

УДК 541.64:
539.2:537.5

ІЩЕНКО О.В., ПЛАВАН В.П., ЛЯШОК І.О., ШЕВЧУК Т.В.,
ПАТРИХІНА З.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ УЛЬТРАТОНКИХ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ З ХІТОЗАНОМ

Мета. Метою наукової роботи є розробка технології одержання ультратонких нетканних матеріалів на основі полімерної композиції полівінілового спирту та полівінілацетату з додаванням хітозану, який розчиняли у молочній та оцтовій кислотах.

Методика. Для оцінки характеристик композицій визначали в'язкість та поверхневий натяг робочих розчинів методом капілярної віскозиметрії, електропровідність - кондуктометричним методом. Вплив термостабілізації матеріалів з додаванням хітозану досліджували, використовуючи їх сорбційні властивості. Морфологічний склад ультратонких нетканних матеріалів досліджено методом електронної скануючої мікроскопії.

Результати. Розроблено технологію одержання ультратонких матеріалів з хітозаном, розчиненим у молочній та оцтовій кислотах, методом електроформування. Визначено параметри отримання волокон з досліджуваних композицій. В результаті аналізу отриманих ультратонких нетканних матеріалів методом електронної мікроскопії встановлено, що при напрузі між електродами 30 кВ отримуються волокна з діаметром від 0,3 до 0,9 мкм. За статистичним розподілом діаметрів полімерних волокон в ультратонких нетканних матеріалах визначено, що в залежності від складу композиції, діаметр 0,3 мкм мають 72-77 % волокон.

Наукова новизна роботи полягає у визначенні основних закономірностей процесу електроформування з використанням природного полімеру хітозану та особливостей підготовки його розчинів в молочній та оцтовій кислотах. Встановлено вплив в'язкості, поверхневого натягу та електропровідності робочих розчинів композицій на процес електроформування.

Практичне значення. Розроблено технологічні параметри одержання ультратонких нетканних матеріалів на основі композиції полівінілового спирту та полівінілацетату з додаванням хітозану, методом електроформування, визначено можливість регулювання діаметру волокон через вибір розчинника хітозану.

Ключові слова: ультратонкі неткані матеріали, полівініловий спирт, полівінілацетат, хітозан, електроформування, молочна кислота, оцтова кислота, діаметр волокон.

Вступ. В останні роки в галузі охорони здоров'я спостерігається заміна традиційних бавовняних матеріалів багаторазового використання на одноразові з різних видів нетканних матеріалів. Вони є основою для виготовлення одноразового медичного одягу і білизни, засобів індивідуального захисту та перев'язувальних матеріалів [1].

Особливий інтерес представляють матеріали з ультратонких волокон у біоінженерії та медицині. Ультратонкі неткані матеріали є перспективними в медицині для створення систем контрольованої доставки лікарських препаратів [2], виготовлення матриць для росту та розширення клітин при регенерації різних тканин живих організмів. Для створення таких нетканних матеріалів використовуються природні полімери: колаген, хітозан, протеїн шовку, фібриноген та їх суміші [3]. Хітозан є хімічно, біологічно та радіаційно стійким, сумісним з різними речовинами – антисептиками, антибіотиками, сульфаніламидами, місцевими анестетиками та ін. Похідні хітозану, завдяки наявності ряду функціональних груп (гідроксильних, аміно-, ацетиламідних та ін.), характеризуються високими сорбційними властивостями [4].

Велика кількість вільних аміногруп модифікованого хітозану обумовлює його комплексотворні та іонообмінні властивості за рахунок зв'язування протонів та утворення надлишкового позитивного заряду.

На основі ультратонких волокон із біосумісних та біодеградуємих полімерів таких як хітозан, одержують перев'язувальні засоби для опікових поверхонь, ран, які довго не загоюються та трофічних виразок. Використання таких матеріалів дозволяє прискорити регенерацію шкіряного покриву, демонструє антимікробний захист, високу повітро- та паропроникність [5].

Одним з методів одержання ультратонких нетканних матеріалів є електроформування з розплаву або розчину полімерів з характерними значеннями в'язкості і поверхневого натягу. За апаратурним оформленням і характером технологічного процесу електроформування волокон відноситься до сухого безфільтрального методу. Деформація вихідного полімерного розчину здійснюються електричними силами в єдиному робочому просторі, з наступним утворенням волокон після випаровування розчинника та формуванням волокнистого шару [6].

Суттєвим недоліком є обмежене практичне використання нетканних матеріалів на основі водорозчинних полімерів. Для одержання нерозчинних волокон на основі суміші хітозан - полівініловий спирт проводять додаткову операцію – термообробку при температурі 115-120 °С протягом 3 годин [7,8].

