

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ СПОСОБОМ
ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ
OBTAINING NANO-FIBER MATERIALS FOR MEDICAL PURPOSE BY
ELECTROFORMATION**

**Ясинская Н.Н., Скобова Н.В., Рыклин Д.Б.
Yasinskaya N.N., Skobova N.V., Ryklin D.B.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus
(e-mail: YasinskayNN@rambler.ru)*

Аннотация: Рассмотрен процесс получения нановолокнистых материалов медицинского назначения с использованием в качестве волокнообразующей композиции, содержащей поливиниловый спирт и водную дисперсию прополиса. Доказана эффективность предварительной ультразвуковой подготовки прядильной полимерной композиции ПВС/прополис для формирования бездефектного покрытия. Приведены результаты исследования динамической вязкости, коэффициента поверхностного натяжения и удельной объемной электропроводности полимерной композиции ПВС/прополис до и после озвучивания.

Abstract: The process of obtaining nanofibrous materials for medical purposes using as a fiber-forming composition containing polyvinyl alcohol and an aqueous dispersion of propolis is considered. The efficiency of preliminary ultrasonic preparation of the spinning polymer composition PVA / propolis for the formation of a defect-free coating has been proved. The results of a study of the dynamic viscosity, surface tension coefficient and specific volumetric electrical conductivity of the PVA / propolis polymer composition before and after sonication are presented.

Ключевые слова: Электроформование, нановолокнистое покрытие, полимерная композиция, поливиниловый спирт, прополис, ультразвуковая обработка.

Keywords: Electrospinning, nanofiber coating, polymer composition, polyvinyl alcohol, propolis, ultrasonic treatment.

Одним из способов получения покрытий и структур из микро- и нановолокон для различных областей применения является электроформование [1, 2]. Этот метод дает широкие возможности в создании наноматериалов медицинского назначения различной структуры и морфологии ориентированные и неориентированные волокнистые покрытия, пленки, пористые мембраны, ядро-оболочечные [2, 3]. Структура электроформованного материала медицинского назначения определяет его ключевые характеристики, такие как время и характер биodeградации, функциональные возможности поверхности, механические свойства. В связи с этим, перед исследователями стоит задача получения материала с такой структурой и свойствами, которая будет отвечать заданным требованиям в зависимости от функционального назначения.

Одним из наиболее распространенных полимеров, используемых для получения материалов медицинского назначения методом электроформования, является поливиниловый спирт (ПВС), что обусловлено его относительно низкой стоимостью и уникальными свойствами [4]. Известно, что создание концентрированных растворов полимеров с лекарственными веществами различной природы приводит к получению эффективных лечебных средств для внутреннего (таблетки, капсулы, растворы) и наружного (мази, растворы, аэрозоли, пленки) применения [5].

При этом в ряде случаев физиологическая активность полимеров проявляется в активизации процессов всасывания и проникновения лекарственных средств через слизистые оболочки, кожу и др. [3]. Благодаря нетоксичности поливиниловый спирт может применяться в медицине в качестве клеев, пластырей, стерильных салфеток, хирургических нитей, фармацевтических препаратов.

В результате проведенных ранее исследований процесса формирования нановолокнистого покрытия для медицинских раневых повязок выбран поливиниловый спирт марки Arkofil PPL компании Archroma (Швейцария) и установлена оптимальная концентрация волокнообразующего раствора 14% обеспечивающая стабильный процесс электроформования при расходе до 1500 мкл/ч [4].

В качестве функциональной добавки, обладающей обезбаливающими, противовоспалительными и ранозаживляющими свойствами используется водная дисперсия прополиса. В медицине используют водные экстракты прополиса, однако концентрация действующего вещества в них составляет всего 10-20%. Поэтому интерес представляет применение для электроформования нановолокнистого покрытия полимерного состава, содержащего водную дисперсию прополиса с размером частиц 100-150 нм, что позволит улучшить лечебные свойства покрытия.

Известно, что при получении полимерных композиций для электроформования с нерастворимыми или малорастворимыми функциональными добавками существует проблема устойчивости дисперсий. Экспериментально установлено, что в водном растворе происходит агломерация частиц прополиса, расслоение прядильного полимерного состава.

Для предотвращения выпадения осадка прядильная полимерная композиция подвергалась ультразвуковой обработке. Приготовление двухкомпонентного состава осуществлялось с использованием ультразвуковой ванны «Сапфир» УЗВ-1,3/2 ЗАО НПО «Техноком» Обработка полимерной композиции осуществлялась 15 мин, мощность ультразвуковых колебаний 100 Вт, частота колебаний 35кГц температура раствора 40°C.

