

18. Weber, W.J., Morris, J.C. (1963), "Kinetics of adsorption on carbon from aqueous solutions", *Sanitary Engineering Division*, no 89, pp. 31–60.
 19. Sammons, R.J., Harper, D.P., Labbé, N., Bozell, J.J., Elder, T., Rials, T.G. (2013), "Characterization of Organosolv Lignins using Thermal and FT-IR Spectroscopic Analysis", *BioResources*, no 8(2), pp. 2752–2767.
 20. Dörrstein, J., Scholz, R., Schwarz, D., Schieder, D., Sieber, V., Walther, F., Zollfrank, C. (2018), "Dataset on the structural characterization of organosolv lignin obtained from ensiled Poaceae grass and load-dependent molecular weight changes during thermoplastic processing", *Data in Brief*, no 17, pp. 647–652.
 21. Köhnke, J., Gierlinger, N., Mateu, B.P., Unterweger, C., Solt, P., Mahler, A.K., Schwaiger, E., Liebner, F., Gindl-Altmutter, W. (2019), "Comparison of four technical lignins as resource for electrically conductive carbon particles", *Bioresources*, no 14(1), pp. 1091–1109.
 22. Fathy, N.A., El-Shafey, O.I., Khalil, L.B. (2013), "Effectiveness of Alkali-Acid Treatment in Enhancement the Adsorption Capacity for Rice Straw: The Removal of Methylene Blue Dye", *Physical Chemistry*, Article ID 208087.
 23. Liu, L., Gao, Z.L., Su, X.P., Chen, X., Jiang, L., Yao, J.M. (2015), "Adsorption Removal of Dyes from Single and Binary Solutions Using a Cellulose-based Bioadsorbent", *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, no 3, pp. 432–442.
 24. Zhang, S., Wang, Z., Zhang, Y., Pan, H., Tao, L. (2016), "Adsorption of Methylene Blue on Organosolv Lignin from Rice Straw", *Procedia Environmental Sciences*, no 31, pp. 3–11.
-

УДК 66.094.3-92

**БАРБАШ В. А., професор; ЗЕЛЕНЧУК Т. В., аспірант; ДЕЙКУН І. М., доцент;
ГОНДОВСЬКА А. С., магістрант
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

ОДЕРЖАННЯ ОКСИЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ МЕДИЧНОЇ ВАТИ І МАРЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ОКИСНИКА ТЕМПО

На сьогодні спостерігається постійне зростання використання відновлюваних біологічних ресурсів для хімічного перероблення. Одержання гемостатичних матеріалів на основі оксицелюлози, що здатні адсорбуватися в живих тканинах, є актуальною науково-практичною задачею.

Для дослідів використовували медичну гігроскопічну нестерильну вату з довговолокнистого бавовняного волокна промислового виробництва та нестерильний марлевий бинт. Окиснення волокон медичної вати і марлі проводили розчинами ТЕМПО з витратами від 0,5 % до 10 % від маси абсолютно сухої сировини, з додаванням 0,12 г NaBr і від 5 до 10 см³ розчину гіпохлориту натрію концентрацією активного хлору 76 г/дм³, за температури від 20 до 60 °С і тривалості процесу від 2 до 48 годин. За хімічним складом медична вата і марля мають вміст α-целюлози більше 98%, а також низький вміст нецелюлозних домішок і можуть бути використані для проведення процесу окиснення.

Встановлено вплив технологічних параметрів - температури, тривалості процесу окиснення, витрат ТЕМПО та гіпохлориту натрію на якість оксицелюлози із волокон медичної вати і марлі. Збільшення витрат окисника ТЕМПО і тривалості процесу окиснення призводить до зростання вмісту карбоксильних груп до 4,5 % і 5,0% в одержаних зразках оксицелюлози із вати і марлі, відповідно. Збільшення витрат гіпохлориту натрію сприяє підвищенню вмісту карбоксильних груп в одержаних зразках оксицелюлози, але і знижує вихід оксицелюлози через її деструкцію.

Підвищення температури процесу окиснення з 20 °С до 40 °С сприяє зростанню кількості карбоксильних груп, а за підвищення температури до 60 °С відбувається часткова деструкція целюлозних волокон. Вихід оксицелюлози знижується зі збільшенням витрат окисника та зростанням температури процесу. Вищий вихід оксицелюлози спостерігався у медичній марлі, оскільки в ній міцніше зв'язані волокна між собою, що перешкоджає проходженню процесу її деструкції.

Методом рентгенівської дифракції визначено зміну кількості аморфної та кристалічної частин целюлози бавовняних волокон в процесі окиснення. Проведення процесу окиснення сприяє зменшенню вмісту

аморфної частин целюлози бавовняних волокон за рахунок її деструкції під дією окисників. Медична марля і вата, оксигелюлози із марлі і вати мали значення ступеня кристалічності відповідно 86.5%, 85.7%, 90.0% і 90.9%.

