

УДК 677.31:537.528

О.Я. СЕМЕШКО, Т.С. АСАУЛЮК, Ю.Г. САРИБЕКОВА  
Херсонський національний технічний університет**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОРАЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ НА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ  
ГРУБОГО ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА**

*У даній роботі методом адсорбції парів бензолу, води та йоду встановлено зміну об'єму мікро- та макропор у грубому вовняному волокні під впливом електророзрядної обробки. Також досліджено вплив електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації на сорбційну здатність вовни по відношенню до різних класів барвників. Встановлено, що в процесі електророзрядної обробки покращується сорбційна сприйнятливості і реакційна здатність грубого вовняного волокна. Наведені результати свідчать про покращення структурних, надмолекулярних і сорбційних характеристик грубої вовни після дії електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації.*

*Ключові слова:* груба вовна, електророзрядна нелінійна об'ємна кавітація, сорбція, капілярно-порова структура.

О.Я. СЕМЕШКО, Т.С. АСАУЛЮК, Ю.Г. САРИБЕКОВА  
Херсонский национальный технический университет**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА  
ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА**

*В данной работе методом адсорбции паров бензола, воды и йода установлено изменение объема микро- и макропор в грубом шерстяном волокне под воздействием электроразрядной обработки. Также исследовано влияние электроразрядной нелинейной объемной кавитации на сорбционную способность шерсти по отношению к разным классам красителей. Установлено, что в процессе электроразрядной обработки улучшается сорбционная восприимчивость и реакционная способность грубого шерстяного волокна. Приведенные результаты свидетельствуют об улучшении структурных, надмолекулярных и сорбционных характеристик грубой шерсти после действия электроразрядной нелинейной объемной кавитации.*

*Ключевые слова:* грубая шерсть, электроразрядная нелинейная объемная кавитация, сорбция, капиллярно-поровая структура.

O.Ya. SEMESHKO, T.S. ASAULIUK, YU.G. SARIBYEKOVA  
Kherson National Technical University**INFLUENCE OF ELECTRIC-DISCHARGE TREATMENT ON THE SORPTION PROPERTIES  
OF A COARSE WOOL FIBER**

*In this paper, a change in the volume of micro- and macropores in coarse wool fiber under the effect of electric-discharge treatment by the method of adsorption of benzene, water and iodine vapors has been established. The influence of electric-discharge nonlinear volume cavitation on the sorption ability of wool in relation to different classes of dyes was also investigated. It is established that in the process of electric-discharge treatment the sorption susceptibility and the reactivity of coarse wool fiber are improved. The presented results testify to the improvement of structural, supramolecular and sorption characteristics of coarse wool after the action of electric-discharge nonlinear volume cavitation.*

*Keywords:* coarse wool, electric-discharge nonlinear volume cavitation, capillary-pore structure.

**Постановка проблеми**

Вовна завдяки унікальній будові є сировиною для широкого асортименту текстильних виробів – від тонкого трикотажу до важких килимів. На сьогодні в Україні існує гострий дефіцит якісних вовняних тканин та трикотажних полотен, що викликаний незадовільним станом сировинної бази. Постійна потреба вітчизняних текстильних підприємств вовняної галузі задовольняється за рахунок імпорту. Рівень виробництва вовни високої якості в Україні низький, в основному вітчизняні племенні заводи отримують грубе пігментоване вовняне волокно. Воно має низьку звитість, значну товщину, нерідко є яскраво забарвленим, внаслідок чого груба вовна не використовується в текстильній промисловості.

