

**Михайлюта Александра Геннадьевна**

*Студентка стоматологического факультета 4 курса, Ставропольский  
Государственный Медицинский Университет*

**Сергеев Юрий Андреевич**

*Ординатор, Ставропольский Государственный Медицинский Университет*

**Стерлёва Екатерина Андреевна**

*Студентка лечебного факультета Ставропольский Государственный  
Медицинский Университет*

**Субботин Иван Геннадьевич**

*канд. ветеринар. наук, специалист, ИП Дрейлих А.Н.*

*(оборудование для ветеринарии),*

*РФ, г. Саратов*

## **КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК БИОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИМПЛАНТАЦИИ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ**

**Аннотация:** *Заболевания и дегенеративные изменения нередко приводят к замене скелетных частей организма. Когда человек страдает от боли, главной заботой этого человека является облегчение боли и возвращение к здоровому и функциональному образу жизни. Биоматериалы широко используются для восстановления суставов, костей и в качестве зубных имплантатов.*

*Цель данного исследования – охарактеризовать кальций-фосфатные материалы как биоматериалы для имплантации костных тканей.*

**Ключевые слова:** *биоматериал, кальций-фосфатные материалы, биоактивность, биосовместимость, биорезистентность, имплантология.*

**Abstract:** *Diseases and degenerative changes often lead to the replacement of skeletal parts of the body. When a person is suffering from pain, the main concern*

*of this person is to relieve the pain and return to a healthy and functional lifestyle. Biomaterials are widely used to restore joints, bones, and as dental implants.*

*The purpose of this study is to characterize calcium – phosphate materials as biomaterials for bone tissue implantation.*

**Keywords:** *biomaterial, calcium-phosphate materials, bioactivity, biocompatibility, bioresistance, implantology.*

Биоматериал – нежизнеспособный материал, предназначенный для контакта с живой тканью и выполнения медицинских функций [1].

Биоматериалы значительно улучшают жизненный уровень и качество человеческой жизни и улучшают выживание людей каждый год. Применение биоматериалов не ограничено и включает имплантаты суставов и конечностей для замены, зубные имплантаты, сосудистые трансплантаты для тканевой инженерии, повязки для восстановления роговицы, повязки на раны для восстановления мягких тканей и каркас для замены кожи и костной ткани [1].

Биоматериал, вводимый в контакт с организмом, может быть охарактеризован тремя свойствами: биоактивностью, биосовместимостью и биорезистентностью [2].

Биоактивность материала проявляется в действии, оказываемом на процессы жизнедеятельности клетки как самого организма, так и продуктов его жизнедеятельности. Биоактивность материала зависит от его химического состава, состава продуктов разрушения в биосредах организма, скорости разрушения, во всех многообразных взаимодействиях биосистем организма [2].

Под биосовместимостью понимают состояние желаемой реакции живых тканей на нежизнеспособные материалы.

Биосовместимые материалы функционируют гармонично и согласованно при нахождении в биосредах организма, не вызывая заболеваний или отрицательных и болезненных реакций [3]. Другими словами,

имплантаты, разработанные из натуральных или синтетических материалов, не должны вызывать каких-либо побочных реакций на ткани и иммунологических реакций на организм человека.

Для каждого изделия требования к его биоматериалам различны.

Биоматериалы, претендующие на роль имплантатов, должны удовлетворять требованиям, диктуемым структурой, составом и свойствами костной ткани[2]:

1) химические свойства – отсутствие нежелательных химических реакций с тканями и межтканевыми жидкостями, отсутствие коррозии;

2) механические характеристики биоматериала должны быть близкими к таковым для кости (например, различие в упругости может привести к утрате имплантата вследствие резорбции находящегося с ним в контакте костного вещества);

3) биологические свойства – отсутствие реакций со стороны иммунной системы организма, срастание с костной тканью, стимулирование процесса образования костной ткани (остеосинтеза);

4) для быстрого прорастания костной ткани в имплантате необходимо наличие сквозных пор размером 100 – 150 мкм.