Рекомендується проводити процес окиснення бавовняної целюлози для одержання оксигелюлози із медичної вати і марлі з максимальним вмістом карбоксильних груп за витрати ТЕМПО від 5% до 10 % від маси а.с.с., температури 20 °С впродовж 24 - 48 годин.

Ключові слова: вата, марля, окиснення, ТЕМПО, оксигелюлоза

DOI: 10.20535/2617-9741.2.2020.208056

© Барбаш В. А., Зеленчук Т. В., Дейкун І. М., Гондовська А. С., 2020.

Постановка проблеми. Збільшення кількості населення та покращення його добробуту сприяють зростанню попиту як на відновлювані біологічні ресурси, так і на запаси корисних копалин, металів і викопного палива. Обмежені запаси корисних копалин - нафти, газу, вугілля - визначають актуальність досліджень в області технологій виробництва біорозкладаних матеріалів з поновлюваних джерел сировини. До таких поновлюваних ресурсів належить рослинна сировина, продукти переробки якої знаходять широке застосування в різних галузях промисловості: хімічній, фармацевтичній, целюлозно-паперовій, текстильній. Основним компонентом рослинних матеріалів є целюлоза - найбільш поширений у природі біополімер. Целюлоза та її похідні знаходять широке застосування у виробництві паперу і картону, текстилю і харчових добавок, продуктів електроніки і лікарських засобів завдяки їх біосумісності, біодеградації і нетоксичності.

Аналіз попередніх досліджень. За останні роки з'явилися нові методи модифікації целюлози, які дозволяють отримувати матеріали медичного призначення, зокрема з гемостатичними властивостями, що особливо важливо для застосування в різних областях хірургії, зокрема, в кардіохірургії. Найбільш відомим гемостатичним матеріалом на основі окисненої целюлози є препарат «Surgicel» виробництва компанії Johnson & Johnson, США [1]. Його інтраопераційне використання після хірургічної операції і під час дифузійних кровотеч м'яких тканин дозволяє знизити обсяг витрат дренажних матеріалів у 1,5-2 рази [6].

Хірургічні гемостати, що складаються із звичайних марлевих прокладок або аналогічних виробів, просочених хлоридом заліза, тромбіном або іншими гемостатичними речовинами, використовувалися протягом багатьох років для зупинки кровотечі. Такі гемостати не можуть бути залишені *in situ* в закритій рані, оскільки є частиною чужорідного тіла і можуть викликати кровотечу.

Загальною науковою проблемою є використання окисненої целюлози, яка має не тільки гемостатичні властивості, але й абсорбується в живих тканинах [2].

Традиційно для одержання оксигелюлози як окисник використовувався оксид азоту (IV), який є екологічно небезпечною канцерогенною речовиною. Тому вченими проводяться пошуки інших окисників, які були б більш безпечними і селективно впливали на окиснення первинних гідроксильних груп целюлози із їх мінімальною деструкцією. Серед таких окисників останнім часом активно досліджується ТЕМПО – 2,2,6,6-тетраметил-піперидин-1-оксил загальною формулою $C_9H_{18}NO$ [3]. ТЕМПО вперше було використано у 1995 році для окиснення полісахаридів і він вважається ефективним реагентом для підвищення механічних властивостей паперу за рахунок введення карбоксильних та альдегідних груп на поверхню целюлозних волокон [4]. Типова система окиснення целюлози під дією ТЕМПО (рис. 1) передбачає використання також розчинів броміду натрію (співкаталізатор) та гіпохлориту натрію. Фактичним окисником в реакції є оксоамонієва сіль, що утворюється у процесі перетворення ТЕМПО під дією гіпохлориту натрію [3].

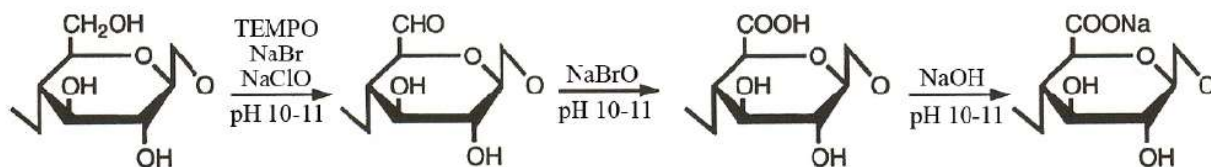


Рис. 1 – Загальна схема окиснення целюлози під дією ТЕМПО, NaBr і NaOCl

Гемостатичні властивості має окиснена целюлоза, яка містить не менше 3 % карбоксильних груп. Оксидцелюлоза із вмістом від 16 до 24% карбоксильних груп у вигляді порошку або трикотажного полотна марлевої форми використовується для зупинки кровотечі під час хірургічного втручання та для запобігання утворенню післяопераційних спайок [5]. Для отримання оксидцелюлози у промислових умовах частіше використовують бавовняні волокна або вибілену хвойну целюлозу.