Відсутність технології, яка дозволила б розширити сировинну базу вовняної текстильної промисловості стримує випуск високоякісних тканин і трикотажу. Можливість використання некондиційної для цієї галузі промисловості сировини може бути забезпечена завдяки модифікуючому

впливу на грубу та напівгрубу вовну з метою подальшого використання для виготовлення високоякісних текстильних матеріалів вітчизняного виробництва.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Основні технологічні і споживчі властивості вовни, що мають найважливіше значення в процесах обробки, обумовлені будовою поверхні вовняного волокна – кутикули. Саме стан кутикули вовни визначає основні технологічні властивості волокна: змочуваність, здібність до звалювання, швидкість дифузії барвників, фрикційні властивості та ін. Всі використовувані і запропоновані способи модифікації вовняних волокон можна за характером дії на кутикулу розділити на дві основні групи: деструкція поверхні лускатого шару (хімічним, біологічним або фізичним методом) і формування полімерного покриття на поверхні волокна. Якщо раніше найбільш широкого поширення в промисловості набували хімічні [1, 2] та біологічні способи модифікації поверхні вовняного волокна [3], то в останні роки стало приділятися більше уваги застосуванню фізичних методів [4-8], в першу чергу, через їх екологічність.

Так з метою модифікації вовни відоме застосування плазми [4, 5]. Дана обробка забезпечує високий ступінь збереження кератину, внаслідок чого підвищуються основні фізико-механічні показники вовняних волокон. До недоліків плазмохімічного способу активації відносяться невисокий ресурс роботи плазмохімічної апаратури і її високу вартість.

У технології очищення вовни застосовують ультразвукову кавітацію [6]. При цьому обробка має значну собівартість, так як генератори кавітації швидко псуються. Але безсумнівною перевагою цього способу є процес генерування кавітації, що є вирішальним при його застосуванні.

Під час електророзрядної обробки виникає кавітація та відбувається процес утворення активних речовин (вільних радикалів, пероксиду водню) при розщепленні молекул води. Дослідження, проведені в нашій країні і за кордоном, показали принципову можливість застосування електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації (ЕРНОК) більш ніж в 80 технологічних процесах [7-10]. Проте на сьогоднішній день практичний вплив електророзрядної обробки на властивості грубої вовни майже не вивчений, тому дослідження дії ЕРНОК на комплекс властивостей грубого вовняного волокна з метою його використання для виготовлення високоякісних тканин та трикотажних полотен стане новим науковим феноменом в галузі хімії текстилю.

На сьогодні в Україні існує потреба у розширенні сировинної бази вовняних текстильних підприємств, що можливо за рахунок модифікації волокна у процесі його обробки. Попередніми дослідженнями щодо використання фізичного методу впливу – ЕРНОК – з метою модифікації вовни у процесі її первинної підготовки [11-16] визначено, покращення сорбційних властивостей та зниження здатності волокна до звалювання. Крім того встановлено, що використання ЕРНОК сприяє прискоренню видалення природних домішок з вовняного волокна. Попередньо отримані результати показали, що найбільш виражено електророзрядна обробка діє на грубе вовняне волокно через особливості його гістологічної будови. Однак отримані дані потребують подальшого практично-прикладного дослідження, узагальненням якого стане екологічно чиста технологія підготовки грубого вовняного волокна, що включатиме в себе його модифікацію та біління. Тим самим будуть вирішені важливі стратегічні, соціальні та економічні проблеми виготовлення високоякісних тканин та трикотажних полотен вітчизняного виробництва.

#### **Формулювання мети дослідження**

Метою статті було дослідження сорбційних характеристик грубого вовняного волокна під впливом ЕРНОК.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

З метою дослідження впливу ЕРНОК на сорбційні властивості грубої вовни проводили обробку волокна на установці «Вега-6» протягом 3 хв. за режимом, що наведений [15].

Вивчення внутрішньої структури волокнистих матеріалів проводили традиційними методами адсорбції [17]. Вплив ЕРНОК на структурні зміни вовняного волокна були вивчені шляхом сорбції парів бензолу і води, а також йоду з розчину з концентрацією 0,2%. Їх вибір заснований на тому, що бензол для вовни є інертним сорбатом і характеризує сумарний обсяг макро- і мезопор [18-23]. Вода викликає набухання вовни, при цьому величини сорбції при відносних тисках  $P/P_0=0,3-0,4$  пропорційні кількості активних (полярних) центрів у вільному об'ємі вовни. При  $P/P_0 \rightarrow 1$ , як і в водних розчинах при фарбуванні, внаслідок набухання звільнюються міжмолекулярні фізичні зв'язки, і величина сорбції характеризує загальна кількість полярних груп в аморфних областях полімеру [18-23]. Йод традиційно застосовується для визначення величини внутрішнього об'єму полімерних матеріалів і характеризує сумарний обсяг мікропор.

