

**ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИИ
ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫХ НАНОВОЛОКНИСТЫХ
МАТЕРИАЛОВ ОТ РАССТОЯНИЯ ОТ ЭМИТТЕРА
ДО КОЛЛЕКТОРА**
**DEPENDENCE OF THE STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF
ELECTROSPINDED NANOFIBROUS MATERIALS ON THE DISTANCE
FROM THE EMITTER TO THE COLLECTOR**

**Демидова М.А., Рыклин Д.Б., Карнилов М.С.
Demidova M.A., Ryklin D.B., Karnilov M.S.**

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk
(email: demidova.mariya00@gmail.com)*

Аннотация. В статье установлена зависимость структуры, морфологии и скорости растворения нановолокнистых материалов от расстояния от эмиттера до коллектора при проведении процесса электроформования. Представлены изображения структуры полученных образцов. Установлено, что при уменьшении расстояния между электродами установки для электроформования снижается скорость растворения получаемых нановолокнистых материалов.

Abstract. The article establishes the dependence of the structure, morphology and dissolution rate of nanofibrous materials on the tip-to-collector distance during the electrospinning process. Images of the structure of the obtained samples are presented. It has been established that as the distance between the electrospinning electrodes decreases, the dissolution rate of the resulting nanofibrous materials decreases.

Ключевые слова: нановолокно, электроформование, полимер, глицерин.

Keywords: nanofiber, electrospinning, polymer, glycerin.

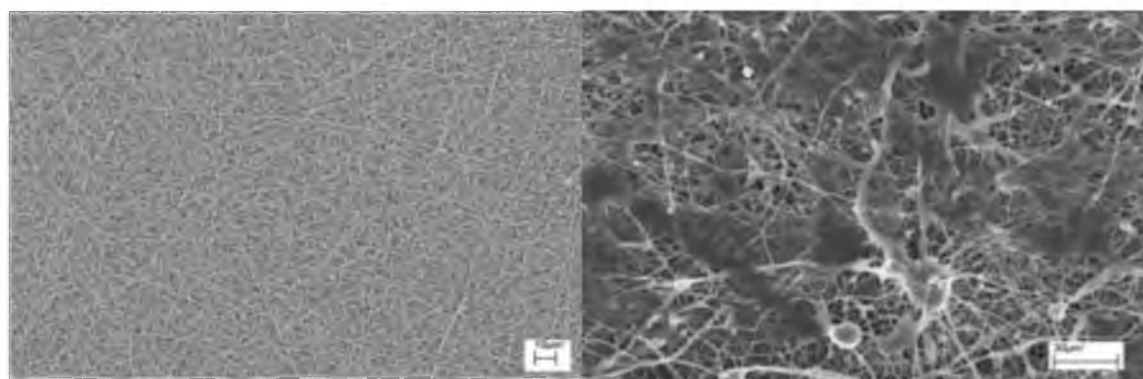
В настоящее время электроформование является эффективным и доступным, гибким методом получения микро- и нановолокон для различных нужд промышленности стран [1]. Интерес к производству электроформованных нетканых нановолокнистых материалов, покрытий и структур всё больше растёт, что связано с их уникальными свойствами и характеристиками. Известно, что нановолокнистые материалы имеют большую значимость для разнообразных видов применения, включая биотехнологию, доставку лекарств, заживление ран, тканевую инженерию, микроэлектронику, защиту окружающей среды, сбор и хранение энергии [2]. Электроформование — это способ получения полимерных волокон в результате действия электростатических сил на электрически заряженную

струю полимерного раствора или расплава [3, 4]. Характеристики электроформованных нановолокон определяются факторами, оказывающими влияние на протекание процесса электроформования, что доказано многочисленными исследованиями [5, 6]. Среди факторов, оказывающих влияние на структуру и морфологию получаемых нановолокон, которая включает напряжение в межэлектродном пространстве, расход прядильного раствора или скорость волокнообразования, расстояние от эмиттера до коллектора и вид коллектора. От структуры и морфологии нановолокна напрямую зависят его свойства, так, для водорастворимых полимеров наиболее значимым свойством является растворимость.

В связи с этим целью данного исследования было установление влияния расстояния от эмиттера до коллектора на структуру и морфологию нановолокнистых материалов, и, как следствие, на скорость их растворения.

Получение нановолокнистых материалов происходило на установке для электроформования Fluidnatek LE-50, в качестве волокнообразующего полимера выступал поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil компании Archroma (Швейцария). Данный полимер 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 было наработано образцы нановолокнистых материалов из 14 %-ного раствора ПВС с добавлением 7 % глицерина. Напряжение на эмиттере при этом составляло 28 кВ, напряжение на коллекторе – -7 кВ. При расстоянии от эмиттера до коллектора 10 см расход прядильного раствора составлял 2 мл/ч, при 4 см – 6 мл/ч.