Невирішеною частиною наукової проблеми є відсутність результатів досліджень визначення оптимальних значень технологічних параметрів процесу окиснення целюлози із бавовняних волокон, а саме медичної вати і марлі, під дією ТЕМПО. Тому вивчення процесів одержання оксидцелюлози із медичної вати і марлі дією екологічно безпечних окисників, зокрема, ТЕМПО залишається актуальною проблемою для вдосконалення технології виробництва гемостатичного матеріалу з повним розкладанням компонентів без шкідливих наслідків для здоров'я людини.

Метою статті є встановлення залежностей показників оксидцелюлози, одержаної дією ТЕМПО на бавовняні волокна – медичну вату і марлю, від технологічних параметрів процесу.

Для досягнення мети поставлено наступні задачі:

- визначити хімічний склад медичної вати і марлі;
- дослідити вплив основних технологічних параметрів (концентрації реагентів, температури і тривалості) процесу окиснення медичної вати і марлі дією ТЕМПО на показники якості одержаної оксидцелюлози.

Методика роботи. Для проведення досліджень використовувалися медична гігроскопічна нестерильна вата, яка виготовлена з довговолокнутого бавовняного волокна промислового виробництва ТМ «Мальва» (Україна) та нестерильний марлевий бинт ТМ «Білосніжка» (Україна). Хімічний склад медичної вати і марлі визначали за стандартами ТАРРІ [6].

Для окиснення медичної вати і марлі використовувався окисник ТЕМПО виробництва Токуо Chemical Industry Co., Ltd з витратами від 0,5 % до 10 % від маси абсолютно сухої сировини (а.с.с.) з додаванням на 1 г вихідної сировини 0,12 г NaBr і від 5 до 10 мл розчину гіпохлориту натрію концентрацією активного хлору 76 г/л. рН середовища підтримували в межах 10-11 додаванням 0,1 М розчину NaOH. Процес окиснення вихідної сировини проводили від 2 до 48 годин за температури 20, 40 і 60 °С, який зупиняли додаванням 10-кратного об'єму дистильованої води.

Після закінчення процесу окиснення одержану оксидцелюлозу переносили на скляний фільтр, де за допомогою колби Бунзена її відмивали до нейтрального середовища дистильованою водою і висушували на повітрі. В отриманій оксидцелюлозі визначали вихід від маси а.с.с. гравіметричним методом і вміст карбоксильних груп за кальцій-ацетатним методом [7] за формулою:

$$COOH = \frac{80/30 \cdot 0,01 \cdot MV(NaOH)}{m(1 - \frac{w}{100})} \cdot 4,5, \% \quad (1)$$

де 0,01 MV (NaOH) – об'єм NaOH, що пішов на титрування, мл; m – маса волокна, взята для аналізу, г; w – вологість волокна, %; 4,5 – коефіцієнт перерахунку ммоль/г у %.

Індекс кристалічності (C_K) вихідної сировини та одержаної оксидцелюлози обчислювали за результатами відповідних рентгенограм за формулою [8]:

$$C_K = 100 \cdot \frac{I_{200} - I_{некрст}}{I_{200}}, \% \quad (2)$$

де I_{200} - максимальна інтенсивність піку, що відповідає площині у зразку з показниками Міллера 200 під кутом 2θ між 22-24 градусами; $I_{некрст}$ - інтенсивність дифракції некристалічного матеріалу, яку приймають під кутом 2θ приблизно 18 градусів в інтервалі між піками інтенсивності.

Виклад основного матеріалу. Медична вата і марля мали відповідно вміст α -целюлози – 98.02% і 98.15%; лігніну – 0.28% і 0.20%; мінеральних речовин – 0.20% і 0.36%, початковий вміст карбоксильних груп – 0.18% і 0.23%. Високий вміст α -целюлози і низький вміст нецелюлозних речовин у медичній ваті і марлі свідчить про можливість використання їх як вихідної сировини для проведення процесу окиснення.

На рис. 2 наведено SEM знімки вихідної сировини та оксицелюлози, отриманої із медичної вати і марлі під дією ТЕМПО за витрат 2% від маси а.с.с. і 5 мл розчину гіпохлориту натрію за температури 20 °С впродовж 6 годин.

