

## ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 66.094.3-92

DOI: 10.20535/1810-0546.2016.3.65694

В.А. Барбаш, Ю.Я. Нікітюк, І.М. Дейкун

Національний технічний університет України “КПІ”, Київ, Україна

### ОДЕРЖАННЯ ОКСИЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ БАВОВНЯНИХ ВОЛОКОН ДІЄЮ РІЗНИХ ОКИСНИКІВ

**Background.** Development of production technologies of materials for various purposes of alternatives to crude oil and natural gas sources of raw material, in particular cellulose.

**Objective.** To determine the optimal values of technological parameters of cotton fiber oxidation by action of various oxidants – hydrogen peroxide, Oxone, PINO – on quality of oxycellulose.

**Methods.** Oxidation of mechanically chopped cotton fibers by solution of hydrogen peroxide, Oxone and PINO was performed with air bubbling by the compressor through solution of cellulose in round-bottomed flask immersed in a water bath of the required temperature. The methods of experiment planning and optimization were used to determine the optimum process parameters.

**Results.** Studied oxidants for oxycellulose of cotton fibers to increase efficiency are in the following order: hydrogen peroxide – Oxone – PINO. The method of full factorial experiment was used to determine the adequate regression equations that describe the process of oxycellulose obtaining by action of Oxone and PINO, and the Gauss-Seidel method was used to determine the optimal values of technological parameters of oxycellulose obtaining. It is shown that oxidation of cotton fibers for optimal values of technological parameters allows getting oxycellulose with the content of carboxyl groups to 3 %.

**Conclusions.** The obtained oxycellulose can be used in medicine as a component of non-toxic, hemostatic, antimicrobial materials.

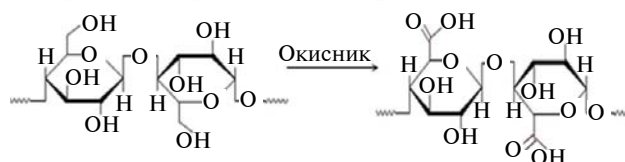
**Keywords:** cotton fiber; hydrogen peroxide; Oxone; PINO; oxycellulose; carboxyl group.

#### Вступ

Подальший стабільний розвиток людства вимагає розробки технологій виробництва різних за призначенням матеріалів із альтернативних нафті й газу природних джерел сировини. До таких джерел належить рослинна сировина, світові запаси біомаси якої щорічно поповнюються більш ніж на 150 млрд т [1]. Основним структурним компонентом кожної рослинної сировини є целюлоза, яка за рахунок своїх унікальних властивостей (високих показників міцності й адсорбуючої поверхні за низької щільності, хімічної та температурної стійкості, здатності до біодеструкції) широко використовується в целюлозно-паперовій, хімічній, фармацевтичній галузях промисловості, а також у медицині.

Целюлоза як природний полімер стереорегулярної будови складається з елементарних ланок  $\beta$ -D-глюкопіранози, з'єднаних між собою 1-4-глікозидним зв'язком. Кожна елементарна ланка целюлози має три гідроксильні групи, які забезпечують целюлозі реакційну здатність, зокрема можливість вступати в реакції окиснення [2]. У процесі дії різних окисників на целюлозу відбувається окиснення більш реакційноздатних первинних гідроксильних груп біля шос-

того атома вуглецю елементарного ланцюга з утворенням карбоксильних груп за схемою



У результаті реакції окиснення утворюється так звана оксицелюлоза, яка широко застосовується у хірургічній практиці як один із компонентів нетоксичних радіопротекторних, кровоспинних, антимікробних та ранозагоювальних матеріалів [3]. Історично для одержання оксицелюлози як окисник використовувався оксид азоту [4], який є екологічно небезпечною канцерогенною речовиною. Тому вченими проводяться пошуки інших окисників, які були б більш безпечними і селективно впливали б на окиснення первинних гідроксильних груп із мінімальною деструкцією целюлози. Серед таких окисників розглядають, зокрема, пероксид водню, Оксон, PINO.

Пероксид водню – бінарна сполука гідрогену з киснем складу  $H_2O_2$  – широко використовується в різних галузях промисловості, зокрема в целюлозно-паперовій як окисник у процесі вибілювання целюлози [2].

