

рискам корпоративного управления) ООО «Национальное рейтинговое агентства». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ra-national.ru/sites/default/files/analytic\\_article/Methology\\_ESGratings\\_corp.pdf](https://www.ra-national.ru/sites/default/files/analytic_article/Methology_ESGratings_corp.pdf). – Дата доступа: 12.05.2024.

5. Методика присвоения ESG-рейтингов компаниям и финансовым институтам «Raex-Europe». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://raex-rr.com/files/methods/RAEX\\_ESG\\_method\\_project.pdf](https://raex-rr.com/files/methods/RAEX_ESG_method_project.pdf). – Дата доступа: 12.05.2024.

УДК 677.076.49

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ПОЛУЧАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Карнилов М. С., асп., Рыклин Д. Б., д.э.н., проф.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье приведены результаты исследования влияния режимов процесса электроформования на морфологию получаемых материалов. Проведенные исследования позволяют заключить, что структура нановолокнистых материалов, получаемых методом электроформования из водорастворимых полимеров, зависят не только от потенциалов электродов, но и от параметров режима нанесения, в частности, от колебаний волокнообразующей струи. В связи с этим, режим нанесения должен выбираться с учетом требований, предъявляемых к нановолокнистому материалу.

Ключевые слова: электроформование, режимы процесса электроформования, нановолокна.

В настоящее время электроформование является эффективным и доступным, гибким методом получения микро- и нановолокон для разнообразных областей применения, включая биотехнологию, доставку лекарств, заживление ран, тканевую инженерию, микроэлектронику, защиту окружающей среды, сбор и хранение энергии [1, 2, 3]. Интерес к производству электроформованных нетканых нановолокнистых материалов, покрытий и структур повышается, что связано с их уникальными свойствами. Среди факторов процесса электроформования, оказывающих влияние на структуру и морфологию получаемых нановолокон выделяют разность потенциалов в межэлектродном пространстве, расход прядильного раствора или скорость волокнообразования, расстояние от эмиттера до коллектора и вид коллектора, а также состав прядильного раствора [4]. От структуры и морфологии нановолокна напрямую зависят его свойства, такие как плотность, паропроницаемость, растворимость.

Так же, не мало важным фактором процесса электроформования является стабильность волокнообразующей струи. Под определением понятия стабильности струи мы допускаем незначительные её колебания (в пределах 0.5–1 см).

В связи с этим целью данного исследования было установление влияния режима нанесения, в частности, колебания струи, на морфологию нановолокнистых материалов. Получение нановолокнистых материалов происходило на установке для электроформования Fluidnatek LE-50, в качестве волокнообразующего полимера выступал поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil компании Archroma (Швейцария). ПВС широко используется в медицине, поскольку нетоксичен, активизирует процессы проникновения и всасывания лекарственных средств через слизистые оболочки и кожу, а также имеет низкую стоимость. Таргет-компонентом лекарственного назначения, добавленным в нановолокно, стал глицерин, поскольку он выступает в роли антисептика при комплексном лечении многих заболеваний, способствует заживлению ран, препятствует заражению и гноению. В рамках исследования были наработаны образцы нановолокнистых материалов из 14 %-ного раствора ПВС с добавлением 8 % глицерина (таблица 1).

Таблица 1 – Режимы наработки материалов

	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Расход	1.9 мл/ч	3.5 мл/ч	3.5 мл/ч
Расстояние между эмиттером и коллектором	10 см	10 см	10 см
Потенциал эмиттера	21 кВ	24 кВ	25 кВ
Потенциал коллектора	– 8 кВ	– 7 кВ	– 5 кВ
Колебания струи	0.5–1 см	5–6 см	4–5 см

Для анализа структуры полученных образцов использован метод сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Изображения поверхности полученных нановолокнистых материалов приведены на рисунках 1–3.

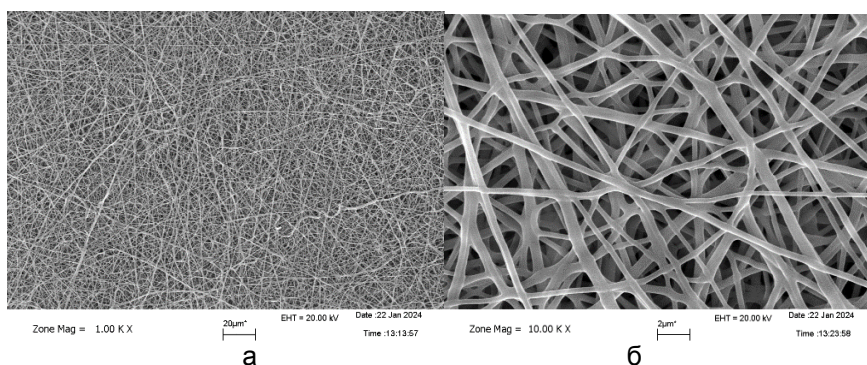


Рисунок 1 – СЭМ-изображение образца № 1 (а –  $\times 1000$ , б –  $\times 10000$ )