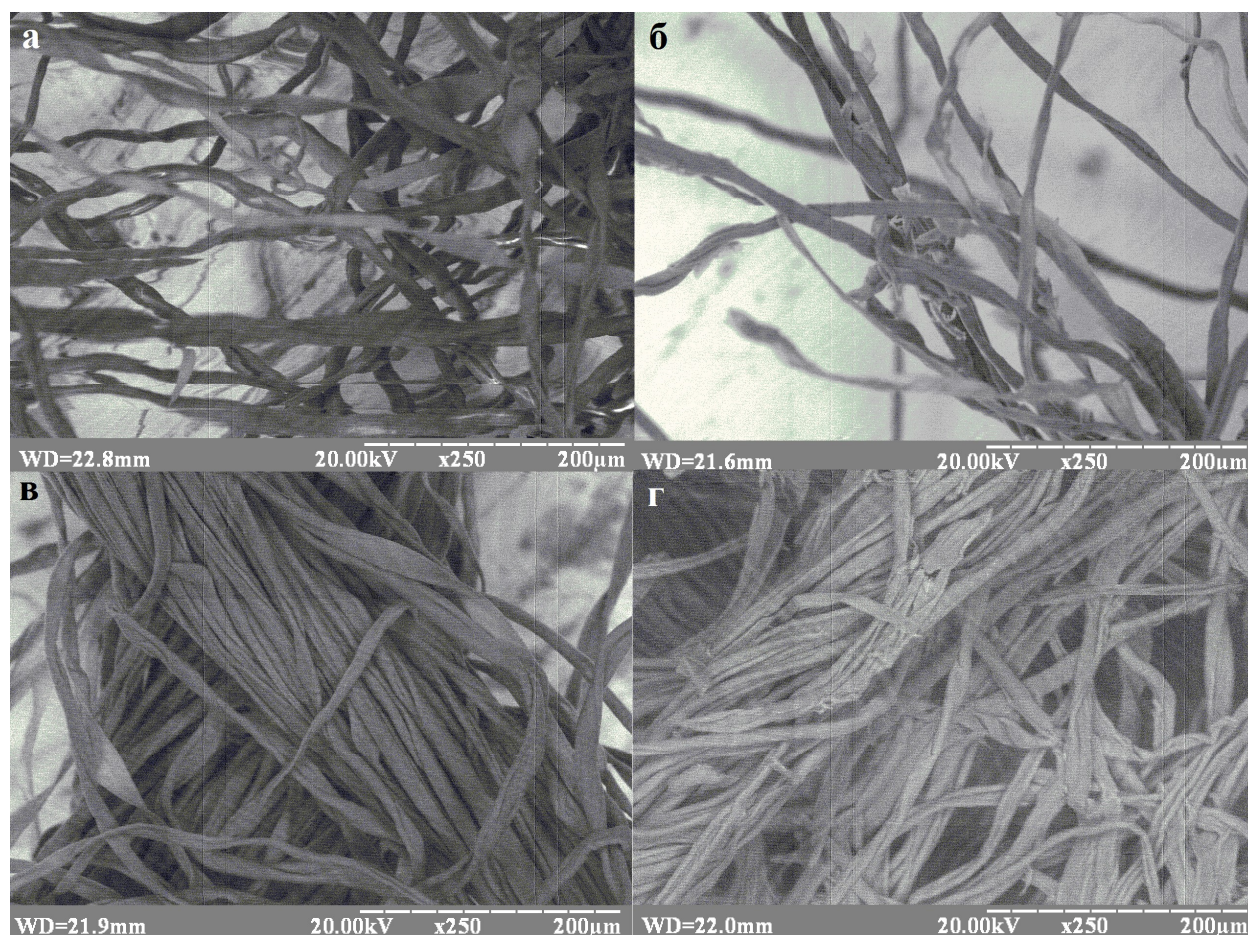
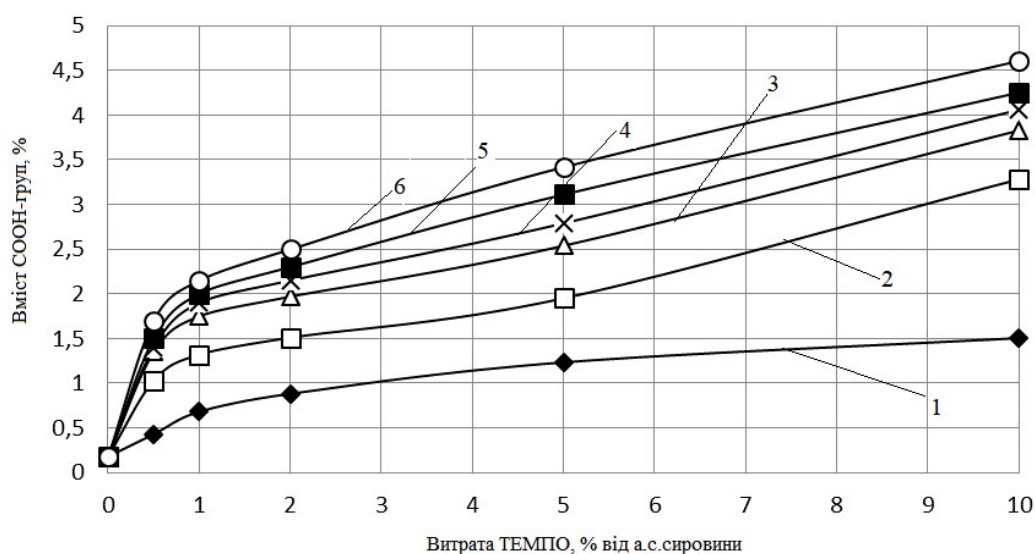


Рис. 2 – SEM знімки вати (а) і марлі (в) та оксицелюлози, отриманої із вати (б) і марлі (г)

