

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Балашовский институт (филиал)

Кафедра физики и информационных технологий

**ОСОБЕННОСТИ ВОСТАНОВЛЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 143 группы  
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профиля  
«Биомедицинская инженерия»,  
факультета математики, экономики и информатики  
Мухамадиева Богдана Рефатовича

Научный руководитель  
доцент кафедры ФиИТ,  
кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ А.Н. Сорокин  
(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ  
кандидат педагогических наук,  
доцент \_\_\_\_\_ Е.В. Сухорукова  
(подпись, дата)

**Балашов 2017**

## ВВЕДЕНИЕ

Создание экологически чистых материалов с полезными свойствами остается одной из ключевых проблем современности. Актуальность и необходимость разработки новых биоматериалов обусловлена существующим высоким спросом на полимерные материалы для различных сфер деятельности и, прежде всего, биомедицины. Сегодня остро востребованы биосовместимые материалы для общей и сердечно-сосудистой хирургии, для изготовления протезов кровеносных сосудов, искусственных клапанов сердца, систем искусственного и вспомогательного кровообращения, для ортопедии и стоматологии, лекарственных форм нового поколения, сорбентов и т. д.

Разработка новых материалов медицинского назначения, предназначенных для контакта со средой живого организма, представляет собой задачу высокой сложности. Особо востребованы специализированные биосовместимые материалы для сформировавшегося в последние годы нового направления медицинского материаловедения – клеточной и тканевой инженерии, связанного с реконструктивной хирургией и разработкой биоискусственных органов. Эти исследования реализуются на стыке химии высокомолекулярных соединений, биотехнологии, биофизики, молекулярной и клеточной биологии и медицины и включают в себя комплекс взаимосвязанных фундаментальных задач: разработку новых материалов, методов модификации и их переработки в специализированные изделия биомедицинского назначения; изучение механизма взаимодействия биоматериалов с кровью и тканями; оценку физико-химических и медико-биологических свойств биоматериалов и изделий из них; экспериментально-клиническое исследование и применение новых материалов и изделий.

Этим обосновывается **актуальность** выбранной темы выпускной квалификационной работы «Особенности восстановления свойств материалов, используемых в биомедицинских измерениях».

**Объектом исследований** являются биомедицинские материалы, а **предметом** – способы восстановления свойств биомедицинских материалов.

**Цель работы:** изучение особенностей восстановления свойств материалов, используемых в биомедицинских измерениях

**Задачи исследования:**

1. Изучить основные виды материалов медико-биологического назначения.
2. Рассмотреть материалы используемые в реконструктивных медицинских технологиях.
3. Изучить методы переработки биомедицинских материалов для их повторного использования.

При работе над ВКР использовались следующие методы исследования: теоретический (сравнительный анализ), моделирование и эмпирический (эксперимент).

Работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** рассмотрены основные виды материалов медико-биологического назначения.

Одно из основных требований, предъявляемых к материалам медицинского назначения, они должны быть биологически совместимыми с живым организмом. Это материалы, которые при вживлении в организм и пребывая в нем длительное время, не вызывают негативных реакций в нем.

Металлические материалы, как правило, это сочетания металлических элементов (железа, титана, золота, алюминия), используются в силу высокой механической прочности в ортопедии, ортодонтии, во внутренних электрических устройствах и в искусственных органах. Выбор металлических материалов или сплавов для медицины проводят, исходя из следующих характеристик: 1) биосовместимость, 2) физические и

механические свойства, 3) старение материала. Наибольшее распространение получили нержавеющие стали, титан и его сплавы, сплавы кобальта. Сравнительно недавно разработан материал из никеля и титана (нитинол), он обладает памятью формы и получил в настоящее время широкое применение для разработки различных устройств и имплантатов. Благородные металлы (золото и платина) применяют в ограниченных масштабах для изготовления химически инертных протезов [1].

Керамики состоят из неорганических и органических соединений. Традиционные керамики – фарфор, глины и цементы; современные керамические материалы – ферроэлектрики, неметаллические магнитные материалы, конструкционные окисные и неокисные материалы. Керамические материалы, используемые в медицине, называются биокерамикой. Среди биокерамик, нашедших клиническое применение (в основном для реконструкции дефектов костной ткани) – оксид алюминия, двуокись циркония, окись титана, трикальцийфосфат, гидроксиапатит, алюминаты кальция, биоактивное стекло и стеклокерамика. В зависимости от «поведения» в организме биокерамику подразделяют на биоинертную, биоактивную и растворяющуюся *in vivo* (резорбируемую) [2].

Композиционные материалы состоят, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т. д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам, но в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик.

Термин «полимер» состоит из: «поли» – много и «мер» – единица.

Таким образом, полимер – это молекула, состоящая из множества единиц. По отношению к воздействию температуры полимеры подразделяются на два типа: термоотверждаемые и термопластичные. Термопластичные полимеры могут быть использованы для получения имплантатов различной конфигурации из расплавов путем формования, прессования, экструзии. Термопласты не имеют межмолекулярных связей и, как правило, состоят из линейных полимерных цепей. Термоотверждаемые полимеры полимеризуются, приняв свою окончательную форму, и не могут быть переформованы с целью изменения формы в результате нагрева. Как правило, полимерные цепи в этом типе полимеров имеют ковалентные межмолекулярные связи [6].