Оксон – загальна формула  $2\text{KHSO}_5 \times \text{KHSO}_4 \times \text{K}_2\text{SO}_4$  – нетоксичний стабільний, простий в обігу реагент низької вартості, активним компонентом якого є моноперсульфат калію  $\text{KHSO}_5$  [5].

PINO – фталімід-N-оксирадикал – генерується *in situ* із N-гідроксисукциніміду (загальна формула  $\text{C}_4\text{H}_5\text{NO}_3$ ) і використовується в органічній хімії як активуючий реагент для одержання карбонових кислот та як окисник для окиснення целюлози [6].

У світовій практиці для виробництва оксицелюлози як вихідна сировина використовується переважно целюлоза із деревини і бавовни. Волокна бавовни характеризуються високим вмістом целюлози (85–90 %) і низьким вмістом нецелюлозних компонентів (лігніну, екстрактивних і мінеральних речовин), що дає змогу використовувати їх для подальшої переробки в товари хімічної та фармацевтичної галузей промисловості, а також у медицині.

До препаратів целюлози, які використовуються в медицині, висуваються жорсткі вимоги щодо хімічної чистоти. Зокрема, оксицелюлоза повинна містити мінімальну кількість нецелюлозних компонентів і мати підвищений вміст карбоксильних груп [7].

### Постановка задачі

Метою роботи є визначення оптимальних значень технологічних параметрів процесу окиснення бавовняних волокон дією різних окисників – пероксиду водню, Оксону, PINO – на показники якості оксицелюлози.

Для досягнення мети поставлено такі задачі: дослідити вплив основних технологічних параметрів (концентрації реагентів, температури і тривалості) процесу окиснення волокон бавовни дією пероксиду водню, Оксону, PINO на показники якості одержаної оксицелюлози і з використанням математичних методів планування та оптимізації визначити їх оптимальні значення для одержання оксицелюлози з максимальним вмістом карбоксильних груп.

### Методи досліджень

У роботі використовувалися бавовняні волокна промислового виробництва ПП “Леон-Фарм” (Україна), які мали такий хімічний склад: вміст лігніну – 0,32 %; золи – 0,0289 %; карбоксильних груп – 0,17 %;  $\alpha$ -Cell – 93,4; середній ступінь полімеризації – 3000. Волокна

бавовни перед проведенням процесу окиснення механічно подрібнювали до розмірів довжиною  $5 \pm 1$  мм.

Окиснення бавовняних волокон пероксидом водню проводили за різних температури (від 20 до 80 °С) і тривалості (від 30 до 120 хв) розчинами  $\text{H}_2\text{O}_2$  різної концентрації (від 5 до 25 %) за гідромодуля 10:1, який є достатнім для рівномірного просочення сировини розчином пероксиду водню. Підготовлену сировину і зраховану кількість пероксиду водню вносили у хімічний стакан, який занурювали у водяну баню необхідної температури.

По закінченні тривалості процесу окиснення отриману оксицелюлозу промивали підігрітою дистильованою водою на воронці Бюхнера за допомогою колби Бунзена до нейтрального середовища та сушили на повітрі. Вихід оксицелюлози розраховували гравіметричним методом, а вміст лігніну і мінеральних речовин (зольність) визначали за стандартними методиками [8].

Процес окиснення бавовняної целюлози Оксоном проводили за різних тривалості (від 1 до 4 год) і температури (від 20 до 60 °С) з барботуванням повітря за допомогою компресора через розчин целюлози в круглодонній колбі, зануреній у водяну баню необхідної температури. У круглодонну колбу ємністю 100 см<sup>3</sup> наливали 50 см<sup>3</sup> дистильованої води і додавали зраховану кількість Оксону (витрати Оксону становили від 100 до 300 % від маси абсолютно сухої сировини (а.с.с.)), ретельно перемішували розчин до повного розчинення окисника. Наважку бавовняних волокон, зважену на аналітичних терезах, переносили в колбу з розчином Оксону, періодично перемішували для рівномірного проведення реакції.