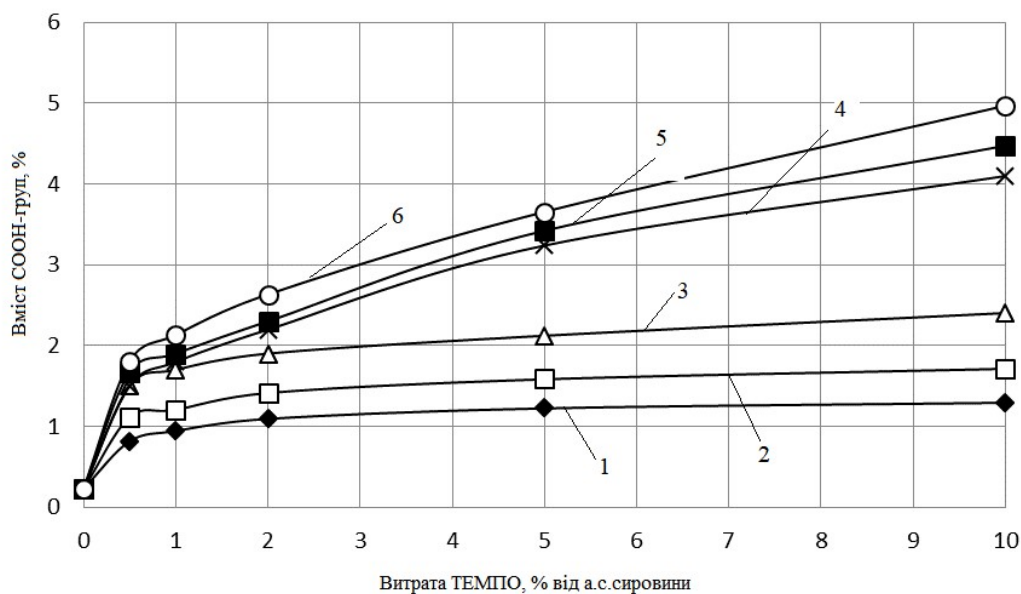
Із рис. 2 видно, що проведення процесу окиснення бавовняних волокон за вказаних значень технологічних параметрів не призводить до значних структурних змін целюлозних волокон, що свідчить про м'які умови проведення процесу окиснення з мінімальним пошкодженням волокон.

З метою визначення впливу витрат ТЕМПО і тривалості процесу окиснення за температури 20 °С і витрати 10 мл гіпохлориту натрію на основний показник отриманої оксицелюлози із вати та марлі – вміст карбоксильних груп - проведено серію досліджень, результати яких наведено на рис. 3 і 4 відповідно. Як видно із наведених даних, збільшення витрат окисника ТЕМПО і тривалості процесу окиснення закономірно призводить до зростання вмісту карбоксильних груп в одержаних зразках оксицелюлози.



тривалість процесу окиснення: 1 – 2 год; 2 – 4 год; 3 – 6 год, 4 – 18 год, 5 – 24 год, 6 – 48 год

Рис. 3 – Залежність вмісту карбоксильних груп отриманої оксицелюлози із вати від витрат TEMПО і тривалості процесу окиснення за температури 20 °С



тривалість процесу окиснення: 1 – 2 год; 2 – 4 год; 3 – 6 год, 4 – 18 год, 5 – 24 год, 6 – 48 год

Рис. 4 – Залежність вмісту карбоксильних груп отриманої оксицелюлози із марлі від витрат TEMПО і тривалості процесу окиснення за температури 20 °С

Залежність вмісту карбоксильних груп отриманої оксицелюлози із вати та марлі від температури за витрати TEMПО 2 % від маси а.с.с., витрати 5 мл гіпохлориту натрію і тривалості процесу окиснення 2 год наведено на рис. 5.