У табл. 1 представлені результати визначення величин сорбції парів бензолу, води і йоду вовняним волокном до і після електророзрядної обробки.

Таблиця 1

## Вплив ЕРНОК на сорбційні властивості грубого вовняного волокна

Спосіб обробки	Величина сорбції		
	пари бензолу, $\text{a} \times 10^{-2}, \text{cm}^3/\text{g}$	пари води, $\text{a} \times 10^{-2}, \text{cm}^3/\text{g}$	йод, $\text{a} \times 10^{-2}, \text{cm}^3/\text{g}$
Необроблена вовна	2,66	14,68	0,85
Після електророзрядної обробки	3,99	25,39	0,94

З аналізу представлених даних видно, що після електророзрядної обробки сорбція парів бензолу, води і йоду вовняним волокном підвищується, що свідчить про збільшення у ньому вільного об'єму. Це свідчить про те, що ЕРНОК сприяє зміні не тільки поверхні вовняного волокна, але і його внутрішньої структури.

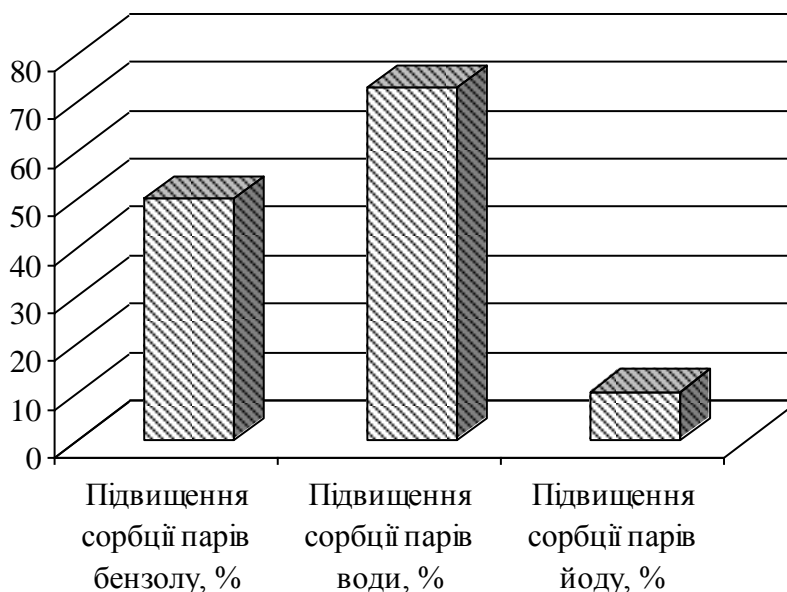


Рис. 1. Вплив ЕРНОК на сорбційну здатність грубого вовняного волокна

На рис. 1 видно, що у грубого волокна після впливу ЕРНОК збільшується кількість макропор, тому сорбційна здатність по відношенню до парів бензолу збільшується на 81-82%. Утворені в процесі електророзрядної обробки активні частинки (пероксид водню і вільні радикали) відривають рухливі атоми водню функціональних груп полімерного субстрату, що, ймовірно, призводить до виникнення нових зв'язків всередині волокна. В результаті рекомбінації отриманих на поверхні вовняного волокна радикалів активність його значно підвищується і, як наслідок, зростає сорбція.

Збільшення сорбції парів води на 73% свідчить про збільшення мікропор. Підвищення величини сорбції парів води вовняним волокном після електророзрядної обробки, в порівнянні з необробленим, також свідчить про більшу його гідрофільність і набухання.

Кількість ультрамікропор істотно не змінюється – підвищення сорбції йоду для всіх видів вовни становить 3-10%, що свідчить про розпушення лускатого шару (епікутикули). Збільшення сорбції йоду модифікованим вовняним волокном в порівнянні з вихідним побічно може свідчити про більше набухання волокна після впливу ЕРНОК.

