

УДК 676. 062.

## ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНА СИРОВИНА У ВИГЛЯДІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ТА СОЛОМИ

В. Білоус, В. Воробйов, Р. Черьопкіна, доцент,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація:** Показано отримання якісного волокнистого напівфабрикату із соломи натронним способом за температури 120 °С, витрат активного лугу 16 % в од. од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух сировини і тривалості 45 хв, який наближений до целюлози з листяних порід деревини. Для перероблення опалого листя з метою отримання ВНФ необхідно провести додаткові дослідження.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СІЧКА, СОЛОМА, ОПАЛЕ ЛИСТЯ, ЛУЖНИЙ РОЗЧИН, ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ

## CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIAL IN THE FORM OF FALLEN LEAVES AND STRAW

V. Bilous, Bachelor, V. Vorobyov, Bachelor,

R. Cheropkina, Associate Professor

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**Abstract:** It is shown that a high-quality fibrous semi-finished product from straw can be obtained by the soda method at a temperature of 120 ° C, an active alkali consumption of 16% in units of  $\text{Na}_2\text{O}$  from the mass of abs. dry raw materials and a duration of 45 min, which is close to cellulose from hardwoods. Additional research is needed to process fallen leaves to obtain VNF.

**KEYWORDS:** WOOD CHIPS, STRAW, FALLEN LEAVES, ALKALINE SOLUTION, DELIGNIFICATION

До щорічно відновлювальних видів біоресурсів, які можна переробляти на волокнисті напівфабрикати відносять опале листя деревини.

Листя, яке опадає восени відноситься до відходів і його у міських умовах необхідно збирати. Як і інші види біоресурсів, листя також складається із целюлози, геміцелюлози, лігніну, СЖВ, золи. У наукових публікаціях мало уваги приділено цьому виду сировини. Однак турецькими дослідниками показано, що вміст целюлози у листі клена складає 30,1 %, геміцелюлози – 29,5 % та лігніну – 26,9 %, що дозволяє розглядати його як достатньо целюлозовмісну сировину [1].

Для перероблення листя використано лужно пероксидний спосіб з витратами NaOH 0,3 - 3 М та H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0 - 3 М за кімнатної температури, впродовж 18 годин.

Основною метою цього дослідження було перетворення відходів осіннього листя на цінні продукти у вигляді геміцелюлози та целюлози із подальшим використанням їх для отримання паперу, картону та можливістю комбінування з іншими матеріалами для виготовлення нових продуктів [1].

В Україні запатентовано спосіб отримання напівцелюлози із опалого листя для виготовлення паперу [2]. Для отримання напівфабрикату листя очищається від сміття, промивається і потім піддається делігніфікації розчином лугу (NaOH) за кімнатної температури тривалістю 60 хв. Запропоновано також проведення двоступеневого вибілювання пероксидом водню отриманого волокна після лужної делігніфікації.

Авторами цього патенту також підраховано, що для отримання однієї тонни целюлози необхідно витратити 1,681 тонни опалого листя. Наголошується, що під час виготовлення паперу з листя сировини потрібно більше, ніж з деревини, однак, тонна опалого листя в середньому збереже від вирубування 10 дерев [3].

Пропонується використовувати напівфабрикати із листя для виготовлення підставок для яєць, корпусів для ручок, одноразовий посуд (стаканчики, тарілки), серветки, туалетний папір.

Виходячи з хімічного складу листя, його можна порівнювати із однорічними видами недеревної сировини, однак вміст лігніну у ньому значно вищий і наближений до хвойних порід деревини [4.].

Традиційно Україна вважається країною з розвиненим сільським господарством, що у майбутньому також збережеться. Це означає, що відходи у вигляді соломи зернових, які не мають практичного застосування в інших галузях, розглядаються як потенційна сировина для целюлозно-паперової промисловості. Тема використання соломи для отримання волокнистих напівфабрикатів не нова, однак, пошук оптимальних режимів її делігніфікації з отриманням якісних волокон все ще актуальна.