Тому актуальним завданням є розробка технології виготовлення нетканних ультратонких матеріалів з підвищеною стійкістю до водних розчинів.

Постановка завдання. Метою наукової роботи є розробка технології одержання ультратонких нетканних матеріалів на основі полімерної композиції полівінілового спирту та полівінілацетату з додаванням хітозану, який розчиняли у молочній та оцтовій кислотах.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі: дослідити вплив в'язкості, поверхневого натягу, електропровідності розчинів композицій на основі хітозану, який розчиняли у молочній та оцтовій кислотах, на процес електроформування; визначити склад композиції для отримання ультратонких нетканних матеріалів; дослідити вплив термостабілізації на сорбційні властивості нетканних матеріалів; дослідити зразки нетканних матеріалів з використанням оптичної мікроскопії та подальшим статистичним аналізом діаметрів волокон.

Методологія досліджень. Для одержання нетканних матеріалів використовували хітозан (CAS № 9012-76-4). Для покращення волокноутворюючих властивостей в розчин хітозану (Хт) додавали полівініловий спирт (ПВС марки 16/1 масова частка ацетатних груп, не більше 0,9-1,7%) та полівінілацетат ПВА (CAS № 9003-20-7). Як розчинник використовували водні розчини молочної (МК) (60 %-вий, CAS № 50-21-5) та оцтової (ОК) (40 %-вий, CAS 64-19-7) кислот.

Готували 2,0 % розчин хітозану у 1 % молочній кислоті, 6,0 % розчин хітозану у 70 % оцтовій кислоті та окремо 5 % водний колоїдний розчин ПВС. Композиції готували при нагріванні на водяній бані при постійному перемішуванні. Досліджували композиції у співвідношенні ПВС/Хт в молочній кислоті (1:1), (3:1), (4:1); ПВС/Хт в оцтовій кислоті (5:1); ПВА/Хт в молочній кислоті (4:1), (3:2); ПВА/Хт в оцтовій кислоті, (4:1) (3:1) (5:1), з додаванням I₂ (3:1)

Ультратонкі неткані матеріали отримували методом електроформування на лабораторній установці капілярного типу з напругою електричного поля 30 кВ. Для визначення реологічних характеристик композицій був використаний сталагмометричний метод, діаметр капіляру 0,99 мм. Вплив термостабілізації на сорбційні властивості нетканних матеріалів оцінювали за зміною водопоглинання X (%) та розраховували за формулою (1):

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

де m_2 – маса зразка в певний момент часу перебування у воді, г;

m_1 – маса сухого зразка, г.

Зразки нетканних матеріалів досліджували з використанням електронного скануючого мікроскопу MIRA3 TESCAN та проводили вимірювання поперечних розмірів волокон за методом аналізу отриманих цифрових зображень в програмному пакеті ImageJ [9] з наступною статистичною обробкою та графічним аналізом отриманих даних в пакеті Statistica [10].

Результати дослідження. Одним з важливих технологічних параметрів стабільного електроформування є відстань між електродами. Це впливає на час дрейфування струменя, випаровування розчинника і напруженість електричного поля. Було досліджено процес волокноутворення, встановлено відстань між електродами та осаджувальним електродом, стабільність процесу електроформування, а результати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Дослідження процесу електроформування композицій на основі хітозану

Зразок	Склад композиції	Відстань від формуючого до осаджуваного електроду, см	Процес формування	Електро-провідність κ , См/м
1	ПВС/ХТ (1:1) МК	6-9	-	0,416
2	ПВС/ХТ (3:1) МК	6-8	-	0,282
3	ПВС/ХТ (4:1) МК	8	+	1,228
4	ПВС/ХТ (5:1) ОК	6	+	1,515
5	ПВА/ХТ (3:1) ОК, I_2	7	+	2,015
6	ПВА/ХТ (3:1) ОК	6,5-9	-	2,875
7	ПВА/ХТ (4:1) ОК	6,5-9,5	-	0,275
8	ПВА/ХТ (3:2) МК	7	+/-	0,434
9	ПВА/ХТ (4:1) МК	9	+	0,568

- «-» - формування не відбувається, розчин занадто рідкий;
- «±» - формування нестабільне;
- «+» - формування волокон проходить стабільно.

За результатами досліджень встановили, що стабільне електроформування відбувається для зразків ПВС/ХТ (4:1) МК, ПВС/ХТ (5:1) ОК, ПВА/ХТ ОК (3:1) з I_2 , ПВА/ХТ (4:1) МК, тому в роботі були досліджені властивості розчинів композицій та неткані матеріали на основі саме цих рецептур.

