

## ЭЛЕКТРО- И МАГНИТОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОСТНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Тихонова С.А.<sup>\*</sup>, Пугляев В.И.<sup>\*,\*\*</sup>, Евдокимов П.В.<sup>\*,\*\*</sup>, Сафронова Т.В.<sup>\*\*</sup>,  
Тихонов А.А.<sup>\*</sup>, Орлов Н.К.<sup>\*</sup>, Гаршев А.В.<sup>\*,\*\*</sup>, Климашина Е.С.<sup>\*</sup>,  
Филиппов Я.Ю.<sup>\*,\*\*\*</sup>, Щербаков И.М.<sup>\*\*\*\*</sup>, Дубров В.Э.<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Факультет наук о материалах, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, Москва, Россия, e-mail: kurbatova.snezhana@yandex.ru

<sup>\*\*</sup> Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия

<sup>\*\*\*</sup> НИИ механики, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия

<sup>\*\*\*\*</sup> Факультет фундаментальной медицины, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия

Историческое развитие биоматериалов для костной имплантации протекало через переход от биоинертных материалов, целью которых было лишь замещение поврежденного участка кости, к биоактивным керамическим материалам на основе фосфатов кальция, которые постепенно деградируют во внутренней среде организма, замещаясь естественной костной тканью.

Сейчас большинство исследований ведутся по разработке так называемых конструкций тканевой инженерии (КТИ) – материалов определенного состава и со специальной архитектурой, способных стимулировать биологический отклик со стороны организма, регенерацию кости, прорастание кровеносных сосудов и нервных волокон в имплантат (четвертое поколение биоматериалов для костной имплантации).

Кость постоянно регенерирует саму себя. Одним из факторов, обуславливающих способность кости к регенерации, является ее пьезоэлектрический эффект. За счет пьезоэлектрических свойств коллагена костная ткань откликается на меняющуюся механическую обстановку, индуцируя возникновение локального электрического поля, которое и стимулирует остеогенез. В этой связи начинают появляться публикации, демонстрирующие возможность создания материалов, управляемых внешним полемым воздействием. Это так называемые «умные» материалы. В них под каким-либо внешним воздействием (механическим, электрическим или магнитным) происходит специфический отклик, что позволяет стимулировать остеогенез и регенерацию костной ткани.

Целью данной работы является разработка композитных имплантатов, активируемых внешним электрическим и/или магнитным полем. Помимо основного требования биосовместимости в материале должны быть учтены следующие положения:

- Матрикс материала должен обеспечивать его деградацию в организме; он может быть либо керамическим (сейчас наиболее перспективными считаются резорбируемые фосфаты кальция, такие как, например, трикальцийфосфат  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), либо полимерным (гидрофильные полимеры (гидрогели) или композиты на их основе).
- В качестве электроактивного компонента, исходя из требований максимальной эффективности и минимальной цитотоксичности, предложено использовать такие пьезоэлектрики, как титанат бария  $\text{BaTiO}_3$  и натрий-калиевый ниобат  $\text{Na}_{0,5}\text{K}_{0,5}\text{NbO}_3$ .
- С точки зрения лучшей «совместимости» с организмом человека наиболее интересно воздействие внешнего магнитного поля. Применение материалов с магнитоэлектрическими свойствами (мультиферроиков) позволяет за счет внешнего магнитного воздействия индуцировать возникновение в области дефекта локального электрического поля, которое и ускоряет процесс остеообразования. В случае с магнитоактивным компонентом в данной работе исследуется возможность применения мультиферроика феррита висмута  $\text{BiFeO}_3$ , а также композитные мультиферроики, представляющие собой магнитоэластик (феррит кобальта  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) и пьезоэлектрик (титанат бария  $\text{BaTiO}_3$ , натрий-калиевый ниобат  $\text{Na}_{0,5}\text{K}_{0,5}\text{NbO}_3$ ), приведенные в плотный механический контакт.

Материалы, полученные в рамках данной работы, обладают улучшенными остеоиндуктивными свойствами и могут рассматриваться как материалы нового (пятого) поколения биоматериалов для костной имплантации.