Важнейшими характеристиками полимеров служат величина молекулярной массы и степень полимеризуемости. Реакции полимеризации приводят к распределению отрезков цепи в полимере и к распределению молярной массы ( $M_w$ ). Предполагается, что распределение  $M_w$  может быть разбито на количество цепей в смеси, каждая из которых имеет определенную длину. Свойства полимеров в значительной мере зависят от величины молярной массы. Значение средней молекулярной массы полимера определяется методами, с помощью которых ведется подсчет молекул, например:

$$M_n = \sum(N_i \times M_i / N) \quad (1)$$

где  $N_i$  – количество молекул массы  $M_i$ ;  $N$  — общее количество молекул;  $M_i$  – масса молекул длины  $M_i$ .

Вес средней молярной массы полимера находят следующим образом:

$$M_w = \sum(w_i \times M_i) \quad (2)$$

где  $w_i$  – доля массы,

$$w_i = N_i M_i / \sum(N_i \times M_i) \quad (3)$$

Степень полимеризации показывает среднее число мономерных звеньев на одну цепь. Это величина может определяться с точки зрения среднего числа, либо с точки зрения среднего веса:

$$N = M_w/M_{mer} \text{ или } N = M_n/M_{mer} \quad (4)$$

Полидисперсия:

$$PD = M_w/M_n \quad (5)$$

**Вторая глава** посвящена изучению конструкционных материалов биомедицинского назначения и их переработке.

Весьма широкой областью применения биоматериалов в настоящее время стала реконструктивная хирургия, которая позволяет производить реконструкцию дефектов различных тканей и органов и улучшить качество жизни пациентам без применения трансплантатов и биоискусственных органов.

Сердечно-сосудистая система (система кровообращения) обеспечивает все жизненно важные функции организма. Главные компоненты сердечно-сосудистой системы: кровь, кровеносные сосуды и сердце; их согласованное функционирование обеспечивает доставку тканям кислорода и всех необходимых питательных веществ, удаление продуктов обмена, контроль всех многочисленных функций через эндокринную систему и терморегуляцию.

Из представленных в таблице А 1 данных видно, что области применения материалов достаточно широки – это многосерийное производство мешков для хранения крови, игл и шприцев, внутрисосудистых катетеров, создание высокотехнологичных и требующих наукоемких исследований имплантируемых изделий малых серий (протезов кровеносных сосудов, искусственных клапанов сердца, систем искусственного и вспомогательного кровообращения и т. п.). Наиболее распространенные стратегии по борьбе с критическими проблемами сердечно-сосудистой системы и заболеваниями сердца заключаются в применении искусственных

клапанов сердца (ИКС) и искусственных кровеносных сосудов (ИС), проведении операций по шунтированию (сосудистые трансплантаты) и в установке устройств стимуляции сердца, в частности насосов и кардиостимуляторов.

Реконструирование дефектов мягких тканей возможно несколькими путями. Можно использовать заранее сформированные требуемого размера и формы биостабильные имплантаты, которые помещают в место дефекта на длительные сроки функционирования. Второй подход связан с использованием отверждаемых композиций, которые, будучи введенными в место дефекта в виде раствора (геля) мономера, подвергаются полимеризации и приобретают необходимую форму. Если при этом применяют биоразрушаемые материалы, постепенно (по мере их разрушения) дефект будет заполняться новообразованными тканями. И наконец, возможно применение заранее сформированных конструкций из биорезорбируемых материалов, предназначенных для постепенного заполнения новыми тканями. Такие конструкции можно дополнительно нагружать лекарственными препаратами и стимулирующими тканегенез факторами, включая пролиферирующие клетки. [11].

В настоящее время в челюстно-лицевой хирургии восстановление утраченных тканей пародонта остается в центре внимания стоматологической науки и практики. Это обусловлено высокой распространенностью заболеваний, сопровождающихся утратой опорных тканей зубов. Воспалительные процессы в пародонте в возрастной группе 15–19 лет составляют до 86 %, а в группе 35–44 года приближаются к 100 %. Остро востребованы также костнозамещающие материалы для реконструкции медленно восстанавливающихся дефектов костей черепа. Так, в РФ ежегодно фиксируется до 60 000 открытых черепно-мозговых травм, в результате – до 50 000 пациентов становятся инвалидами. Заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата также относятся к наиболее частым патологиям, приводящим к ограничению качества жизни, а их удельный вес

среди общей заболеваемости неуклонно растет; до 30 % заболеваний связано с травматизмом. Ежегодно на 100 000 населения регистрируется свыше 1700, среди них около 37,5 % приходится на переломы верхних и 31,1 % нижних конечностей. В РФ ежегодно регистрируется до 20 млн травм. Среди различных переломов доля повреждений длинных костей варьирует от 27 до 88,2 %. Особенно сложны для лечения переломы диафиза бедренной кости, диафиза костей голени, заканчивающиеся, как правило, госпитализацией. В этих случаях угрозу жизни для пациентов представляют массивные открытые раны и жировая эмболия. Катастрофическая потеря трудоспособности населения сопровождается огромными материальными затратами. Несмотря на использование современных конструкций и технологий лечения, процент осложнений и неудовлетворительных результатов все еще остается на высоком уровне (до 37 %).