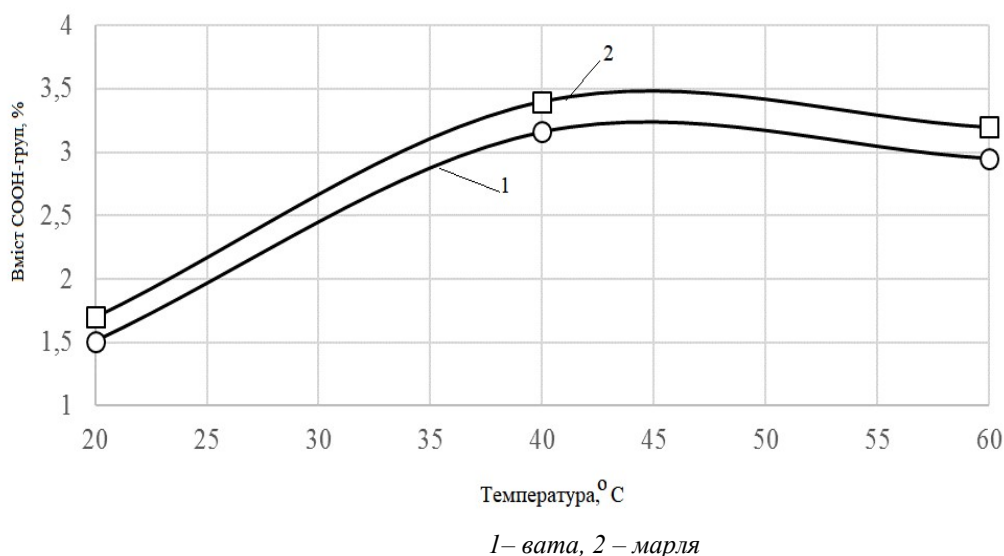


Рис. 5 - Залежність вмісту карбоксильних груп в оксидцелюлозі від температури процесу окиснення

Як видно із рис. 5, зростання температури процесу окиснення з 20 до 40 °C сприяє проходженню реакції заміщення гідроксильної групи біля 6-го атому вуглецю, але подальше зростання температури до 60 °C дещо знижує вміст COOH-груп в оксидцелюлозі, що пояснюється частковою деструкцією целюлозних волокон.

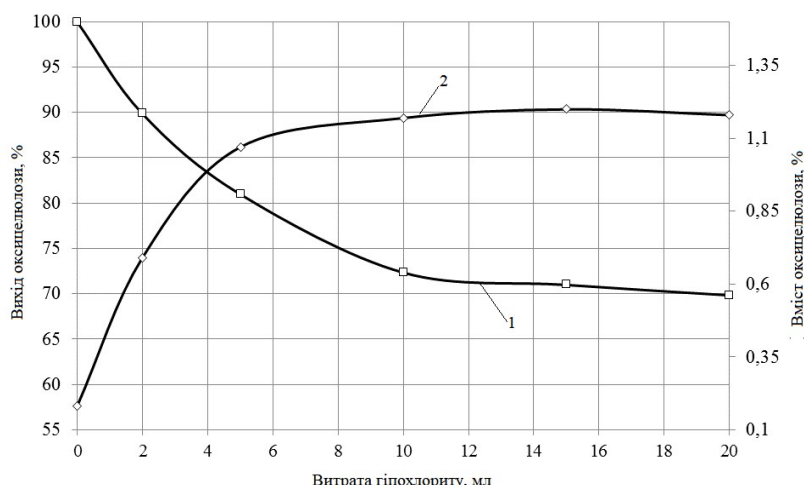
Залежність виходу оксидцелюлози від витрат TEMPO і тривалості процесу окиснення за температури 20 °C наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Залежність виходу оксидцелюлози від витрат TEMPO і тривалості процесу окиснення

| Тривалість, год | 5 % TEMPO від маси а. с. сировини | | 10 % TEMPO від маси а. с. сировини | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Вихід оксидцелюлози із вати, % | Вихід оксидцелюлози із марлі, % | Вихід оксидцелюлози із вати, % | Вихід оксидцелюлози із марлі, % |
| 1,5 | 84,8 | 87,4 | 82,1 | 85,8 |
| 3 | 76,7 | 78,9 | 70,2 | 78,5 |
| 6 | 69,7 | 69,9 | 68,9 | 68,9 |
| 18 | 62,1 | 63,1 | 61,2 | 62,8 |
| 24 | 60,9 | 62,3 | 59,1 | 61,1 |
| 48 | 57,1 | 57,3 | 57,0 | 57,1 |

Як видно із наведених даних, зі збільшенням витрат окисника та температури вихід оксидцелюлози зменшується, що пояснюється деструкцією волокна з утворенням дуже дрібного нановолокна і його втратами під час промивання. При цьому вищий вихід оксидцелюлози прослідковується у медичній марлі, оскільки в ній міцніше зв'язані волокна між собою, що перешкоджає проходженню процесу її деструкції.

Для визначення впливу витрат гіпохлориту натрію на вихід і вміст карбоксильних груп в одержаних зразках оксидцелюлози проведено серію окиснень медичної вати розчинами TEMPO з витратою 2 % від маси а.с.с. за температури 24 °C впродовж 4 годин (рис. 6).

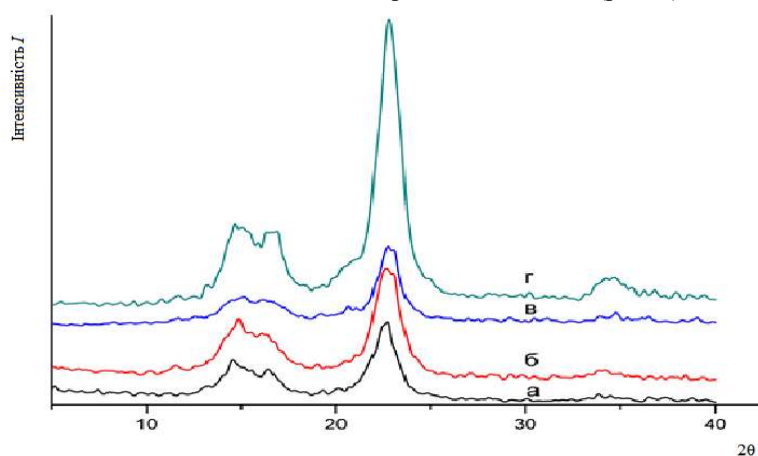


1 - вихід оксидцелюлози, 2 - вміст карбоксильних груп в оксидцелюлозі

Рис. 6 – Залежність виходу і вмісту карбоксильних груп в оксидцелюлозі із вати від витрат гіпохлориту