Для окиснення бавовняних волокон із використанням PINO в круглодонну колбу ємністю 100 см<sup>3</sup> наливали 55 см<sup>3</sup> дистильованої води, додавали 0,17 г KBr і 15 см<sup>3</sup> ацетонітрилу, розчин ретельно перемішували. Наважку бавовни, зважену на аналітичних терезах, переносили в стакан з приготовленим розчином і перемішували для рівномірного розподілення целюлози в розчині. До розчину додавали 0,027 г PINO і 0,02 г антрахінону, ретельно перемішували, після чого піпеткою додавали розчин гіпохлориту натрію до досягнення необхідного рН середовища. Колбу накривали склом і ставили на водяну баню необхідної температури – 20, 40 і 60 °С. Процес окиснення проводили впродовж необхідного часу (від 1 до 6 год) з

барботуванням повітря за допомогою компресора. Промивання, сушіння і визначення виходу, вмісту лігніну та золи оксигелюлози, отриманої дією Оксону і PINO, проводили за стандартами [8].

Визначення вмісту карбоксильних груп у целюлозі виконували за кальцій-ацетатним методом відповідно до методики, описаної в статті [9]. Суть цієї методики така. Спочатку целюлозу переводять у кислотну форму, для чого 0,5 г целюлозного волокна оброблюють 0,01 М розчином соляної кислоти впродовж 60 хв. Далі целюлозу промивають дистильованою водою, додають 50 см<sup>3</sup> дистильованої води і 30 см<sup>3</sup> 0,25 М розчину Са-ацетату. Колбу герметично закривають і 120 хв інтенсивно струшують. По закінченні тривалості обробки з колби піпеткою відбирається по 30 см<sup>3</sup> суспензії на титрування 0,01 М розчином NaOH з додаванням індикатора – фенолфталеїну. Вміст карбоксильних груп визначається за формулою

$$\text{COOH} = \frac{80}{30} \frac{0,01 \text{ M V}(\text{NaOH})}{m \left(1 - \frac{w}{100}\right)} \cdot 4,5 \%,$$

де 0,01 M V(NaOH) – об'єм 0,01 М NaOH, що пішов на титрування, см<sup>3</sup>;  $m$  – маса волокна, що взята для аналізу, г;  $w$  – вологість волокна, %; 4,5 – коефіцієнт перерахунку ммоль/г у %.

Математична обробка результатів повного факторного експерименту та оптимізація технологічних параметрів одержаних рівнянь регресії виконувалися відповідно до прийнятих методик [10].

### Аналіз отриманих результатів

З метою визначення впливу температури і концентрації пероксиду водню на основні показники отриманої оксигелюлози із бавовняних волокон проведено серію досліджень, результати яких зведено в табл. 1. З наведених даних видно, що збільшення концентрації пероксиду водню у розчині спричиняє до зростання вмісту карбоксильних груп і незначного зниження виходу оксигелюлози, вмісту лігніну і мінеральних речовин (зольності) в одержаних зразках оксигелюлози. Незначне зниження виходу оксигелюлози (до 2 %) пояснюється її деструкцією за рахунок: часткового проходження реакції між гідропероксидними групами H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> і 1,4-глікозидними зв'язками, які з'єднують елементарні ланцюги целюлози, що призводить до деструкції макромолекул целюлози; взаємодії пероксиду водню з ароматичними кільцями лігніну і ненасиченими подвійними зв'язками, що призводить до зниження вмісту залишкового лігніну (майже на 20 % від вмісту лігніну в початковій целюлозі); незначної екстракції залишкових мінеральних речовин целюлози розчинами пероксиду водню.

Таблиця 1. Залежність показників якості бавовняної оксигелюлози від температури і концентрації пероксиду водню

Температура, °С	Показники оксигелюлози	Концентрація пероксиду водню у розчині, %			
		5	10	15	25
20	Вихід, %	95,4	95,2	93,6	93,4
	Зольність, %	0,0147	0,0141	0,0136	0,0121
	Лігнін, %	0,160	0,149	0,137	0,128
	COOH-групи, %	0,31	0,36	0,41	0,48
40	Вихід, %	95,2	95,0	94,6	93,7
	Зольність, %	0,0139	0,0136	0,0125	0,0121
	Лігнін, %	0,159	0,148	0,135	0,126
	COOH-групи, %	0,45	0,45	0,50	0,58
60	Вихід, %	94,2	94,2	93,4	93,2
	Зольність, %	0,0131	0,0128	0,0129	0,0119
	Лігнін, %	0,157	0,144	0,135	0,124
	COOH-групи, %	0,50	0,50	0,52	0,55
80	Вихід, %	94,0	93,4	92,8	92,8
	Зольність, %	0,0124	0,0118	0,0116	0,0120
	Лігнін, %	0,156	0,142	0,133	0,123
	COOH-групи, %	0,6	0,63	0,65	0,67

Така ж закономірність показників бавовняної оксидцелюлози спостерігається зі збільшенням температури процесу окиснення. При цьому максимальний вміст карбоксильних груп в оксидцелюлозі отримано дією 25 %-ного розчину  $H_2O_2$  за температури 80 °С упродовж 1 год.