Встановлено, що електроформування відбувається при відстані між електродами в межах 6-9 см, вона змінюється в залежності від рецептурного складу зразків.

Коефіцієнт поверхневого натягу впливає на властивості прядильного розчину та визначає корисні затрати електричної енергії, яку підводять до формуючого капіляру. Чим нижче коефіцієнт поверхневого натягу розчину, тим стабільніше відбувається процес електроформування. Для зменшення поверхневого натягу формуючого розчину додають співрозчинники, які мають нижчі значення поверхневого натягу, а також поверхнево-активні речовини [11]. Тому при зниженні коефіцієнту поверхневого натягу формуючого розчину, можна зменшити величину електричної напруги на капілярі. За даними [12] допустимим значенням є величина коефіцієнта поверхневого натягу менше 0,05 Н/м.

Наступною важливою властивістю формуючого розчину є його в'язкість. На першій стадії електроформування в'язкість є небажаним фактором, що призводить до збільшення енергії на подолання внутрішнього тертя в рідкому струмені. Разом з цим, при підвищенні в'язкості гасяться капілярні хвилі, які руйнують струмінь, що покращує продуктивність та якість нетканого матеріалу.

Електропровідність впливає на процес електроформування волокнуутворюючого розчину. Мінімальне значення даного показника визначається часом релаксації в розчині вільних електричних зарядів під дією зовнішнього електричного поля. Підвищення електропровідності прядильного розчину дозволяє збільшити швидкість процесу електроформування.

При дослідженні процесу електроформування, спробували поєднати отримані практичні результати електропровідності, в'язкості та поверхневого натягу розчинів та розраховували напруження електричного поля для всіх зразків (Табл.2). Для розрахунків використовували спрощену формулу, з припущенням, що вся електроенергія витрачається на подолання в'язкості та поверхневого натягу краплі полімерного розчину. Напруження електричного поля (E_c) визначається за формулою (2):

$$E_c = 4 \cdot \pi \sqrt{\frac{6 \cdot \eta \cdot \kappa}{\varepsilon}} \quad (2)$$

де η – в'язкість волокнуутворюючого розчину; ε – діелектрична проникність; κ – електропровідність розчину.

Таблиця 2

Поверхневий натяг, відносна в'язкість розчинів композицій

№ п/п	Зразок	Поверхневий натяг σ , Н/м	Відносна в'язкість $\eta_{\text{від}}$	Напруження поля розрахункове, кВ/см
1	ПВС/Хт (1:1) МК	0,023	19,8	2,968
2	ПВС/Хт (3:1) МК	0,062	16,3	2,217
3	ПВС/Хт (4:1) МК	0,050	54,0	8,421
4	ПВС/Хт (5:1) ОК	0,047	40,0	8,051
5	ПВА/Хт (3:1) ОК, I ₂	0,049	43,3	9,660
6	ПВА/Хт (3:1) ОК	0,019	25,4	8,837
7	ПВА/Хт (4:1) ОК	0,020	23,8	2,646
8	ПВА/Хт (3:2) МК	0,070	41,0	4,362
9	ПВА/Хт (4:1) МК	0,020	45,0	5,228

Враховуючи вплив основних технологічних параметрів та властивостей формуючого розчину на здатність до електроформування встановлено, що при напруженні електричного поля більше 4 кВ/см відбувається витягування струменю та волокнутворення.

Отримані матеріали термостабілізували протягом 1, 2 та 3 годин. Результат дослідження впливу термостабілізації на сорбційні властивості нетканих матеріалів у дистильованій воді наведено на рис. 1, 2.

