параметры;
- приемник устройства захватывает характеристики вторичного излучения;
- компьютер анализирует данные и отображает результаты измерений.

Прибор этого вида также является тактильным глюкометром: вы можете просто поддержать ваш палец напротив панели для измерений. Устройство может работать в разных форматах. Например, очень популярен портативный браслет глюкометр. Технология измерения была разработана настолько, что сегодня даже умные часы учатся подсчитывать количество сахара в крови.

В итоге можно сказать, что неинвазивный глюкометр в сравнении с инвазивным:

- 1) дороже;
- 2) точнее;
- 3) удобнее в применении;
- 4) намного современнее;
- 5) менее распространенный [7-8].

## **5. Примеры неинвазивного глюкометра от различных компаний**

*GlucoTrack DF-F* (рис. 2). Глюкометр без прокола пальца, который использует одновременно три технологии измерения: электромагнитное, ультразвуковое и термальное обследование. Благодаря этому производи-

тель решает проблему неточности результатов. Клинические испытания устройства GlucoTrack DF-F проводились в Медицинском центре. Там было сделано более 6500 измерений, результаты почти полностью совпадали с обычными методами измерения глюкозы в крови.



Рис. 2. Неинвазивный глюкометр GlucoTrack DF-F

Это устройство имеет оптимальный размер, имеет дисплей, на котором отображаются данные и зажим датчика, который крепится к мочке уха. GlucoTrack DF-F заряжается с помощью USB-порта, возможна синхронизация с компьютером. В то же время, устройство может использоваться тремя людьми, каждый из которых должен иметь индивидуальный датчик.

*Симфония tCGM* (рис. 3). Неинвазивный глюкометр, который измеряет уровень сахара в крови трансдермально (через кожу). Чтобы правильно установить датчик и прибор показывал точные результаты, нужно предварительно обработать кожу специальным приспособлением - Prelude SkinPrep System. Он срезает верхний шар кожного покрова. Процедура безболезненная, убирается только шар ороговевших клеток толщиной 0,01 мм. Это необходимо для улучшения теплопроводности кожи.

На подготовленную кожу крепится датчик, который будет брать анализы межклеточной жидкости и измерять показатель глюкозы в крови, при этом не будет никаких болезненных проколов. Датчик не приносит

человеку никакого вреда. Прибор автоматически измеряет уровень глюкозы в крови каждые 20 мин. Результаты исследований присылает на ваш мобильный телефон.



Рис. 3. Неинвазивный глюкометр Симфония tCGM

Омелон В2 (рис. 4). Это уникальный неинвазивный прибор, который одновременно может показывать уровень глюкозы без повреждения кожи, артериальное давление и пульс. Аппарат разработала компания «Омелон» совместно с учеными из университета имени Н.Э. Баумана и Российской академии наук.



Рис. 4. Неинвазивный глюкометр Омелон В2

На официальном сайте описан принцип работы глюкометра Омелон В2. Ученые определили зависимость артериального давления, тонуса кро-

веносных сосудов и пульса от уровня глюкозы. Все знания ученых помещены в эту машину. Омелон В2 предназначен только для здоровых людей и людей с сахарным диабетом 2 типа. Разработчики не рекомендуют использовать это устройство при сахарном диабете 1 типа, когда глюкоза находится в объёме от 2 до 18 моль/л, погрешность будет находиться в пределах 20%.

По данным Омелон В2-автоматический измеритель артериального давления. Нигде не сказано, что это глюкометр. Положительными сторонами являются измерение глюкозы без прокола пальца, отрицательными-большие габариты и неточность результатов.

*Glucowise* (рис. 5). Измерение уровня глюкозы в крови проводится на уровне капилляров, без единого прокола пальца.



**Рис. 5. Неинвазивный глюкометр Glucowise**

Принцип работы. В Glucowise будет находиться специальный датчик, который пропускает через определенный участок кожи (мочка уха или кожная складка между большим и указательным пальцами) высокочастотные волны. Второй датчик получает сигнал и сравнивает с исходными радиоволнами. На основании алгоритма уже будет рассчитываться уровень глюкозы в крови.

На анализ потребуется всего 10 секунд. Все результаты измерений можно будет перебросить на смартфон через специальное приложение или Smart Cloud (облачный сервер).

## 6. Малоинвазивные глюкометры без прокола пальца

*Freestyle Libre Flash* (рис. 6). Фристайл Либре – специальная система непрерывного мониторинга глюкозы в крови от производителя Abbott. Он состоит из датчика (анализатора) и считывателя (устройства чтения с дисплеем, на котором отображаются результаты). Датчик обычно фиксируется на предплечье специальным механизмом установки в течение 14 дней, процесс установки почти безболезнен.