Дослідження процесу окиснення бавовняних волокон упродовж 30–120 хв за температури 80 °С показало, що збільшення тривалості окиснення бавовняних волокон розчинами пероксиду водню однакової концентрації не призводить до істотного зростання вмісту карбоксильних груп (табл. 2), але знижує вихід оксидцелюлози з 94,0 до 91,7 % від а.с.с. за рахунок її часткової деструкції.

**Таблиця 2.** Вплив тривалості процесу окиснення і концентрації пероксиду водню на вміст карбоксильних груп в оксидцелюлозі

Температура, °С	Тривалість, хв	Концентрація пероксиду водню, %			
		5	10	15	25
80	30	0,5821	0,6027	0,6412	0,6586
	60	0,5954	0,6318	0,6502	0,6671
	90	0,6039	0,6367	0,6642	0,6674
	120	0,6072	0,6408	0,6674	0,6722

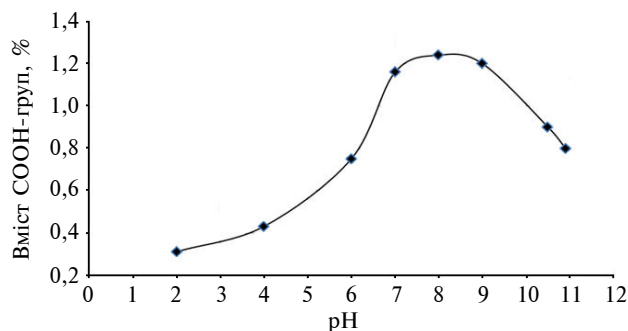
Отримані результати підтверджують раніше відомий факт про м'яку дію пероксиду водню на целюлозні волокна [2]. Тому з одержаних даних можна зробити висновок про низьку ефективність пероксиду водню як окисника для одержання оксидцелюлози із бавовняних волокон.

Проведені попередні дослідження процесу окиснення бавовняних волокон з використанням Оксоні за температури 20 °С, рН 2 упродовж 60 хв показали зростання вмісту карбоксильних груп ( $Y$ , %) у бавовняній оксидцелюлозі з 0,31 до 0,63 % за витрати Оксоні ( $X$ , %) в інтервалі від 100 до 300 % від маси а.с.с., що описується такою прямолінійною залежністю в натуральних одиницях з коефіцієнтом кореляції  $R^2 = 1$ :

$$Y = 3 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + Y = 3 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + 0,0003 \cdot X + 0,2516.$$

Залежність вмісту карбоксильних груп від значення рН середовища процесу окиснення

волокон бавовни Оксоном за витрати 100 % від а.с.с. за температури 20 °С упродовж 60 хв відображено на рисунку.



Залежність вмісту карбоксильних груп від рН середовища процесу окиснення бавовняних волокон Оксоном за температури 20 °С упродовж 60 хв

З отриманих даних видно, що збільшення рН середовища до 8 сприяє процесу окиснення гідроксильних груп до карбоксильних і дає можливість одержати максимальний вміст карбоксильних груп у бавовняній оксидцелюлозі на рівні 1,21 %. Але подальше підвищення рН середовища (рН більше 9) призводить до зменшення вмісту карбоксильних груп в одержаній оксидцелюлозі за рахунок деструкції Оксоні, який має мінімальну стабільність за рН=9 [5]. Тому для вивчення впливу основних технологічних параметрів процесу окиснення бавовняних волокон дією Оксоні на вміст карбоксильних груп подальші дослідження проведено за рН=8 із використанням повного факторного експерименту (ПФЕ) типу  $2^3$ , робоча матриця якого подана в табл. 3.