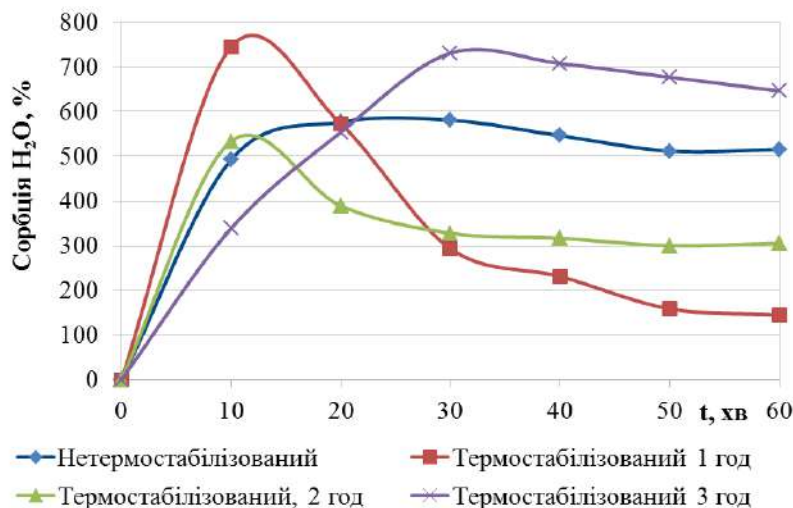


Рис. 1 Вплив термостабілізації на сорбційні властивості матеріалів на основі полівініацетата з хітозаном (4:1), який розчиняли в молочній кислоті

Нетермостабілізований зразок має в межах 10-60 хвилин характерну для зшитих полімерів криву водопоглинання. При термостабілізації 1 та 2 години матеріалів на основі ПВА з хітозаном розчиненим у молочній кислоті спостерігається різке збільшення сорбції до 780 та 550 % відповідно протягом перших 10 хвилин. Далі відбувається процес десорбції води з цих нетканих матеріалів. Продовження обробки підвищеною температурою до 3 годин призводить до зникнення початкового різкого стрибка сорбції. Поглинання води проходить поступово зростаючи до 670 %. Отже для зразків нетканих матеріалів з ПВА/Хт (4:1) МК термостабілізація протягом 3 годин дає можливість отримати зразки з поступовим підвищенням відсотка сорбції протягом першої години дії води.

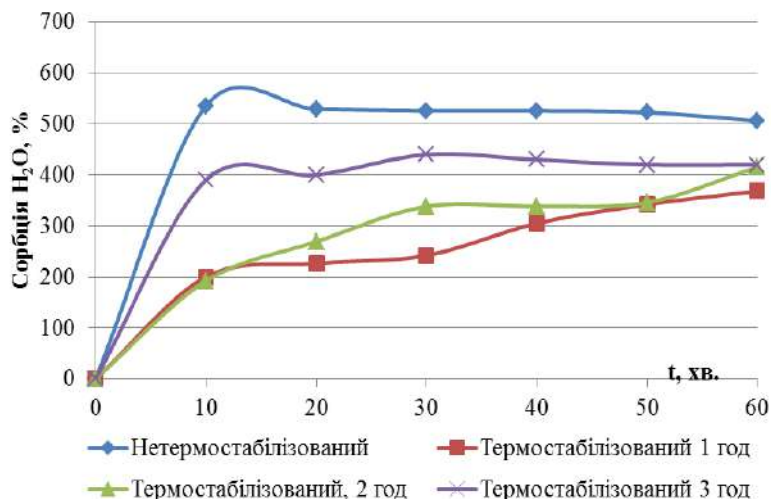
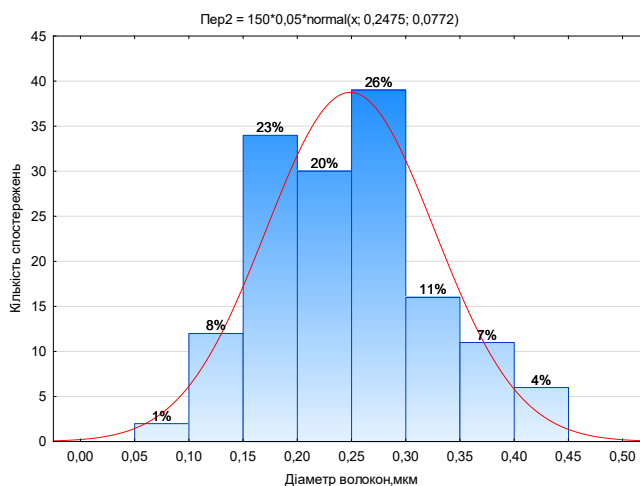
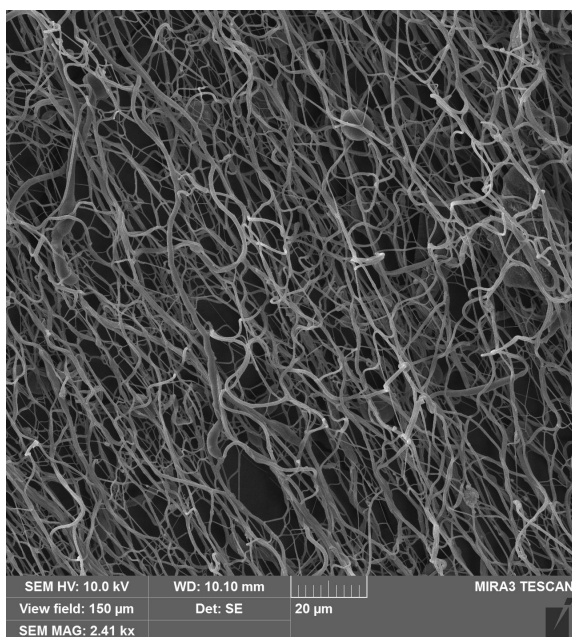


