

## **Микродозаторные и микроманипуляторные системы биомедицинского назначения на основе мезопористого диоксида титана, модифицированного полиэлектролитными мембранами**

**Алтунина В.Д.** (ГБОУ Гимназия №261)  
**Научный руководитель – Гончаров В.В.** (ИТМО)

**Введение.** Устанавливаемые в 2020-е годы в тело человека титановые имплантаты в некоторых случаях не приживаются и отторгаются организмом, ткани вокруг не регенерируют. Пациенты проходят тяжёлый и долгий период послеоперационного восстановления, нужно наблюдаться у врача, соблюдать множество ограничений[1]. На данный момент титановые имплантаты применяются в медицинской практике довольно часто, но учёные разрабатывают потенциально более благоприятные покрытия диоксида титана для заживления тканей[2]. Ежегодно во всем мире проводится почти два миллиона процедур костной пластики [3]. Мезопористые материалы  $TiO_2$  демонстрируют высокий потенциал, благодаря своей большой площади поверхности, значительным объемам пор, настраиваемым пористым структурам и морфологии[4]. Поверхности нанотрубок  $TiO_2$  наносятся в качестве покрытия к металлическим биомедицинским имплантатам, демонстрируя многообещающие результаты анализов на предмет интеграции в живые ткани при рассмотрении адгезии и пролиферации клеток, хорошие физико-химические свойства и биосовместимость. Возможно включение лекарств и регулирования их высвобождения в окружающие ткани для заживления на границе раздела имплантат-ткань, что считается актуальным для будущих клинических перспектив[5].

**Основная часть.** Идея состоит в добавлении к имплантату «системы доставки лекарств»: контролируемое высвобождение лекарств для формирования кости и/или ее длительного поддержания. Решением проблемы является создание таких микродозаторных и микроманипуляторных систем биомедицинского назначения на основе нанотрубок  $TiO_2$  и мезопористого диоксида титана, модифицированного полиэлектролитными мембранами, в которые можно загружать биологически активные вещества для дифференцирования их в ткани. Нужно разработать новую методику и подобрать такие условия для создания градиентных материалов и покрытий, чтобы контролировать скорость высвобождения загруженного в них лекарственного препарата. Включение антибиотиков, антибактериальных и противовоспалительных веществ и/или белков позволит снизить период восстановления после остеоинтеграции. Сначала изучаем уже известные способы синтеза покрытий на основе диоксида титана и определяем наилучшие методы и диапазон условий по показателям высвобождения веществ из различных мезопористых поверхностей  $TiO_2$ . Далее практическая часть: синтезируем покрытия диоксида титана упорядоченного и неупорядоченного строения по разработанным методикам, пробуем разные условия процессов, характеризуем полученные покрытия физико-химическими методами, загружаем в поры различных образцов модельные вещества и модифицируем полученные покрытия полиэлектролитами, характеризуем покрытия. Полученные градиентные материалы исследуем на особенности высвобождения веществ под действием различных триггеров, близких к физиологическим. Мы создаём материалы двумя методами: сонохимический (воздействие ультразвуком) и электрохимическое анодирование.

**Выводы.** Получены покрытия диоксида титана упорядоченного и неупорядоченного строения по разработанным методикам с загруженными в поры метаболически активными веществами, сделана характеристика полученных покрытий физико-химическими методами до загрузки веществ, загружено в поры диоксид-титановых покрытий модельное вещество

(флуоресцентный краситель эозин В) и модифицированы полученные покрытия полиэлектролитами, такими как PEI и PVP, характеристика покрытий, исследование особенностей высвобождения вещества под действием инфракрасного излучения. Полученные результаты можно применить при разработке нового поколения материалов медицинского назначения для лечения ожогов или больших травм. Сейчас я анализирую базу полученных данных на спектрофотометре. Идёт работа с большими данными через python. Следующий планируемый этап – проведение МТТ теста, проверка на цитотоксичность.

Работа была поддержана грантом РФФИ № 19-79-10244.

#### **Список использованных источников:**

1. Nuss K.M.R. Biocompatibility Issues with Modern Implants in Bone – A Review for Clinical Orthopedics/ K.M.R Nuss, B. von Rechenberg// The Open Orthopaedics Journal. – 2008. – Vol. 2. – P. 66–78.
2. Hanawa T. Titanium–Tissue Interface Reaction and Its Control With Surface Treatment / T. Hanawa // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2019. – Vol. 7.
3. Sage K. Basic principles of bone grafts and bone substitutes/ K. Sage //UpToDate. – 2023[Электронныйресурс].URL: <https://www.uptodate.com/contents/basic-principles-of-bone-grafts-and-bone-substitutes> //Датаобращения: 25.10.2023
4. Zhang W. Recent advances in the synthesis of hierarchically mesoporous TiO<sub>2</sub> materials for energy and environmental applications/ W. Zhang, Y. Tian, H. He, L. Xu, W. Li, D. Zha//*National Science Review*.– 2020. – Vol. 7 (11). – P. 1702–1725.
5. Kunrath M.F. Application of TiO<sub>2</sub> Nanotubes as a Drug Delivery System for Biomedical Implants: A Critical Overview/ M.F.Kunrath, R. Hubler, R.S.A. Shinkai, E.R. Teixeira//*ChemistrySelect*.– 2018.–Vol. 3(40). – P. 11180–11189.