Як видно із рис. 6, збільшення витрат гіпохлориту натрію до 10 мл сприяє експонентному збільшенню вмісту карбоксильних груп в одержаних зразках оксидцелюлози, але і зменшує вихід оксидцелюлози до 73% від маси а.с.с. Подальше збільшення витрат гіпохлориту натрію до 20 мл на 1 грам бавовняних волокон практично не впливає на збільшення вмісту карбоксильних груп, але додатково зменшує вихід оксидцелюлози за рахунок її деструкції. Тому оптимальною витратою на 1 г бавовняних волокон є 5 мл розчину гіпохлориту натрію концентрацією 76 г/дм³.

У роботі методом рентгенівської дифракції також досліджували зміну співвідношення аморфної та кристалічної частин целюлози бавовняних волокон в процесі окиснення (рис. 7).



а - медична марля; б – вата; в, г - оксидцелюлоза із марлі і вати відповідно

Рис. 7 - Рентгенівські дифрактограми медичної марлі (а) і вати (б), та оксидцелюлози із марлі (в) і вати (г)

Аналіз графіків рентгенівської дифракції досліджених зразків бавовняної целюлози дозволив розрахувати ступінь кристалічності початкової целюлози та оксидцелюлози після окиснення відповідної целюлози дією розчину TEMPO, NaBr і NaOCl. Медична марля і вата, оксидцелюлози із марлі і вати мали значення ступеня кристалічності відповідно 86.5%, 85.7%, 90.0% і 90.9%. Як видно із отриманих результатів,

проведення процесу окиснення сприяє зменшенню вмісту аморфної частин целюлози бавовняних волокон за рахунок її деструкції під дією окисників.

Таким чином, внаслідок проведених досліджень можна рекомендувати проводити процес окиснення бавовняної целюлози для одержання оксигелюлози із медичної вати і марлі з максимальним вмістом карбоксильних груп за наступних значень технологічних параметрів: витрата TEMPO від 5% до 10% від маси а.с.с за температури 20 °С впродовж 24 - 48 години, що дозволяє отримати оксигелюлозу з вмістом від 3,5% до 5% карбоксильних груп.

Висновки. Досліджено вплив основних технологічних параметрів - витрати TEMPO і гіпохлориту натрію, температури і тривалості процесу окиснення медичної вати та марлі на показники якості одержаної оксигелюлози.

Встановлено, що кращими умовами для окиснення бавовняної целюлози є витрата TEMPO від 5% до 10% від маси а.с.с за температури 20 °С впродовж 24 - 48 години, що дозволяє отримати оксигелюлозу з вмістом від 3,5% до 5% карбоксильних груп.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується вивчити вплив технологічних параметрів процесу окиснення целюлози із інших представників недеревної рослинної сировини дією різних окисників на показники якості оксигелюлози.

Список використаної літератури

1. Rustagi, T., Patel, K., Kadrekar, S., Jain, A. Oxidized Cellulose (Surgicel) Causing Postoperative Cauda Equine Syndrome // *Cureus*, 2017. №9 (7). P. 7. doi: 10.7759/cureus.1500
2. Cheng, D., Wen, Y.B., An, X. Y., Zhu, X.H., Ni Y. H. TEMPO-oxidized cellulose nanofibers (TOCNs) as a green reinforcement for waterborne polyurethane coating (WPU) on wood // *Carbohydr. Polym.*, 2016. №151. P. 326–334.
3. Milanovich, J. Structure and properties of TEMPO-oxidized cotton fibers // *Chem. Industry & Chem. Eng. Quarterly*, 2012. №3 (18). P. 473–481.
4. Tang, Z., Li, W., Lin, X., Xiao, H., Miao, Q., Huang, L., Chen, L., Wu, H. TEMPO-Oxidized Cellulose with High Degree of Oxidation // *Polymers*, 2017. №9. P. 1–10.
5. Bajeroва, M., Krejcová, K., Rabisková, M. Oxycellulose: significant characteristics in relation to its pharmaceutical and medical applications // *Advances in Polymer Technology*, 2009. №28 (3). С. 199–208. DOI 10.1002/adv
6. TAPPI Test Methods. Atlanta, Georgia, Tappi Press, 2004.
7. Барбаш В.А., Дейкун І.М., Жовтун Т. С. та ін. Оксигелюлоза із волокон льону // *KPI Science News*, 2018. №5. С. 86. DOI: 10.20535/1810-0546.2018.5.146269
8. Costa, L.A, Fonseca, A.F, Pereira, F.V, Druzian, J.I. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from corn stover // *Cell Chem Technol*, 2015. 49. P. 127–133.