Взаимодействие материала с тканями организма непосредственно связано с поверхностью имплантата. Основываясь на разных взаимодействиях с имплантатом, биоматериалы подразделяются на три группы[2]:

1) токсичные (окружающие ткани отмирают при контакте) – большинство металлов;

2) биоинертные (нетоксичные, но биологически неактивные) – керамика на основе  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ;

3) биоактивные (нетоксичные, биологически активные, срастающиеся с костной тканью) – композиционные материалы типа биополимер – фосфат кальция, керамика на основе фосфатов кальция, биостекла [3].

Биоматериалы также можно разделить на четыре основных класса: металлы, керамику, полимеры и натуральные материалы, полученные из растений и животных. Часто два или более класса биоматериалов объединяются в составные материалы для раскрытия желаемого свойства для конкретных применений. Композиты представляют собой пятый класс биоматериалов [1].

Как показано на рисунке 1, человеческую кость можно считать настоящим анизотропным нанокомпозитом, состоящим из биоминералов, встроенных в матрицу белка, других органических материалов и воды [3].



Рисунок 1 - Иерархическая структура кости

Главная роль в метаболизме кальция принадлежит костной ткани. В состав костного матрикса наряду с белком коллагеном входит устойчивая при  $\text{pH} = 7,4$  форма фосфата кальция – гидроксифосфат кальция  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  [3].

В современной имплантологии для исправления дефектов костной основы или замены ее поврежденных участков широко применяют имплантаты. Имплантаты, контактируя с биологически активными средами, неизбежно подвергаются коррозии и разрушению. Проблема отторжения медицинских имплантатов является актуальной, т.к. при использовании

медицинских изделий часто не достигается требуемое взаимодействие искусственных поверхностей с костной тканью[4].

Комбинация «имплантат + биосовместимое покрытие» позволяет объединить высокие механические свойства материала основы и биологические качества покрытия, которые придают поверхности имплантата свойства, максимально приближенные к свойствам костной ткани, что улучшает способность имплантата интегрироваться с организмом[4].

Кальций-фосфатные материалы используются в виде порошков, гранул, объемных материалов, в качестве покрытий на металлах, в качестве компонентов композиционных материалов в виде раздробленной или непрерывной фазы (матрицы).

Важную роль в медицинском материаловедении играет кальцийфосфатные материалы, которые используются в качестве покрытий для имплантатов.

Создание кальций-фосфатных покрытий связано с необходимостью повышения биосовместимости имплантата, его сцепления с костной тканью. Биоактивное поведение этих материалов определяется способностью к костному срастанию, что в свою очередь обусловлено образованием апатитоподобного слоя, состав и структура которого эквивалентны минеральной фазе в кости[5].

Использование кальций-фосфатных биоматериалов способствует регенерации костной ткани, таким образом восстанавливая физиологические функции.

### **Использованные источники**

1. Белецкий Б.И., Свентская Н.В. Кремний в живых организмах и биокомпозиционных материалах нового поколения. // Стекло и керамика. 2019. – №3. – С. 26 – 30.

2. Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение: учеб. пособие. – Минск: Вышэйная школа, 2015. – 511 с.

3. Лысенко Л.Н. Биоматериаловедение: вклад в прогресс современных медицинских технологий // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. – 2015. – № 2. – С. 56 – 61.

4. Петровская Т.С. Биоматериалы и имплантаты для травматологии и ортопедии. / Петровская Т.С., Шахов В.П., Верещагин В.И., Игнатов В.П., под ред. Петровской Т.С. // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 307 с.

5. Сафронова Т.В., Путляев В.И. медицинское неорганическое материаловедение в России: кальцийфосфатные материалы // Наносистемы: Физика, Химия, Математика. – 2018. – №4. – С. 24 – 47.