Сукупність придбаних вовняним волокном змінених капілярно-порових властивостей в процесі електророзрядної обробки може покращити його сорбційну сприйнятливості і реакційну здатність по відношенню до барвників. Доказом цього є результати фарбування досліджуваних зразків вовняного волокна різними класами барвників (табл. 2). Фарбування проводили наступними барвниками: кислотним червоним 2С, остазіном червоним НЗР (активний) і основним темно-синім 2К. Ефективність процесу фарбування оцінювалася за допомогою коефіцієнта відображення забарвлених зразків.

Таблиця 2

**Вплив ЕРНОК на сорбційні властивості грубого вовняного волокна по відношенню до барвників**

Спосіб обробки	Інтенсивність забарвлення, R, %		
	Кислотний червоний 2С	Остазін червоний НЗР	Основний темно-синій 2К
Необроблена вовна	4	3,5	4
Після електророзрядної обробки	2	2	3

Результати, представлені в табл. 2, підтверджують припущення про те, що електророзрядна обробка за рахунок зміни капілярно-порової структури вовняного волокна сприяє підвищенню інтенсивності забарвлень усіма досліджуваними барвниками.

Причому, більш результативне вплив ЕРНОК проявляється при фарбуванні активним барвником, що, на нашу думку, обумовлено збільшенням кількості аміногруп і зміною амінокислотного складу з переважним вмістом амінокислот, здатних взаємодіяти з активними барвниками.

Також причиною підвищення сорбції та дифузії барвників в волокно може бути руйнування епікутикули, яка є дифузійним бар'єром для молекул барвників через гідрофобний характер, що є наслідком великої кількості дисульфідних містків, пов'язаних ліпідним матеріалом (ізодинептидні зв'язки (ε-(γ-глутаміл)-лізин)). Часткове пошкодження лускатого шару дозволяє молекулам барвників проникати і утримуватися не тільки на поверхні, але і в товщині волокна.

**Висновки**

Методом адсорбційного аналізу встановлено, що під впливом діючих факторів ЕРНОК у грубій вовни збільшується кількість як макропор, так і мікропор. Сукупність придбаних вовняним волокном структурних, надмолекулярних і сорбційних властивостей в процесі електророзрядної обробки покращує його сорбційну сприйнятливість і реакційну здатність по відношенню до барвників, про що свідчить підвищення інтенсивності забарвлень усіма досліджуваними барвниками на вовняному волокні.

**Список використаної літератури**

1. Wang X. [Effect of surface modifications on the thermal and moisture behavior of wool fabric](#) / X. Wang, Y. Zhao, W. Li, H. Wang // Applied Surface Science. – 2015. – Vol. 342. – P. 101-105.
2. Mura S. [Multifunctionalization of wool fabrics through nanoparticles: A chemical route towards smart textiles](#) / S. Mura, G. Greppi, L. Malfatti, B. Lasio, V.Sanna, M.E. Mura, S. Marceddu, A.Lugliè // Journal of Colloid and Interface Science. – 2015. – Vol. 456. – P. 85-92.
3. Ammayappan L. Study on improvement in handle properties of wool/cotton union fabric by enzyme treatment and subsequent polysiloxane-based combination finishing / L. Ammayappan J.J. Moses // Asian J. Textile. – 2011. – Vol. 1. – P. 1-13.
4. Слепнева Е.В. Влияние плазменной модификации мериносовой шерсти в процессе ее первичной обработки на структуру волокон / Е.В. Слепнева, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова // [Вестник Казанского технологического университета](#). – 2013. – № 3, Т. 16. – С. 53-54.
5. Eren E. [Atmospheric pressure plasma treatment of wool fabric structures](#) / E. Eren, L. Oksuz, A.I. Komur, F. Bozduman, N.N. Maslakci, A.U. Oksuz // Journal of Electrostatics. – 2015. – Vol. 77. – P. 69-75.
6. Ammayappan L. Eco-friendly Surface Modifications of Wool Fiber for its Improved Functionality: An Overview / L. Ammayappan // Asian Journal of Textile. – 2013. – Vol. 3. – P.15-28.
7. İbrahim M. [A study on the usability of ultrasound in scouring of raw wool](#) / M. İbrahim, M. İ. Bahtiyari, K. Duran // Journal of Cleaner Production. – 2013. – Vol. 41. – P. 283-290.
8. Hasanbeigi A. [A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry](#) / A. Hasanbeigi, L. Price // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Vol. 95. – P. 30-44.
9. Sarkis J.R. [Application of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges for oil extraction from sesame seeds](#) / J.R. Sarkis, N.Boussetta, I.C. Tessaro, L. Damasceno, F. Marczak, E.Vorobiev // Journal of Food Engineering. – 2015. – Vol. 153. – P. 20-27.
10. Kudo K. [Quantitative analysis of oxidative DNA damage induced by high-voltage pulsed discharge with cavitation](#) / K. Kudo, H. Ito, S. Ihara, H. Terato // Journal of Electrostatics. – 2015. – Vol. 73. – P. 131-139.
11. Сарибекова Ю.Г. Экспериментальное исследование параметров электроразрядной нелинейной объемной кавитации в процессе модификации шерстяного волокна / Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко, С.А. Мясников // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2014. – №4 (51). – С. 132-137.