**Таблиця 3.** Робоча матриця ПФЕ процесу окиснення бавовняних волокон Оксоном за рН 8 за різних значень технологічних параметрів

Витрата Оксоні, % від а.с.с., $X_1$	Тривалість окиснення, год, $X_2$	Температура, °С, $X_3$	Вміст COOH, %, $Y$
300	5	40	1,54
100	5	40	0,98
300	1	40	1,33
100	1	40	0,95
300	5	20	1,47
100	5	20	0,93
300	1	20	1,26
100	1	20	0,89
200	3	30	1,22
200	3	30	1,21

У результаті математичної обробки отриманих експериментальних даних визначено таке рівняння регресії (у кодованій формі):

$$Y = 1,169 + 0,23 \cdot X_1 + 0,0604 \cdot X_2 + 0,015 \cdot X_3 - 0,135 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,133 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,109 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Отримана математична модель адекватно описує процес одержання оксигелюлози з волокон бавовни дією Оксону і свідчить про те, що збільшення тривалості окиснення, концентрації окисника і температури процесу окиснення закономірно призводить до зростання вмісту карбоксильних груп в одержаній оксигелюлозі.

Для визначення оптимальних значень технологічних параметрів процесу окиснення бавовняних волокон дією Оксону використано метод Гаусса–Зейделя [10]. Розраховані за цим методом рекомендовані значення технологічних параметрів становлять: температура – 40 °С, тривалість процесу – 5 год, витрата Оксону – 300 % від маси а.с.с, що дає змогу отримати оксигелюлозу з максимальним вмістом карбоксильних груп до 1,6 %.

З метою встановлення впливу витрат PINO і гіпохлориту натрію, а також температури процесу окиснення бавовняних волокон на вміст карбоксильних груп, проведено серію дослідів за матрицею ПФЕ типу  $2^3$  (табл. 4) упродовж 6 год, що попередньо визначено за оптимальну тривалість проведення процесу окиснення. В результаті математичної обробки отриманих ек-

периментальних даних визначено таке рівняння регресії (у кодованій формі):

$$Y = 2,05 + 0,0765 \cdot X_1 + 0,446 \cdot X_2 + 0,0124 \cdot X_3 - 0,001 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,001 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,397 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Отримана математична модель адекватно описує процес одержання оксигелюлози із волокон бавовни дією PINO і свідчить про те, що збільшення витрати окисника та гіпохлориту натрію і температури процесу окиснення закономірно призводить до зростання вмісту карбоксильних груп в одержаній оксигелюлозі.

Для визначення оптимальних значень технологічних параметрів процесу окиснення бавовняних волокон дією PINO використано метод Гаусса–Зейделя [10]. Оптимальні значення параметрів процесу окиснення волокон бавовни дією PINO становлять: температура – 60 °С, витрата PINO – 10 % від маси а.с.с., витрата гіпохлориту натрію – 30 см<sup>3</sup>, тривалість окиснення 6 год. Проведення процесу окиснення бавовняних волокон за таких значень технологічних параметрів дає змогу отримати бавовняну оксигелюлозу із вмістом карбоксильних груп до 3 %, яка може застосовуватись у хірургічній практиці як один із компонентів нетоксичних радіопротекторних, кровоспинних, антимікробних і ранозагоювальних матеріалів [3].

## Висновки

Досліджено вплив основних технологічних параметрів (концентрації реагентів, температури, тривалості, рН середовища) процесу окиснення волокон бавовни дією пероксиду водню, Оксону, PINO на показники якості одержаної оксигелюлози.

Встановлено, що досліджені окисники для одержання оксигелюлози із бавовняних волокон за збільшенням ефективності можна розмістити в такий ряд: пероксид водню – Оксон – PINO.

За допомогою методу ПФЕ визначено рівняння регресії, які адекватно описують процес одержання оксигелюлози із волокон бавовни дією Оксону і PINO, а за допомогою методу Гаусса–Зейделя – оптимальні значення технологічних параметрів процесу одержання оксигелюлози з максимальним вмістом карбоксильних груп.