Надійшла до редакції 07.05.2020

Barbash V. A., Zelenchuk T. V., Deikun I. M., Hondovska A. S.

PREPARATION OF OXYCELLULOSE FROM MEDICAL COTTON AND GAUZE USING TEMPO OXIDIZER

Today there is a steady increase in the use of renewable biological resources for chemical processing. Obtaining hemostatic materials based on oxycellulose, which can be adsorbed in living tissues, is an urgent scientific and practical task.

Medical hygroscopic non-sterile cotton wool made of long-fiber cotton fiber of industrial production and non-sterile gauze bandage were used for the experiments. Oxidation of medical cotton wool and gauze fibers was performed with TEMPO solutions with consumption from 0.5% to 10% by weight of absolutely dry raw materials, with the addition of 0.12 g of NaBr and from 5 to 10 cm³ of sodium hypochlorite solution with a concentration of active chlorine of 76 g/dm³, temperature from 20 to 60 °C and the duration of the process from 2 to 48 hours. The chemical composition of medical cotton wool and gauze have an α -cellulose content of more than 98%, as well as a low content of non-cellulose impurities and can be used for the oxidation process.

The influence of technological parameters - temperature, duration of oxidation process, consumption of TEMPO and sodium hypochlorite on the quality of oxycellulose from fibers of medical cotton wool and gauze is established. The increase in the consumption of the oxidizer TEMPO and the duration of the oxidation process leads to an increase in the content of carboxyl groups to 4.5% and 5.0% in the obtained samples of oxycellulose from cotton wool and gauze, respectively. Increasing the consumption of sodium hypochlorite helps to increase the content of carboxyl groups in the obtained samples of oxycellulose, but also reduces the yield of oxycellulose due to its destruction.

Increasing the temperature of the oxidation process from 20 °C to 40 °C promotes an increase in the number of carboxyl groups, and when the temperature rises to 60 °C there is a partial destruction of cellulose fibers. The yield of oxycellulose decreases with increasing oxidant consumption and increasing process temperature. The highest yield of oxycellulose was observed in medical gauze, because it is more tightly bound fibers, which prevents the process of its destruction.

The change of the amount of amorphous and crystalline parts of cellulose of cotton fibers in the oxidation process was determined by the X - ray diffraction method. The oxidation process helps to reduce the content of amorphous parts of cellulose of cotton fibers due to its destruction under the action of oxidants. Medical gauze and cotton wool, oxycellulose from gauze and cotton wool had values of the crystallinity index of 86.5%, 85.7%, 90.0% and 90.9%, respectively.

It is recommended to carry out the process of oxidation of cotton pulp to obtain oxycellulose from medical cotton wool and gauze with the maximum content of carboxyl groups at a consumption of TEMPO from 5% to 10% by weight a.s.s., temperature 20 °C for 24 - 48 hours.

Key words: cotton wool, gauze, oxidation, TEMPO, oxycellulose

References

1. Rustagi, T., Patel, K., Kadrekar, S., Jain, A. (2017), «Oxidized Cellulose (Surgicel) Causing Postoperative Cauda Equine Syndrome», *Cureus*, №9 (7), p. 7. doi: 10.7759/cureus.1500
2. Cheng, D., Wen, Y.B., An, X. Y., Zhu, X.H., Ni Y. H. (2016), «TEMPO-oxidized cellulose nanofibers (TOCNs) as a green reinforcement for waterborne polyurethane coating (WPU) on wood», *Carbohydr. Polym.*, №151, pp. 326–334.
3. Milanovich, J. (2012), «Structure and properties of TEMPO-oxidized cotton fibers», *Chem. Industry & Chem. Eng. Quarterly*, №3 (18), pp. 473–481.
4. Tang, Z., Li, W., Lin, X., Xiao, H., Miao, Q., Huang, L., Chen, L., Wu, H. (2017), «TEMPO-Oxidized Cellulose with High Degree of Oxidation», *Polymers*, №9, pp. 1–10.
5. Bajerova, M., Krejcova, K., Rabiskova, M. (2009), «Oxycellulose: significant characteristics in relation to its pharmaceutical and medical applications», *Advances in Polymer Technology*, №28 (3), pp. 199–208. DOI 10.1002/adv
6. TAPPI Test Methods. Atlanta, (2004) Georgia, Tappi Press.
7. Barbash, V.A., Dejkun, I.M., Zovtun, T.S. (2018), «Oxycellulose from flax fibers», *KPI Science News*, №5, pp. 86. DOI: 10.20535/1810-0546.2018.5.146269
8. Costa, L.A, Fonseca, A.F, Pereira, F.V, Druzian, J.I. (2015) «Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from corn stover», 49, pp. 127–133.