Рис. 6. Малоинвазивный глюкометр Freestyle Libre Flash

Чтобы измерить уровень глюкозы вам больше не нужно уколоть палец, купите тест-полоски и ланцеты. Узнать показатели сахара можно в любой момент, просто поднесите считыватель к датчику и через 5 секунд все индикаторы будут отображаться на экране. Вместо ридера можно использовать телефон, для этого необходимо скачать специальное приложение.

Основные преимущества:

- датчик водонепроницаемый;
- незаметность;
- непрерывный контроль уровня глюкозы;
- низкая инвазивность.

*Dexcom G6* (рис. 7). *Dexcom G6* – новая модель системы для мониторинга уровня глюкозы в крови от американского производителя. Она состоит из сенсора, который крепится на тело, и ресивера (считывающего устройства). Малоинвазивный глюкометр могут использовать взрослые и дети старше 2 лет. Прибор можно интегрировать с автоматической системой введения инсулина (инсулиновой помпой).



**Рис. 7. Малоинвазивный глюкометр Dexcom G6**

По сравнению с предыдущими моделями, *Dexcom G6* обладает рядом преимуществ:

- устройство автоматически откалибровано в производстве, поэтому пользователю не нужно прокалывать палец и устанавливать начальное значение глюкозы;
- передатчик на 30% тоньше;
- установка устройства безболезненна и производится одной кнопкой;
- добавляется предупреждение, которое активируется за 20 минут до ожидаемого снижения уровня сахара в крови менее 2,7 ммоль / л;
- более высокая точность измерения;



- прием парацетамола не влияет на точность полученных значений [9]

### **Заключение**

В заключение стоит сказать, что наука не останавливается. Каждый год ученые и инженеры изобретают новые способы измерения глюкозы.

Российские ученые уже работают в этом направлении. Так, российская компания «Brainbit», резидент ИК «Сколково», разработала неинвазивный измеритель уровня глюкозы в крови, который может упростить жизнь спортсменам со всего мира.

Первоначально биофизики работали над устройством часто даже дома. Было принято решение о разработке на основе метода оптической спектроскопии, так как уже был приличный опыт в оптической электронике, и этот метод сделал возможным избежать большинства ошибок конкурентов, которые не учитывали влияние на результаты измерения основных компонентов крови и кожи, воды и меланина. В конце 2014 года был создан первый прототип неинвазивного глюкометра на собственные полмиллиона рублей. Первые тесты и исследования были проведены на заводе Санкт-Петербурга и Пуэрто-Рико. Эта география позволила нам её проанализировать работу счетчика у людей со светлым и темным цветом кожи. Результаты первоначальных испытаний были одобрены учредителями и стартовой командой, хотя возникли проблемы с точностью прибора, поэтому было принято решение инициировать патентную процедуру разработанного технологического решения. Патентование прибора в России не было большой проблемой

### **Литература**

1. Ни капли крови: как петербургский стартап «Брейн Бит» изобрел точный атравматический глюкометр. URL: <https://hightech.fm/2019/03/12/brain-beat> (дата обращения 08.11.19)
2. История создания неинвазивного метода определения формулы крови. URL: <http://www.amp.life3000.ru/articles/istoriya-sozdaniy> (дата обращения 09.11.19)

3. Неинвазивные глюкометры. Спектрофотометрический сенсор хлорофилла. URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/590/446/lecture> (дата обращения 08.11.19)
4. Глюкометры. URL: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/27971/1/TPU173904.pdf> (дата обращения 09.11.19)
5. Преимущества и недостатки неинвазивных глюкометров. URL: <https://diabet-expert.com/glyukometr/glyukometr-neinvazivnyj-7#i-2> (дата обращения 09.11.19)
6. Неинвазивный глюкометр: обзор проблемы, Методы неинвазивного измерения глюкозы крови. URL: <https://moidiabet.ru/articles/neinvazivnii-glyukometr-obzor-problemi-1> (дата обращения 09.11.19)
7. Неинвазивные глюкометры и некоторая информация о них. URL: [https://www.livemd.ru/tags/neinvazivnye\\_glyukometry/](https://www.livemd.ru/tags/neinvazivnye_glyukometry/) (дата обращения 09.11.19)
8. Как работает неинвазивный глюкометр. URL: <https://bezdiabeta.net/glyukometry/neinvazivnyj-glyuk> (дата обращения 08.11.19)
9. 9 лучших разработок неинвазивного глюкометра. URL: <https://evercare.ru/noninvasive-glucometer> (дата обращения 09.11.19)