Показано, що проведення процесу окиснення бавовняних волокон за оптимальними значеннями технологічних параметрів дає змо-

**Таблиця 4.** Залежність вмісту карбоксильних груп від різних технологічних параметрів процесу окиснення волокон бавовни PINO

Витрата PINO, % від а.с.с., $X_1$	Витрата NaOCl, см <sup>3</sup> , $X_2$	Температура, °С, $X_3$	Вміст COOH, %, $Y$
2,7	10	20	1,44
10	10	20	1,62
2,7	30	20	2,25
10	30	20	2,39
2,7	10	60	1,57
10	10	60	1,79
2,7	30	60	2,63
10	30	60	2,71
6,5	20	40	1,98
6,5	20	40	1,99

гу отримати бавовняну оксицелюлозу із вмістом карбоксильних груп до 3 %, яка може застосовуватись у медицині.

У подальших дослідженнях планується використати інші окисники та целюлозу з іншої рослинної сировини для одержання оксицелюлози з більшим вмістом карбоксильних груп.

### Список літератури

1. *Nanocelluloses: A new family of nature-based materials* / D. Klemm, F. Kramer, S. Moritz et al. // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2011. – **50**. – P. 5438–5466.
2. *Preparation and calcium complexation of oxidized polysaccharides. II: Hydrogen peroxide as co-reactant in the chlorite oxidation of dialdehyde glucans* / M. Floor, L.P.M. Hofsteede, A.P.G. Kieboom et al. // *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas.* – 1989. – **108**, № 10. – P. 323–394.
3. *Oxidized cellulose: chemistry, processing and medical applications* / R.L. Stilwell, M.G. Marks, L. Saferstein, D.M. Wiseman // *Drug Target. Recov. Handbook Biodegr. Polym.* – 1997. – **7**. – P. 291–306.
4. *Zimnitsky D.S., Yurkshtovich T.L., Bychkovsky P.M.* Synthesis and characterization of oxidized cellulose // *J. Polymer Sci. Part A: Polymer Chem.* – 2004. – **42**, № 19. – P. 4785–4791.
5. *DuPont™ Oxone® Monopersulfate Compound: General Technical Attributes.* – 2008. – P. 1–4.
6. *Selective oxidation of cellulose catalyzed by NHPI/Co(OAc)<sub>2</sub> using air as oxidant* / L. Zhou, H. Wu, X. Yang, J. Xu // *Cellulose.* – 2014. – **21**, № 6. – P. 4059–4065.
7. *Mild oxidation of cellulose fibers using dioxygen as ultimate oxidizing agent* / G. Biliuta, L. Fras, V. Harabagiu, S. Coseri // *Digest J. Nanomat. Biostructures.* – 2011. – **6**, № 1. – P. 291–297.
8. *TAPPI Test Methods.* – Atlanta: Tappi Press, 2004.
9. *Milanovich J., Kostic M., Skundric P.* Structure and properties of TEMPO-oxidized cotton fibers // *Chem. Industry Chem. Eng. Quarterly.* – 2012. – **18**, № 3. – P. 473–481.
10. *Бондарь А.Г.* Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. – К.: Вища школа, 1980. – 263 с.

### References

1. D. Klemm *et al.*, “Nanocelluloses: a new family of nature-based materials”, *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 50, pp. 5438–5466, 2011.
2. M. Floor *et al.*, “Preparation and calcium complexation of oxidized polysaccharides. II: Hydrogen peroxide as co-reactant in the chlorite oxidation of dialdehyde glucans”, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, vol. 108, no. 10, pp. 323–394, 1989.
3. R.L. Stilwell *et al.*, “Oxidized cellulose: chemistry, processing and medical applications”, *Drug Target. Recov. Handbook Biodegr. Polym.*, vol. 7, pp. 291–306, 1997.
4. D.S. Zimnitsky *et al.*, “Synthesis and characterization of oxidized cellulose”, *J. Polymer Sc. Part A: Polymer Chem.*, vol. 42, no. 19, pp. 4785–4791, 2004.
5. *DuPont™ Oxone® Monopersulfate Compound*, General Technical Attributes, 2008, pp. 1–4.
6. L. Zhou *et al.*, “Selective oxidation of cellulose catalyzed by NHPI/Co(OAc)<sub>2</sub> using air as oxidant”, *Cellulose*, vol. 21, no. 6, pp. 4059–4065, 2014.
7. G. Biliuta *et al.*, “Mild oxidation of cellulose fibers using dioxygen as ultimate oxidizing agent”, *Digest J. Nanomat. Biostructures*, vol. 6, no. 1, pp. 291–297, 2011.
8. *TAPPI Test Methods.* Atlanta: Tappi Press, 2004.
9. J. Milanovich *et al.*, “Structure and properties of TEMPO-oxidized cotton fibers”, *Chem. Industry Chem. Eng. Quarterly*, vol. 18, no. 3, pp. 473–481, 2012.
10. A.G. Bondar, *An Experiment in the Optimization of the Processes of Chemical Technology.* Kyiv, USSR: Vyshcha Shkola, 1980 (in Russian).