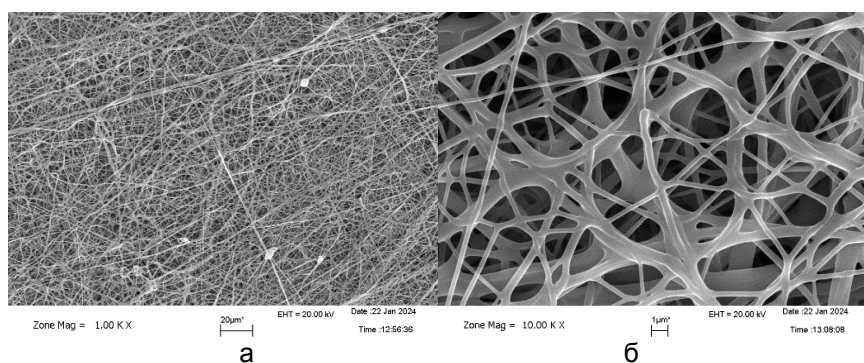


Рисунок 2 – СЭМ-изображение образца № 2 (а –  $\times 1000$ , б –  $\times 10000$ )

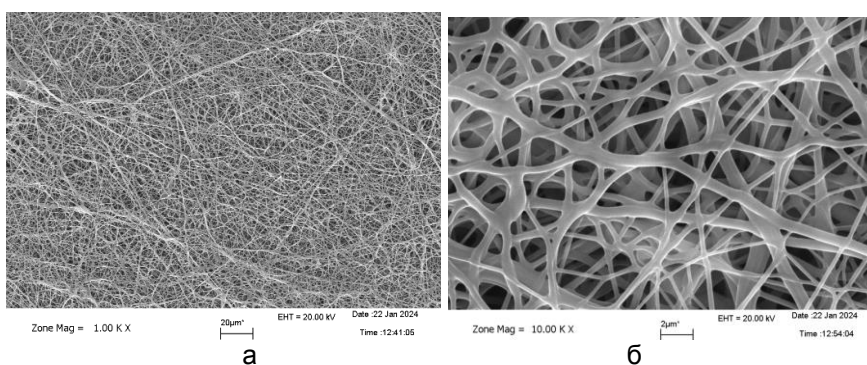


Рисунок 3 – СЭМ-изображение образца №3 (а –  $\times 1000$ , б –  $\times 10000$ )

Установлено, что внешний вид образцов полученных при разных режимах отличался. Однородность волокна у образца № 1, с колебанием струи в пределах 0.5–1 см, более высокая чем у образцов № 2 и № 3. У образцов № 2 и № 3, присутствует наличие более толстых волокон. Образец № 2, с колебанием струи 5–6 см, обладал большим количеством

артефактов (сгустков раствора) по сравнению с образцами № 1 и № 3. Образец № 3, с колебанием струи 4–5 см, обладал меньшим количеством артефактов, по сравнению с образцом № 2.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что структура нановолокнистых материалов, получаемых методом электроформования из водорастворимых полимеров, напрямую зависят не только от потенциалов электродов, но и от параметров режима нанесения, в частности, от колебаний волокнообразующей струи. В связи с этим, режим нанесения должен выбираться с учетом требований, предъявляемых к нановолокнистому материалу.

#### Список используемых источников

1. Li, Z., Wang, C. One-dimensional Nanostructures, Electrospinning technique and Unique Nanofibers / Z. Li, C. Wang. – New York : Springer, 2013. – 150 p.
2. Wang, H. S. Functional polymeric nanofibers from electrospinning / H. S. Wang, G. D. Fu, X. S. Li // Recent Patents on Nanotechnology. – 2009. – Vol. 3. – P. 21–31.
3. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites / Z. M. Huang [et al.] // Composites Science and Technology. – 2003. – Vol. 63. – P. 2223–2253.
4. Рыклин, Д. Б. Влияние межэлектродного расстояния на морфологию электроформованных нановолокнистых материалов / Д. Б. Рыклин, М. А. Демидова, М. С. Карнилов // IV Международный Косыгинский Форум. Сборник научных трудов. Часть 1. – 2024. – Москва. – С. 283–287.

УДК 681.5.08

## РАЗРАБОТКА СЕНСОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРЕНОСА ЖИДКОСТИ В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Клюев Е. А., студ., Тёмкин Д. А., асп., Науменко А. М., к.т.н.,  
Джежора А. А., д.т.н., доц., Кузнецов А. А., д.т.н., проф.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены вопросы разработки сенсора измерения динамических свойств переноса жидкости в текстильных материалах с использованием измерения электрического сопротивления.

Ключевые слова: сенсор, перенос жидкости, сопротивление, измерение.

Важную роль для определения функциональности текстиля имеют динамические свойства переноса жидкости. Они включают в себя различные свойства, такие как: вязкость, диффузия и теплопроводность. Благодаря им описывается способность жидкости сопротивляться перемещению ее слоёв относительно друг друга, распространению вещества и тепла внутри нее [1, 2].

Целью работы является анализ изменения электрических свойств текстильных материалов в процессе переноса жидкости.

Для измерения был разработан датчик (рисунок 1) из фольгированного текстолита, для измерения высокой электрической проводимости. Конструкция датчика, предназначенного для измерения динамических свойств переноса жидкости, включает в себя 7 независимых колец, которые выполняют функцию электродов.

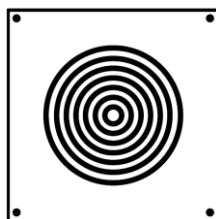


Рисунок 1 – Сенсор динамических свойств переноса жидкости