Наибольшее влияние на стабильность процесса электроформования и наличие дефектов в получаемом материале оказывают такие свойства, как динамическая вязкость, коэффициент поверхностного натяжения и удельная объемная электропроводность [2]. Свойства используемых составов полимерной композиции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства прядильных полимерных композиций

Состав полимерной композиции: 90 масс.ч 14%-ного раствора ПВС+10 масс.ч. дисперсии прополиса	Динамическая вязкость, Па с	Поверхностное натяжение, Н/м	Удельная объемная электропроводность, мСм/м
до озвучивания	0,317	0,08875	1,918
после озвучивания	0,765	0,06550	1,487
14%-ный раствор ПВС	2,603	0,06954	0,497

Исследования процесса формирования нановолокнистого покрытия проводились на установке Fluidnatek LE-50, внешний вид которой представлен на рисунке 1. Как и на других установках, на которых осуществляется электрокапиллярное формование волокнистых материалов, электрическое напряжение прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается на прядильную головку [3]. Высокое напряжение индуцирует в растворе полимера одноименные электрические заряды, которые, в результате кулоновского электростатического взаимодействия, приводят к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. В процессе электростатического вытягивания полимерной струи она может претерпевать ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи. Полученные струи отвердевают за счет испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, закрепленной на осадительном электроде.



Рисунок 1 – Внешний вид установки FluidnatekLE-50

Для исследования структуры полученных образцов использован метод сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Электронные снимки поверхности волокнистого материала при увеличении в 1000 раз приведены на рисунке 2.

В результате анализа полученных снимков установлено, что в процессе электроформования возможно получение нановолокнистого покрытия с содержанием водной дисперсии прополиса.

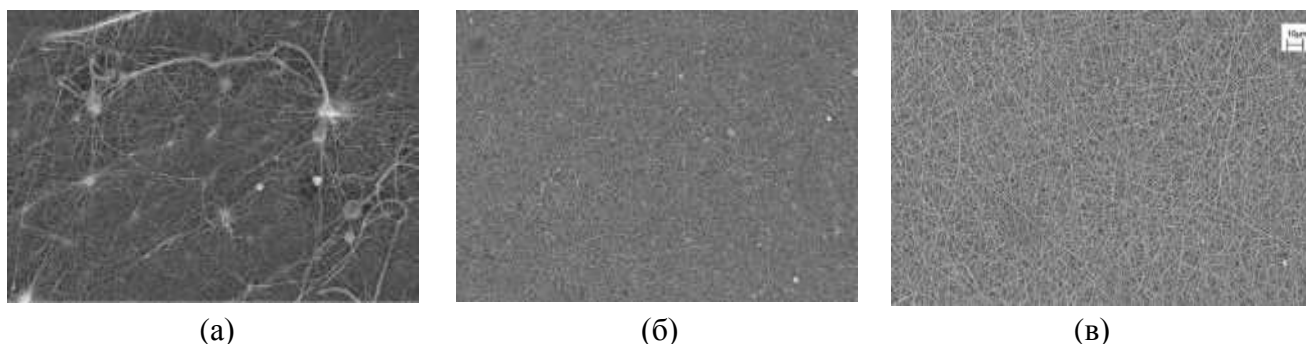


Рисунок 2 – Изображения нановолокнистого покрытия (увеличении в 1000 раз)
 а – прядильная полимерная композиция ПВХ/прополис без озвучивания; б – прядильная композиция ПВХ/прополис после озвучивания; в – прядильный раствор ПВХ (14%-ный)

Однако, образец, выработанный из неозвученной полимерной композиции содержит большое количество дефектов в виде застывших капель и утолщений на волокнах. Предварительная подготовка прядильной композиции путем воздействия ультразвука позволяет значительно снизить количество дефектов. Визуальное сравнение образцов, позволяет сделать вывод о том, что состав прядильного раствора влияет на толщину получаемых волокон. Волокна, полученные с использованием композиции ПВХ/прополис тоньше, чем из чистого 14%-ного раствора ПВХ.

Выводы:

получены нановолокнистые материалы медицинского назначения с содержанием водной дисперсии прополиса;

доказана эффективность предварительной ультразвуковой подготовки прядильной полимерной композиции ПВХ/прополис для формирования бездефектного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Milašius R., Ragaišienė A., Rukuižienė Ž., Mikučionienė D., Ryklin D., Yasinskaya N., Yeutushenka A. Development of an electrospun nanofibrous web with hyaluronic acid // *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 2017. Т.25. №5. С.8-12.
2. Матвеев, А.Г., Афанасов, И.М. Получение нановолокон методом электроформования, Москва, 2010, 83 с.
3. Рыклин Д.Б. Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования / Рыклин Д.Б., Ясинская Н.Н., Евтушенко А.В., Джумагулыев Д.Д. // *Вестник Витебского государственного технологического университета*, №1 (30), 2016, с.90-98.
4. Рыклин, Д.Б., Азарченко, В.М. Демидова, М.А. (2019) Определение рациональных режимов электроформования с использованием прядильных головок различной конструкции // *Химические волокна*, 2019, № 4, с. 13.
5. Физиологически активные полимеры, 2020. режим доступа: <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi/> (дата доступа 20.09.2020).