Рис. 2. Вплив термостабілізації на сорбційні властивості матеріалів на основі полівінілового спирту з хітозаном (4:1), який розчиняли в молочній кислоті

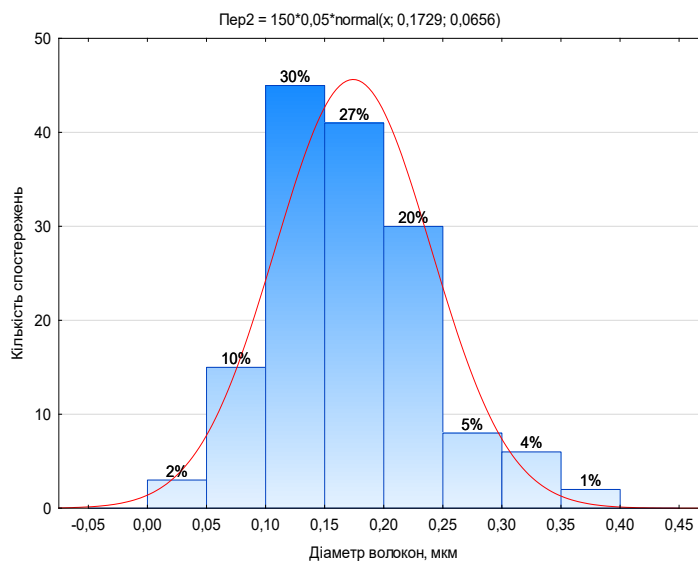
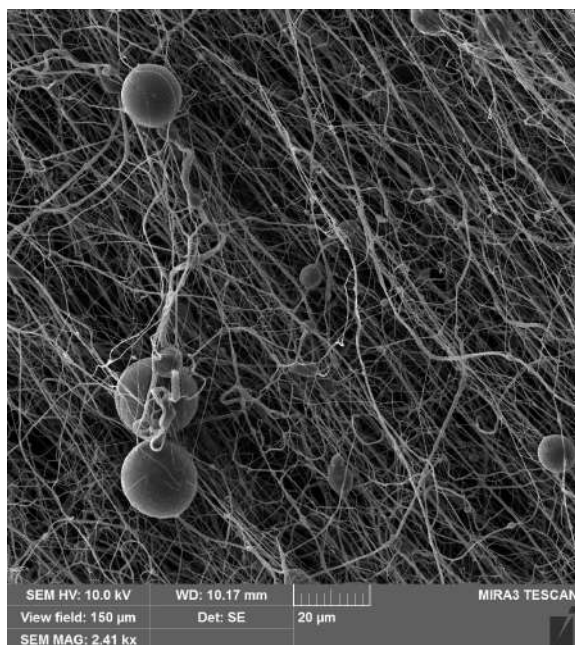
Неткані матеріали на основі ПВС з хітозаном розчиненим в молочній кислоті, які не піддавали дії підвищеної температури, проявляють аналогічний нетермостабілізованим зразкам на основі ПВА, характер кривої водопоглинання. Тобто, отримані неткані матеріали з хітозаном, розчиненим у молочній кислоті не залежно від волокноутворюючого полімеру проявляють протягом першої години дії води сорбцію сітчатого полімеру. Термостабілізація протягом 1 години призводить до різкого зниження сорбційної здатності матеріалів протягом першої години дії води, а продовження обробки температурою до 3 годин підвищує сорбцію до 400 %. Отже для нетканних матеріалів з ПВС/Хт (4:1) МК термостабілізація призводить до зниження сорбційної здатності у порівнянні з необробленим зразком на 200-300 %.