12. Сарибекова Ю.Г. Влияние способа модификации на химические свойства шерстяного волокна / Ю.Г. Сарибекова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2015. – №1 (52). – С. 129-133.
13. Сарибекова Ю.Г. Влияние способа модификации на физико-механические показатели свойств шерстяного волокна / Ю.Г. Сарибекова // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – №2(223). – С. 120-124.
14. Сарибекова Ю.Г. Влияние способа модификации на технологические свойства шерстяного волокна / Ю.Г. Сарибекова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2015. – №1 – С. 9-13.
15. Асаулюк Т.С. Определение оптимальных параметров электроразрядной обработки грубого шерстяного волокна в процессе его модификации / Т.С. Асаулюк, О.Я. Семешко, А.Н. Куник, Ю.Г. Сарибекова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2016. – №4. – С. 22-29.
16. Патент 111316. UA, МПК (2016/01) D06M 10/00. Спосіб обробки вовняного волокна / О.Я. Семешко, О.М. Куник, Асаулюк Т.С., Ю.Г. Сарібєкова, С.А. Мясников (Україна). № у 2016 03876; – Заявл. 11.04.2016; Опубл. 10.11.2016, Бюл. №21. – 4 с.
17. Збинден Р. ИК-спектроскопия высокополимеров. – М.: Мир, 1966. – 355 с.
18. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 442 с.
19. Гребенников С.Ф. Сорбционные свойства химических волокон и полимеров / С.Ф. Гребенников, А.Т. Кынин // Журнал прикладной химии – 1982. – Т. 55, №10. – С. 2299-2303.
20. Гребенников С.Ф. Гистерезисные явления при сорбции паров полимерами / С.Ф. Гребенников, О.Д. Гребенникова, А.Т. Кынин // Журнал прикладной химии. – 1984. – Т. 57, №11. – С. 2114-2116.
21. Кынин А.Т. Изменение гигроскопических свойств в систематических (гомологических) рядах волокнообразующих полимеров / А.Т. Кынин, С.Ф. Гребенников, К.Е. Перепелкин // Химические волокна – 2000 – №6. – С. 31-34.
22. Grebennikov S.F. Water Vapor Sorption Mechanism and Hygroscopicity of Textile Materials / S.F. Grebennikov, A.T. Kynin // Fibre Chemistry. – 2003. – Vol. 35. – P. 360-365.
23. Кынин А.Т. Влияние энергии межмолекулярных взаимодействий на свойства полимеров / А.Т. Кынин, С.Ф. Гребенников, Л.Г. Смирнова // Материалы докладов VIII Всероссийской конференции «[Структура и динамика молекулярных систем](#)». Яльчик. – 25-30 июня 2001. – С. 34.