

допирующий раствор содержал добавку воды (с объемной долей воды 10 %).

Таким образом, показано, что низкая плотность исходных волокон ($\sim 100 \text{ кг/м}^3$) может быть значительно повышена посредством механического уплотнения. Удельная электропроводность возрастает пропорционально плотности

волокон в исследуемом диапазоне $\sim 70\text{--}550 \text{ кг/м}^3$ в независимости от условий скручивания недопированных и допированных волокон.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZSR-2024-0005).

Список литературы

1. Zhilyaeva M.A. et al. // *Carbon*. – 2019. – Vol. 150. – P. 69–75.
2. Shandakov S.D. et al. // *Mater. Sci. Eng. B*. – 2021. – Vol. 269. – P. 115178.
3. Moisala A. et al. // *Carbon*. – 2005. – Vol. 43. – P. 2066–2074.
4. Moisala A. et al. // *Chem. Eng. Sci.* – 2006. – Vol. 61. – P. 4393–4402.

НОВЫЙ ПОДХОД К ПОВЕРХНОСТНОМУ МОДИФИЦИРОВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРКЕТОНКЕТОНА И СОПОЛИМЕРА ВИНИЛИДЕНФТОРИДА С ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ

С. И. Горенинский^{1,2}, И. О. Акимченко¹, А. О. Воробьев¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
sig1@tpu.ru

²Институт биоорганической химии РАН

Создание персонифицированных имплантатов для восстановления костной ткани является актуальной задачей медицинского материаловедения. Перспективным подходом для создания подобных имплантатов является метод послойного наплавления (FDM 3D-печати), позволяющий создать пористые полимерные структуры с необходимой архитектурой (пористостью, геометрическими размерами) [1]. Однако полимерные материалы, используемые для создания подобных изделий, зачастую являются биологически инертными и, в частности, не обеспечивают достаточную интеграцию с тканями пациента на ранних сроках имплантации. Объектом настоящего исследования стали поверхности на основе термопластичных полимеров (полиэфиркетонкетона (ПЭКК) и сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом (ПВДФ-ТеФЭ)), обладающих высокими прочностными характеристиками. В рамках проведенных работ предложен новый подход, основанный на набухании поверхности полимерных изделий с последующим захватом модифицирующего агента. В качестве модифицирующего агента был выбран гидроксиапатит (ГАП), неорганический компонент костной ткани, обладающий высокой биосовместимостью [2].

Модифицирование поверхности ПЭКК проводили в два этапа. На первом поверхность полимера обрабатывали парами 1,1,1,3,3,3-гексафторпропан-2-ола. Затем обработанный образец помещали в суспензию ГАП в воде. Продемонстрирована иммобилизация частиц ГАП на поверхности ПЭКК (Рисунок 1, а). Максимальное содержание кальция и фосфора (основных компонентов ГАП) на поверхности ПЭКК составило $1,8 \pm 0,6$ и $1,0 \pm 0,3$ мас. %. Показана лучшая адгезия стволовых клеток к модифицированным поверхностям на основе ПЭКК.

Для поверхностей на основе ВДФ-ТеФЭ иммобилизацию ГАП проводили в один этап. Для этого, образцы помещали в суспензию ГАП в смеси ацетона и воды. Иммобилизация частиц ГАП на поверхности ПВДФ-ТеФЭ, также, показана визуально (Рисунок 1, б). Максимальное содержание кальция и фосфора на поверхности ПВДФ-ТеФЭ составило $19,8 \pm 1,8$ и $7,7 \pm 0,4$ мас. %. Модифицированные поверхности ПВДФ-ТеФЭ также обеспечили улучшенную адгезию стволовых клеток.

Таким образом, предложен новый метод поверхностного модифицирования поверхностей на основе полиэфиркетонкетона и сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом. В от-

личие от применяемых на сегодняшний день подходов к нанесению кальций-фосфатных покрытий на поверхность полимерных имплантов (магнетронного и лазерного распыления), предложенный метод реализуем с применением стандартного лабораторного оборудования.

Дальнейшие работы будут посвящены исследованию возможности модифицирования пористых полимерных структур, изготовленных методом послойного наплавления.

Работы поддержаны Российским научным фондом (проект № 24-23-00467).

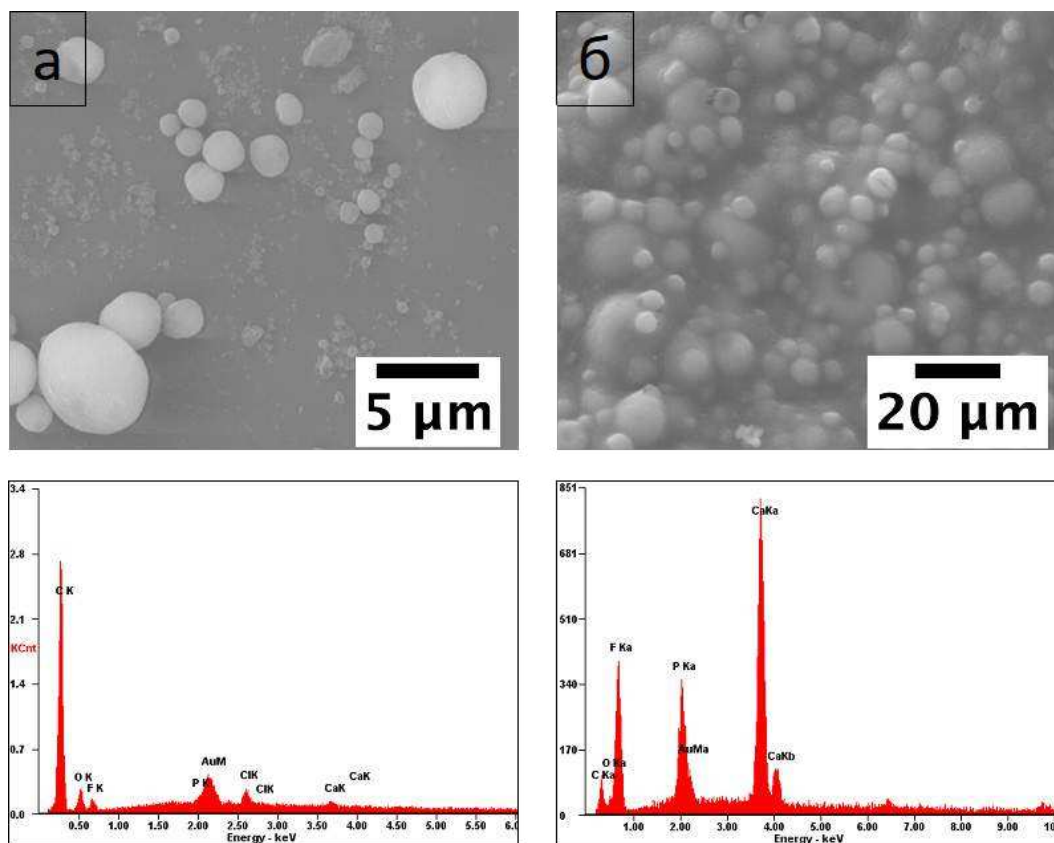


Рис. 1. Имобилизованные частицы ГАП на поверхностях на основе ПЭКК (а) и ПВДФ-ТеФЭ (б) и ЭДС спектры соответствующих образцов

Список литературы

1. Jeffrey Zoltan, Diana Popescu & Seyed Hamid Reza Sanei // *Expert Review of Medical Devices*. – 2023. – V. 20. – № 3. – P. 233–244.
2. LeGeros R.Z. // *Chemical Reviews*. – 2008. – V. 108. – P. 4742–4753.