Для зразків нетермостабілізованих нетканних матеріалів на основі ПВС з додаванням хітозану розчиненого в оцтовій кислоті характерне збільшення сорбції до 450-600 % протягом перших 10 хвилин з подальшим поступовим зменшенням цих показників. Обробка підвищеною температурою 1-3 години цих зразків призводить до зменшення максимального водопоглинання до значень 100-200 %. Для нетермостабілізованих зразків на основі ПВА з хітозаном розчиненим в оцтовій кислоті максимальна сорбція складає близько 700 % протягом перших 10 хвилин. Подальша обробка водою призводить до зниження цього показника до 600 %. Термостабілізація протягом 1-3 годин знижує максимальну сорбцію до 200 %, але цей показник стає практично стабільним при подальшій дії води. Отже, для зразків нетканних матеріалів на основі ПВА та ПВС /Хт ОК, термостабілізація знижує показник сорбції на 400 % і, разом з тим, покращує стійкість зразка до дії води.

На рисунку 3 наведено мікрофотографії волокон з хітозану, розчиненого в молочній (а) та оцтовій (б) кислотах з додаванням ПВС, отримані на електронному скануючому мікроскопі MIRA3 TESCAN у електронному вакуумі. Структура отриманих матеріалів без помітних дефектів.



а)



б)

Рис. 3 Мікрофотографії нетканого волокнистого матеріалу на основі полівінілового спирту з додаванням хітозану, розчиненого в молочній кислоті (а), та хітозану, розчиненого в оцтовій кислоті (б), отримані методом електронної мікроскопії та діаграми статистичного розподілу діаметрів волокон

Статистичний розподіл діаметрів волокон нетканних матеріалів на основі ПВС з хітозаном показав, що діаметри волокон розподіляються у межах від 0,01 до 0,45 мкм. Встановили, що в залежності від природи кислоти 72% складають волокна з діаметрами від 0,15 до 0,30 мкм для молочної кислоти, та 77 % - від 0,10 до 0,25 мкм - для оцтової кислоти.

Дослідження морфологічного складу нетканних матеріалів проводили для зразків ПВС/Хт (4:1) МК; ПВС/Хт (5:1) ОК; ПВА/Хт (3:1) ОК, І₂; ПВА/Хт (4:1) МК. Ширина розподілу діаметрів волокон становить від 0,01 до 0,50 мкм.

Аналіз морфологічного складу нетканних матеріалів, отриманих на основі ПВА з хітозаном розчиненим в молочній та оцтовій кислотах, показав, що діаметри волокон розподіляються у межах від 0,3 до 0,9 мкм. Встановили, що 89 % складають волокна з діаметрами від 0,4 до 0,7 мкм для молочної кислоти, та 87 % – від 0,45 до 0,55 мкм – для оцтової кислоти.

Одержані методом електроформування неткані матеріали, отримані на основі ПВС та ПВА з додаванням хітозану мають середній діаметр волокон відповідно 0,21 мкм та 0,58 мкм, що відноситься до діапазону ультратонких волокон.

Висновки. В роботі доведено можливість отримання методом електроформування ультратонких нетканних матеріалів на основі полімерних композицій з хітозаном розчиненого у молочній, оцтовій кислотах та волокноутворюючих полімерів ПВА та ПВС.

Встановили, що на характер електроформування впливає ряд рецептурно-технологічних факторів, головними з яких є в'язкість, поверхневий натяг, напруженість електричного поля.

За допомогою спрощеної формули розрахунку напруження електричного поля встановлено можливість прогнозу параметрів в'язкості, поверхневого натягу, електропровідності розчину на стабільність процесу електроформування.

Час термостабілізації змінює сорбційні властивості матеріалів на основі хітозану з різним вмістом ПВС та ПВА, що дає можливість регулювати кінетику вивільнення лікарських препаратів, та регулювати розчинність матеріалів в залежності від терміну експлуатації.