6. Толстунов, Л.Г. Взаимосвязь роста и развития основания и костей лицевого отдела черепа: обзор литературы/Л.Г. Толстунов//Эпидемиология, профилактика и лечение основных стоматологических заболеваний у детей. Тверь: РИЦ ТГМА, 2004. -С.281-284.

7. Сравнительная морфофункциональная характеристика желудочно-кишечного тракта крыс при применении некоторых пребиотиков / Субботин И.Г. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2009

8. Сравнительная морфофункциональная характеристика желудочно-кишечного тракта крыс при применении некоторых пребиотиков/ Субботин И.Г. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2009

9. Экспериментальное обоснование повышения биосовместимости синтетического биоактивного кальций-фосфатного минерального покрытия

на титановых имплантатах / Марков А.А. Медицинская наука и образование Урала. 2018. Т. 19. № 1 (93). С. 101-104.

10. Обоснование возможности применения титановых имплантатов с синтетическим биоактивным кальцийфосфатным минеральным покрытием, для профилактики миграции металлоконструкций в послеоперационном периоде у травматологических пациентов / Марков А.А. В книге: II Международный конгресс ассоциации ревмоортопедов. тезисы докладов конгресса. Ассоциация ревмоортопедов. 2018. С. 97-98.

11. Применение метода иммуногистохимии в травматологии / Тимофеева Н.В., Крахина Е.А., Софронова А.А., Марков А.А. В книге: Материалы X юбилейного Терапевтического форума "Актуальные вопросы диагностики и лечения наиболее распространенных заболеваний внутренних органов". Материалы X юбилейного Терапевтического форума. 2018. С. 93.

12. Изучение бактерицидного влияния экзометаболитов *bifidobacterium bifidum* в отношении основных представителей госпитальной инфекции в эксперименте *in vitro* / Марков А.А., Тимохина Т.Х., Кокорина Ю.А. В сборнике: Этико-правовые аспекты биомедицинских экспериментов. Материалы межрегиональной научной конференции. Под редакцией В.А. Лазаренко. 2018. С. 34-35.

13. Изучение влияния синтетического биоактивного кальций-фосфатного минерального покрытия титановых имплантатов на костную ткань кроликов/ Марков А.А., Ситдинов И.Р., Шилюк М.П., Фадеева О.В. В сборнике: Этико-правовые аспекты биомедицинских экспериментов. Материалы межрегиональной научной конференции. Под редакцией В.А. Лазаренко. 2018. С. 33-34.

14. Экспериментальное обоснование применения синтетического биоактивного кальций-фосфатного минерального покрытия на титановых имплантатах в травматологии и ортопедии / Марков А.А. В книге: Современные подходы к диагностике и лечению травматологических и



ортопедических больных. Сборник тезисов научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Дагестанского государственного медицинского университета. Ответственный редактор А.Р. Атаев. 2018. С. 119-121.

15. Механизмы изменений костной ткани в зоне "имплантат-кость" при использовании металлоконструкций с синтетическим биоактивным покрытием / Марков А.А., Мустаев О.З., Коровин А.Е., Пономарев А.А., Товпеко Д.В. Клиническая патофизиология. 2019. Т. 25. № 2. С. 43-49.

16. Профилактика миграции имплантатов с синтетическим биоактивным минеральным покрытием в эксперименте *in vivo* / Марков А.А., Скальный В.В., Ситдииков И.Р. В книге: Конгресс "Человек и лекарство. УРАЛ - 2019". Сборник материалов (тезисы докладов). 2019. С. 56-57.

17. Способ воздействия на нефтенасыщенный интервал пласта в горизонтальном участке ствола нефтедобывающей скважины

Пономарев А.А., Леонтьев Д.С., Пономарев С.А., Марков А.А., Кадыров М.А., Кобылинский Д.А. Патент на изобретение RU 2698927 С1, 02.09.2019. Заявка № 2018145095 от 18.12.2018.