В.А. Барбаш, Ю.Я. Нікітюк, І.М. Дейкун

ОДЕРЖАННЯ ОКСИЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ БАВОВНЯНИХ ВОЛОКОН ДІЄЮ РІЗНИХ ОКСИДНИКІВ

**Проблематика.** Розробка технологій виробництва різних за призначенням матеріалів із альтернативних нафті й газу природних джерел сировини, зокрема з целюлози.

**Мета дослідження.** Визначення оптимальних значень технологічних параметрів процесу окиснення бавовняних волокон дією різних окисників – пероксиду водню, Оксону, PINO – на показники якості оксицелюлози.

**Методика реалізації.** Окиснення механічно подрібнених бавовняних волокон розчинами пероксиду водню, Оксону і PINO проводили з барботуванням повітря за допомогою компресора через розчин целюлози в круглodonній колбі, зануреній у водяну баню необхідної температури. Для визначення оптимальних параметрів процесу використовували методи планування експерименту та оптимізації.

**Результати дослідження.** Досліджені окисники для одержання оксидцелюлози із бавовняних волокон за збільшенням ефективності розміщуються в такий ряд: пероксид водню – Оксон – PINO. Методом повного факторного експерименту визначено рівняння регресії, які адекватно описують процес отримання оксидцелюлози із волокон бавовни дією Оксону і PINO, а за допомогою методу Гаусса–Зейделя – оптимальні значення технологічних параметрів процесу одержання оксидцелюлози. Показано, що проведення процесу окиснення бавовняних волокон за оптимальними значеннями технологічних параметрів дає змогу отримати бавовняну оксидцелюлозу із вмістом карбоксильних груп до 3 %.

**Висновки.** Одержана оксидцелюлоза може використовуватися в медицині як один із компонентів нетоксичних, кровоспинних, антимікробних матеріалів.

**Ключові слова:** бавовняне волокно; пероксид водню; Оксон; PINO; оксидцелюлоза; карбоксильна група.

В.А. Барбаш, Ю.Я. Никитюк, І.М. Дейкун

#### ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ

**Проблематика.** Разработка технологий производства различных по назначению материалов из альтернативных нефти и газу природных источников сырья, в частности из целлюлозы.

**Цель исследования.** Определение оптимальных значений технологических параметров процесса окисления хлопковых волокон действием различных окислителей – пероксида водорода, Оксона, PINO – на показатели качества оксидцелюлозы.

**Методика реализации.** Окисление механически измельченных хлопковых волокон растворами пероксида водорода, Оксона и PINO проводили с барботированием воздуха при помощи компрессора через раствор целлюлозы в круглodonной колбе, погруженной в водяную баню необходимой температуры. Для определения оптимальных параметров процесса использовали методы планирования эксперимента и оптимизации.

**Результаты исследования.** Исследованные окислители для получения оксидцелюлозы из хлопковых волокон по увеличению эффективности располагаются в следующий ряд: пероксид водорода – Оксон – PINO. Методом полного факторного эксперимента определены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс получения оксидцелюлозы из волокон хлопка действием Оксона и PINO, а с помощью метода Гаусса–Зейделя – оптимальные значения технологических параметров процесса получения оксидцелюлозы. Показано, что проведение процесса окисления хлопковых волокон по оптимальным значениям технологических параметров позволяет получить оксидцеллюлозу с содержанием карбоксильных групп до 3 %.

**Выводы.** Полученная оксидцеллюлоза может использоваться в медицине как один из компонентов нетоксичных, кровоостанавливающих, антимикробных материалов.

**Ключевые слова:** хлопковое волокно; пероксид водорода; Оксон; PINO; оксидцеллюлоза; карбоксильная группа.

Рекомендована Радою  
хіміко-технологічного факультету  
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції  
18 березня 2016 року