Література

1. Чистенко Г.Н. Нетканые материалы и изделия одноразового применения / Г.Н. Чистенко, О.Л. Таранова, А.Л. Лешкевич, Е.В. Кормилицына, Е.Б. Варивода // Военная медицина, 2011. – №2 (19). – С. 89-91.
2. Sangamesh G. Kumbara, Syam P. Nukavarapua, Roshan Jamesb, MaCalus V. Hogana, Cato T. Laurencin. Recent Patents on Electrospun Biomedical Nanostructures: An Overview // Recent Patents on Biomedical Engineering, – 2008, – №1, – p. 68-78
3. Ramachandran K., Gouma P.I. Electrospinning for bone tissue technique // Recent patents on nanotechnology, – 2008, – №2(1), – p. 1-7
4. Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications // Prog. Polym. Sci. –2006. – Vol. 31, № 7. – P. 603-632.
5. Chew S. Y. The effect of the alignment of electrospun fibrous scaffolds on Schwann cell maturation / S. Y. Chew, R. Mi, A. Hoke, K. W. Leong // Biomaterials – 2008, – 29(6),- P. 653-661.
6. Сони́на А. Н. Получение нановолокнистых материалов на основе хитозана методом электроформования / А. Н. Сони́на, С. А. Успенский, Г. А. Вихорева и др. // Химические волокна. – 2010. – № 6. – С. 11-17.
7. Duzyer, S., Hockenberger, A., Zussman, E Characterization of solvent-spun polyester nanofibers./ S. Duzyer, A. Hockenberger, E. Zussman // Journal of Applied Polymer Science, – 2011, – Vol. 120(2), P. 759-769.
8. C. Zhang, X.Yuan, L. Wu, Y. Han, J. Sheng Study on morphology of electrospun poly(vinyl alcohol) mats. *European Polymer Journal*, – 41 (2005), – 3, – P. 423-432.
9. Perez, J., Pascau, J. Image processing with ImageJ, Packt Publishing Ltd. – 2013. – 140 p.
10. Hill T. Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining / T. Hill, P. Lewicki, P.Lewicki // StatSoft Inc., – 2006. – 832 p.
11. J. Zeng Biodegradable electrospun fibers for drug delivery / J. Zeng, X. Xu, X. Chen, Q. Liang, X. Bian, L. Yang, X. Jing, // J. Control. Release. – 2003. – Vol. 92. P. 227-231.
12. Gupta P. Electrospinning of linea homopolymers

References

1. Chystenko, H. N., Taranova, O. L., Leshkevych, A. L., Kormylytsyna, E. V., Varyvoda, E. B. (2011). Netkanye materyaly y yzdelyia odnorazovoho prymenyenia [Nonwovens and disposable products]. *Voennaia medytsyna [Military medicine]*, 2(19), 89-91 [in Belarus]
2. Laurencin, C. T., Kumbar, S. G., Nukavarapu, S. P., James, R., Hogan, M. V. (2008). Recent patents on electrospun biomedical nanostructures: an overview. *Recent patents on biomedical engineering*, 1(1), 68-78.
3. Gouma, P. I., Ramachandran, K. (2008). Electrospinning for bone tissue engineering. *Recent patents on nanotechnology*, 2(1), 1-7.
4. Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in polymer science*, 31(7), 603-632.
5. Chew, S. Y., Mi, R., Hoke, A., Leong, K. W. (2008). The effect of the alignment of electrospun fibrous scaffolds on Schwann cell maturation. *Biomaterials*, 29(6), 653-661.
6. Sonyna, A. N., Uspenskyi, S. A., Vykhoreva, H. A., Fylatov, Yu. N., Halbraikh, L. S. (2010). Poluchenye nanovoloknystykh materyalov na osnove khytozana metodom elektroformovanyia (obzor) [Obtaining nanofibrous materials based on chitosan by electrospinning]. *Khymycheskye volokna [Chemical fibers]*, (6), 11-17. [in Russian].
7. Duzyer, S., Hockenberger, A., & Zussman, E. (2011). Characterization of solvent-spun polyester nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 120(2), 759-769.
8. Zhang, C., Yuan, X., Wu, L., Han, Y., Sheng, J. (2005). Study on morphology of electrospun poly(vinyl alcohol) mats. *European polymer journal*, 41(3), 423-432.
9. Pérez, J. M. M., Pascau, J. (2013). *Image processing with ImageJ*. Packt Publishing Ltd.
10. Hill, T., Lewicki, P., Lewicki, P. (2006). *Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining*. StatSoft, Inc..
11. Zeng, J., Xu, X., Chen, X., Liang, Q., Bian, X., Yang, L., Jing, X. (2003). Biodegradable electrospun fibers for drug delivery. *Journal of controlled release*, 92(3), 227-231.
12. Gupta, P., Elkins, C., Long, T. E., Wilkes, G. L.

of poly(methyl methacrylate): exploring relationships between fiber formation, viscosity, molecular weight and concentration in a good solvent/ P. Gupta, C. Elkins, T. E. Long, G. L. Wilkes // Polymer. – 2005. – Vol. 46. – P. 4799-4810.

(2005). Electrospinning of linear homopolymers of poly (methyl methacrylate): exploring relationships between fiber formation, viscosity, molecular weight and concentration in a good solvent. *Polymer*, 46(13), 4799-4810.