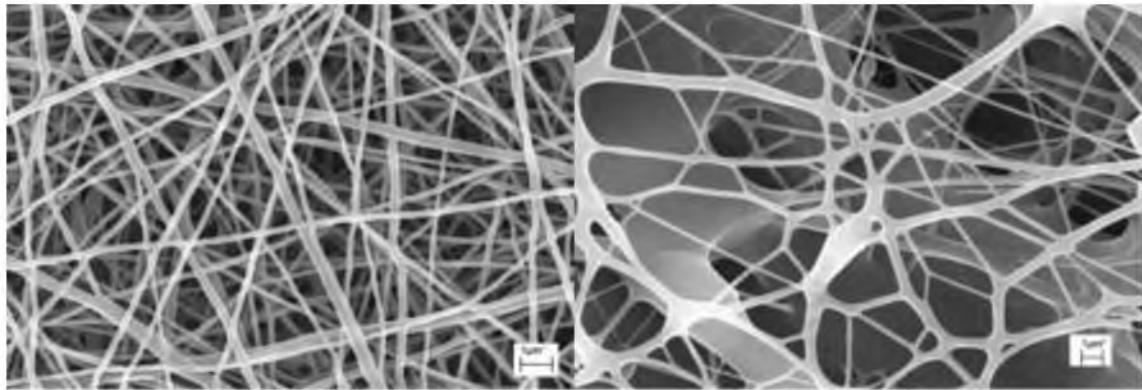
Для установления структуры полученных образцов использован метод сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Изображения поверхности полученных нановолокнистых материалов при разном увеличении приведены на рисунках 1 и 2.



а) при расстоянии 10 см

б) при расстоянии 4 см

Рисунок 1 – Изображения нановолокнистого материала при увеличении в 1000 раз



а) при расстоянии 10 см

б) при расстоянии 4 см

Рисунок 2 – Изображения нановолокнистого материала при увеличении в 10000 раз

Установлено, что внешний вид полученных на разном расстоянии от эмиттера до коллектора образцов существенно отличался. Образец нановолокнистого материала, полученный при расстоянии от эмиттера до коллектора 10 см характеризовался гладкостью, равномерностью, хорошо снимался с подложки. Образец, наработанный при расстоянии 4 см, обладал визуально неровной поверхностью, отличался большей эластичностью, при этом так же равномерно снимался с подложки.

Анализ электронных изображений полученных нановолокнистых материалов позволил установить, что характер структуры и морфологии нановолокон существенно отличался в зависимости от расстояния от эмиттера до коллектора. При расстоянии 10 см получаемые нановолокна относительно гладкие, практически не образуют агломератов, образцы материалов бездефектные. При получении нановолокнистых материалов при расстоянии от эмиттера до коллектора 4 см на поверхности материала образуются дефекты в виде капель раствора, структура образца представляет собой наноразмерную сетку. Волокна частично слипаются, формируя агломераты различного размера и конфигурации.

Скорость растворения образцов существенно отличалась. Полученный при расстоянии от эмиттера до коллектора 10 см при попадании на влажную поверхность растворялся мгновенно, образуя желеобразную пленку, в то время образец, наработанный при расстоянии между электродами 4 см, отличался повышенной стойкостью к растворению, при попадании на влажную поверхность он сохранял структурную целостность в течение нескольких минут, после чего медленно биодеградировал с образованием желеобразной пленки.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что структура и функциональные особенности нановолокнистых материалов, получаемых методом электроформования из водорастворимых полимеров напрямую зависят не только от потенциалов электродов, но и от расстояния между ними. В связи с этим расстояние между эмиттером и коллектором должно выбираться с учетом требований, предъявляемых к нановолокнистым материалам.

Список использованной литературы

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. Venugopal, J. Applications of polymer nanofibers in biomedicine and biotechnology / J. Venugopal, S. Ramakrishna // Applied Biochemistry and Biotechnology. – 2005. – Vol. 125. – P. 147–157.
5. Karakaş, H. Electrospinning of nanofibers and their applications / H. Karakaş // Materials Science. – 2015. – P. 1–35.
6. Stace, E.T. Biomaterials: Electrospinning / E.T. Stace [et. al.] // Comprehensive Biotechnology (Third Edition). – 2019. – Vol. 5. – P. 424–441.

©Демидова М.А., Рыклин Д.Б., Карнилов М.С., 2023

УДК 677.02 : 621.315.4

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ АНТИСТАТИЧЕСКИХ НИТЕЙ В ТКАНЯХ ДВУХСЛОЙНЫХ ПАКЕТОВ НА ИХ ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА INFLUENCE OF POSITION OF ANTI-STATIC THREAD IN THE FABRICS OF TWO-LAYER PACKAGES ON THEIR SHIELDING PROPERTIES

**Рыклин Д.Б., Дубровская О.А.
Ryklin D.B., Dubrouskaya V.A.**

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk
(e-mail: ryklin-db@mail.ru, olgadubrovskaya0279@gmail.com)*

Аннотация. Целью данной работы является анализ влияния расположения антистатических нитей на защитные свойства текстильных материалов при воздействии электромагнитного излучения. В качестве объекта исследований использовались опытная ткань и двухслойные пакеты из исследуемой ткани. Двухслойные пакеты были сформированы с различным расположением стальных волокон Векнох относительно слоёв. В результате испытаний получены частотные зависимости эффективности экранирования. Выявлено,