

ВВЕДЕНИЕ В БИОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

1 ЛЕКЦИЯ



ВВЕДЕНИЕ В БИОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

BIOMATERIALS



- **БИОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ** – ЭТО НАУКА О СОЗДАНИИ, ИССЛЕДОВАНИИ И ПРИМЕНЕНИИ МАТЕРИАЛОВ, КОТОРЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ЦЕЛЬЮ ВОССТАНОВЛЕНИЯ, ЗАМЕЩЕНИЯ ИЛИ УЛУЧШЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ. ОНО ОБЪЕДИНЯЕТ ЗНАНИЯ ИЗ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ, БИОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, ХИМИИ, ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРИИ.



ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ:

Разработка материалов, совместимых с живыми тканями.

Обеспечение прочности и долговечности медицинских изделий.

Минимизация иммунных реакций и токсичности.

Создание биоактивных и биоразлагаемых материалов.



ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

- **ДРЕВНОСТЬ И АНТИЧНОСТЬ**
 - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ (КОСТЬ, ДЕРЕВО, СЛОНОВАЯ КОСТЬ, ЗОЛОТО) ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЗУБОВ И КОСТЕЙ.
 - В ДРЕВНЕМ ЕГИПТЕ И РИМЕ ПРИМЕНЯЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ФИКСАЦИИ ЗУБОВ.
- **СРЕДНЕВЕКОВЬЕ – XVIII ВЕК**
- ПЕРВЫЕ ПОПЫТКИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ (ЖЕЛЕЗО, СЕРЕБРО, ЗОЛОТО) ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПРОТЕЗОВ.
- В 16 ВЕКЕ АМБРУАЗ ПАРЕ ВВЁЛ В ПРАКТИКУ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИМПЛАНТАТЫ И ПРОТЕЗЫ КОНЕЧНОСТЕЙ.

XIX ВЕК

- РАЗВИТИЕ ХИРУРГИИ И АНТИСЕПТИКИ → ПОЯВЛЕНИЕ ИМПЛАНТАЦИИ КАК МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ.
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТИНОВЫХ И ЗОЛОТЫХ НИТЕЙ В СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ.

XX ВЕК

- ПОЯВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ: НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ, КОБАЛЬТ-ХРОМОВЫЕ СПЛАВЫ, ТИТАН.
- РАБОТКА ПОЛИМЕРОВ (ПОЛИЭТИЛЕН, СИЛИКОН, ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ) ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ И СТОМАТОЛОГИИ.
- ОТКРЫТИЕ БИОКЕРАМИКИ (ГИДРОКСИАПАТИТ, ОКСИД АЛЮМИНИЯ, ЦИРКОНИЯ).
- СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА, СУСТАВОВ, СОСУДИСТЫХ ПРОТЕЗОВ.



XXI ВЕК

- РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, БИОИНЖЕНЕРИИ, 3D-БИОПЕЧАТИ.
- БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТКАНЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ.
- АКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ И ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

- **Биоактивные материалы** – стимулирующие рост и регенерацию тканей (например, остеоинтеграция имплантатов).
- **Биодеградируемые материалы** – которые постепенно рассасываются в организме, заменяясь естественными тканями.
- **Интеллектуальные (smart) материалы** – реагирующие на изменения среды (pH, температура, электрический сигнал).
- **Наноматериалы и наноструктуры** – для доставки лекарств, регенерации тканей, антибактериальной защиты.
- **3D- и 4D-биопечать** – создание индивидуальных имплантатов и даже органов.
- **Гибридные материалы (biohybrids)** – комбинация живых клеток и искусственных конструкций.
- **Персонализированные имплантаты** – с учетом генетических и анатомических особенностей пациента.

Биоматериаловедение прошло путь от применения природных и простых искусственных материалов к созданию высокотехнологичных и «умных» систем, способных взаимодействовать с живыми тканями и стимулировать их восстановление.

Перспективы связаны с **технологиями будущего** – наномедицина, регенеративная медицина, тканевая инженерия, что открывает дорогу к созданию полноценных искусственных органов.



ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БИОМАТЕРИАЛОВ

Современные биоматериалы на основе **металлов** широко применяются в биомедицине благодаря их прочности, биосовместимости и коррозионной стойкости.