ISHCHENKO OLENA

e.ishchenko5@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9510-6005>

Kyiv National University of Technologies & Design

LIASHOK IRINA

liashok77@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9171-1075>

Kyiv National University of Technologies & Design

PLAVAN VIKTORIIA

plavan.vp@knutd.com.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9559-8962>

ResearcherID: I-5852-2015

Kyiv National University of Technologies & Design

SHEVCHUK TATIANA

tetyana1997.09@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0024-959X>

Kyiv National University of Technologies & Design

PATRYKHINA ZOIA

gosickk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7194-7803>

Kyiv National University of Technologies & Design

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАТОНКИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ХИТОЗОНОМ

ИЩЕНКО Е.В., ПЛАВАН В.П., ЛЯШОК И.А., ШЕВЧУК Т.В., ПАТРИХИНА З.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Целью научной работы является разработка технологии получения ультратонких нетканых материалов на основе полимерной композиции поливинилового спирта и поливинилацетата с добавлением хитозана, который растворяли в молочной и уксусной кислотах.

Методика. Для оценки характеристик композиций определяли вязкость и поверхностное натяжение рабочих растворов методом капиллярной вискозиметрии, электропроводность - кондуктометрическим методом. Исследовали влияние термостабилизации на сорбционные свойства материалов с добавлением хитозаном. Морфологический состав нетканых ультратонких материалов исследовано методом электронной сканирующей микроскопии.

Результаты. Разработана технология получения ультратонких материалов с хитозаном, растворенным в молочной и уксусной кислотах, методом электроформования. Определены параметры получения волокон из исследуемых композиций. В результате анализа полученных ультратонких нетканых материалов методом электронной микроскопии установлено, что при напряжении между электродами 30 кВ получают волокна с диаметром от 0,3 до 0,9 мкм. По статистическому распределению диаметров полимерных волокон в ультратонких нетканых материалах определено, что в зависимости от состава композиции, диаметр 0,3 мкм имеют 72-77% волокон.

Научная новизна работы заключается в определении основных закономерностей процесса электроформования с использованием природного полимера хитозана и особенностей подготовки его растворов в молочной и уксусной кислотах. Установлено влияние вязкости, поверхностного натяжения и электропроводности рабочих растворов композиций на процесс электроформования.

Практическое значение. Разработаны технологические параметры получения ультратонких нетканых материалов на основе композиции поливинилового спирта и поливинилацетата с добавлением хитозана, методом электроформования, определена возможность регулирования диаметра волокон выбором растворителя хитозана.

Ключевые слова: ультратонкие нетканые материалы, поливиниловый спирт, поливинилацетат, хитозан, электроформование, молочная кислота, уксусная кислота, диаметр волокон.

TECHNOLOGY FOR OBTAINING OF ULTRAFINE NONWOVEN MATERIALS BASED ON POLYMER COMPOSITIONS WITH CHITOSAN

ISHCHENKO O. V., PLAVAN V. P., LYASHOK I. O., SHEVCHUK T. V.,
PATRIKHINA Z.S.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The aim of the scientific work is to develop a technology for obtaining of ultrafine nonwoven materials based on a polymer composition of polyvinyl alcohol and polyvinyl acetate with the addition of chitosan, which was dissolved in lactic and acetic acids.

Methodology. To assess the characteristics of the compositions, the viscosity and surface tension of working solutions were determined by capillary viscometry, and electrical conductivity - by conductometric method. The effect of thermal stabilization of materials based on chitosan was investigated using their sorption properties. The morphological composition of nonwovens was investigated by the method of scanning electron microscopy.

Findings. A technology has been developed for the obtaining of ultrafine materials based on chitosan dissolved in lactic and acetic acids by the method of electrospinning. The parameters for obtaining fibers from the studied compositions were determined. As a result of the analysis of the obtained ultrafine nonwoven materials by the method of scanning electron microscopy, it was found that with a voltage between the electrodes of 30 kV, fibers with a diameter of 0.3 to 0.9 μm are obtained. According to the statistical distribution of the diameters of polymer fibers in ultrafine nonwoven materials, it was determined that, depending on the components of the composition, 72-77% of the fibers have a diameter of 0.3 μm .

Originality. The scientific novelty of the work lies in the determination of the basic laws of the electrospinning process using the natural polymer of chitosan and the peculiarities of the preparation of its solutions in lactic and acetic acids. The effect of viscosity, surface tension and electrical conductivity of working solutions of the compositions on the process of electrospinning has been established.

Practical value. Technological parameters for the obtaining of ultrafine nonwoven materials based on the composition of polyvinyl alcohol and polyvinyl acetate with the addition of chitosan have been developed by the method of electrospinning; the possibility of adjusting the fiber diameter by choosing a chitosan solvent has been determined.

Keywords: ultrafine nonwovens, polyvinyl alcohol, polyvinyl acetate, chitosan, electrospinning, lactic acid, acetic acid, fiber diameter.