Патология, сопровождаемая выходом из строя жизненно важных органов (сердца, легких, печени, почек, поджелудочной железы), приводит к смерти пациента, если не функционирующий орган не удастся заменить. Трансплантатом может служить орган другого человека или искусственный орган, разработанный с использованием новейших биомедицинских технологий. Негативными моментами, связанными с трансплантацией донорских органов, являются их дефицит и проблемы с иммуннотторжением. Последнее делает необходимым пожизненный прием пациентами дорогостоящих лекарственных препаратов, подавляющих иммунитет, что сопровождается серьезными побочными эффектами. Искусственные органы имеют ряд преимуществ, так как их имплантация требует меньших затрат времени, они изготавливаются массово, что сокращает время «ожидания» нуждающихся. Однако жизненно важные органы очень сложны, и их изготовление весьма трудоемко и требует специализированных высокофункциональных материалов и устройств. Клиническое применение искусственных органов в настоящее время ограничено только временным поддержанием функций жизненно важных



органов и не обеспечивает многолетнего их функционирования. [18].

Почка была первым органом, для которого был создан искусственный конструктор. В 1940-х годах Кольфом был изобретен аппарат диализа, который стал искусственной заменой почки. Роль этого парного внутреннего органа в функционировании организма велика; почки поддерживают равновесие состава крови, контролируя давление, объем и кислотность крови, регулируя концентрации химических веществ, синтезируя гормоны, и выполняют роль фильтров. Почки могут быть повреждены вследствие наследственных дефектов, а также травм и многих заболеваний. Удаление продуктов обмена и воды почками – это весьма сложный процесс для имитирования.

Легкие обменивают двуокись углерода в крови на кислород. Каждое легкое содержит маленькие воздушные мешочки – альвеолы, подвешенные в сетке узких капилляров, позволяющих только одному эритроциту проходить по ним одновременно. Каждая клетка выделяет двуокись углерода и поглощает кислород через мембраны альвеол. Легкое содержит 40 различных типов клеток, структура которых является слишком сложной для того, чтобы ее можно было построить искусственно, и все функции легкого до конца не исследованы. Поэтому в настоящее время разработаны только машины содействия дыханию и газообмену. Во время хирургических операций кровь удаляется из организма, и функцию оксигенации и удаления продуктов обмена, а также возвращения крови в организм осуществляют газообменники (оксигенаторы). В клинической практике применяют оксигенаторы различных конструкций: пузырьковые, мембранные, пористые.

Исследователи Массачусетского технологического института и Массачусетской клиники глаза и уха (США) разрабатывают в настоящее время имплантат глаза, который может восстановить зрение пациентам, страдающим заболеванием сетчатки, включая дегенерацию желтого пятна – возрастного заболевания, являющегося основной причиной слепоты. Разрабатываемый имплантат сетчатки включает две силиконовые

микросхемы, одна из которых обеспечивает солнечную энергию и обрабатывает изображение окружающей обстановки пациента, снятое миниатюрным фотоаппаратом, установленным в очках, надетых на пациента. Функция другой – расшифровывать информацию изображения и передавать электрические импульсы рецепторным клеткам сетчатки, доставляющим зрительные сигналы мозгу. Весьма вероятно, что по мере увеличения мощности компьютеров по обработке данных и уменьшения размеров процессоров станет возможным создание искусственного глаза [23].

Перспективным методом получения нетканых полимерных материалов, в том числе волокон и мембран, является метод электростатического формования (ЭСФ) – «electrospinning». Этот термин возник на базе словосочетания «electrostatic spinning» и вошел в научную литературу сравнительно недавно (1994 г.), хотя фундаментальная основа метода была заложена в 60-е годы прошлого столетия, когда было запатентовано несколько вариантов способов получения волокон с использованием электростатической силы.

Принцип метода заключается в образовании филаментов в сильном электрическом поле, возникающем между двумя электродами противоположной зарядности, при этом один электрод помещается в раствор или расплав полимерного материала, второй размещается на приемном металлическом коллекторе (матрице). Типичная установка для электростатического формования (ЭСФ) состоит из трех основных частей: капилляра, в который с постоянной скоростью подается раствор полимера, металлической мишени и источника высокого напряжения (рис. 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной ВКР была достигнута поставленная цель – изучены особенности восстановления свойств материалов, используемых в биомедицинских измерениях.

Были выполнены следующие задачи:

- Изучены основные виды материалов медико-биологического назначения.
- Рассмотрены материалы используемые в реконструктивных медицинских технологиях.
- Изучены методы переработки биомедицинских материалов и их повторного использования.

Работа будет полезна студентам, обучающимся по направлению «Биотехнические системы и технологии», и медицинским работникам, осуществляющим свою деятельность в медицинской диагностике.