1. Механические свойства

Высокая прочность и твердость.

Устойчивость к усталости (важно для имплантатов суставов, зубных протезов, сердечных клапанов).

Эластичность и модуль упругости должны быть близки к костной ткани, чтобы избежать «стресс-экранинга» (перераспределения нагрузок).



ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

. Коррозионная стойкость (в физиологических жидкостях).

Образование пассивирующих оксидных пленок (например, у титана и его сплавов).

Возможность модификации поверхности (нанопокрытия, плазменная обработка, биоактивные покрытия).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА



Биосовместимость (не должны вызывать токсичности, воспаления или иммунного ответа).



Иногда — остеоинтеграция (способность титана связываться с костной тканью).



Минимальная ионная эмиссия (например, никель в составе сплавов может вызывать аллергию).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- ХОРОШАЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ 3D-ПЕЧАТИ (АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ).
- ВОЗМОЖНОСТЬ СТЕРИЛИЗАЦИИ БЕЗ ПОТЕРИ СВОЙСТВ.



ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БИОМАТЕРИАЛОВ

- **ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ (Ti, Ti-6Al-4V):**
 - ВЫСОКАЯ БИОСОВМЕСТИМОСТЬ, НИЗКАЯ ПЛОТНОСТЬ, КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ.
 - ПРИМЕНЕНИЕ: ИМПЛАНТАТЫ СУСТАВОВ, КОСТНЫЕ ПЛАСТИНЫ, СТОМАТОЛОГИЯ.
- **НЕРЖАВЕЮЩИЕ СТАЛИ (316L И ДР.):**
 - ДОСТУПНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ, УМЕРЕННАЯ КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ.
 - ПРИМЕНЕНИЕ: ОРТОПЕДИЧЕСКИЕ ФИКСАТОРЫ, СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ УСТРОЙСТВА.

Diagram illustrating the components of an element box in the periodic table:

- Symbol:** The chemical symbol **H** is shown in the top left corner of the box.
- Atomic Weight:** The atomic weight **1.008** is shown in the bottom left corner of the box.
- Element Name:** The element name **Hydrogen** is shown in the middle of the box.

7 VIIB	8 VIIIB	9 IIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	Aluminum 26.9815385
Mn Manganese 54.938044	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933194	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723
Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818
Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.966569	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.38
Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)
Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92535	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93033
Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)

- **Кобальт-хромовые сплавы (Co-Cr):**
- Высокая износостойкость и прочность.
- Применение: эндопротезы суставов, стоматология.
- **Магниевые сплавы (биоразлагаемые):**
- Способность постепенно рассасываться в организме.
- Применение: временные фиксаторы костей, стенты.
- **Никелид титана (Nitinol):**
- Эффект памяти формы и суперэластичность.
- Применение: ортодонтические дуги, стенты, кардиохирургия.

Характеристика	Титан (Ti, Ti-6Al-4V)	Нержавеющая сталь (316L)	Кобальт-хром (Co-Cr)	Магний и сплавы	Никелид титана (Nitinol)
Прочность	Высокая, при низкой плотности	Высокая	Очень высокая	Средняя	Высокая
Модуль упругости	Близок к кости → снижает «стресс-экранирование»	Выше, чем у кости	Намного выше кости	Близок к кости	Средний
Коррозионная стойкость	Отличная (оксидная пленка)	Умеренная, пассивируется	Отличная	Низкая (подвержен растворению)	Хорошая
Биосовместимость	Очень высокая, остеоинтеграция	Хорошая, возможна аллергия (Ni)	Хорошая, но возможна аллергия (Co, Cr)	Хорошая, биodeградируемый	Хорошая, но возможна токсичность Ni
Износостойкость	Средняя	Средняя	Очень высокая	Низкая	Средняя
Особые свойства	Легкий, остеоинтеграция	Дешевый, доступный	Высокая твердость, износостойкость	Биodeградируемый (рассасывается в организме)	Эффект памяти формы, суперэластичность
Основные применения	Ортопедия, стоматология, протезы суставов	Фиксаторы костей, сердечно-сосудистые устройства	Эндопротезы суставов, стоматология	Временные фиксаторы костей, биоразлагаемые стенты	Стенты, ортодонтические дуги, кардиохирургия
Стоимость	Высокая	Низкая	Высокая	Средняя	Высокая