За оцінками фахівців запаси соломи можуть досягати значних кількостей: вихід соломи зі співвідношенням зерно: солома складає 1 : 1,5, що становить приблизно 6 т/га за умови середнього врожаю вологістю – 15 – 20 % [5]. Не дивлячись на деякий спад вирощування зернових з 2022 року, нині є реальне збільшення і чітка тенденція до підвищення врожайності зернових, а відповідно призведе до збільшення кількості відходів [6].

У порівнянні з деревиною практичне використання соломи для перероблення на волокнисті напівфабрикати має такі переваги: щорічне відновлення соломи; вища економічність процесу виготовлення півфабрикатів; організація виробництва, що не потребує значних капітальних вкладень.

За хімічним складом, який вивчено багатьма дослідженнями, солома може складати конкуренцію деяким листовим породам деревини, за умови належної попередньої обробки [4, 6]: вміст целюлози на рівні 33 – 46 %; геміцелюлози — 22 – 26 %; лігнін – 16 – 22 %; смоли, жири та воски – 2,5 – 6,0

%, мінеральні речовини (зола) – 4 – 9 % (підвищений вміст знижує якість волокна)

Отже, пшенична солома за своїм складом є придатною сировиною для виробництва целюлози, але потребує відповідної ефективної підготовки, а саме видалення лігніну та екстрактивних речовин.

Недеревні види сировини у вигляді опалого листя та соломи є доступними, їх об'єми значними і тому їх можна розглядати перспективною альтернативою традиційним деревним джерелам целюлозної сировини [7].

**Метою даної роботи було** використання лужного способу для хімічного перероблення опалого листя та соломи на волокнисті напівфабрикати.

Як сировину використовували соломку та листя клена, які подрібнювали до січки розміром 2 – 3 см (рис. 1)

Зовнішній вигляд січки соломи та листя клена показано на рис. 1.



а)



б)

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд січки соломи та опалого листя:

а) січка соломи пшениці; б) січка опалого листя

На технічних вагах зважували 50 г повітряно сухої січки, частинами завантажували у автоклав, та періодично ущільнюючи, порційно заливали натронним розчином за ГМ 6:1. Для герметизації автоклава застосовували гумові прокладки, вставляючи їх у підібрану відповідно кришку автоклава

Делігніфікацію січки проводили натронним щолоком за витрат активного лугу 16 % в од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух сировини в лабораторних сталевих автоклавах, які опускали у наперед нагріту гліцеринову баню до 80 °С. Далі проводили підйом температури від 80 °С до 120 °С впродовж 30 хв. За кінцевої

температури, варіння січки листя продовжували ще 15 хв, а соломи 45 хв. Температурний режим варіння наведено на рис. 2.

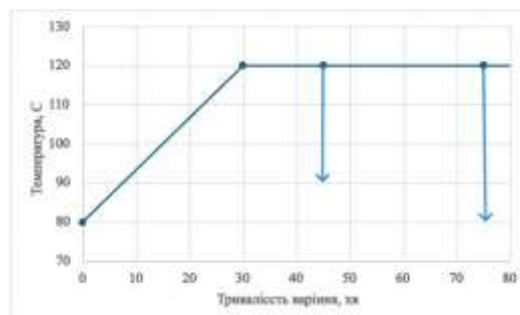


Рисунок 2 – Температурний графік варіння січки опалого листя та соломи

Після закінчення визначеного часу, гарячі автоклави поміщали у велику ємність із холодною водою для їх охолодження. Далі вміст автоклава вивантажували на сито для промивання від відпрацьованого щолоку сильним струменем води, розминаючи отриману масу вручну. Отримані ВНФ із соломи дуже добре розділялися на окремі волокна, мали золотисто-зелений колір, практично непровару у масі не спостерігалось ( рис. 3.)

В отриманих ВНФ визначали коефіцієнт сухості, який використовували для розрахунку виходу, масову частку лігніну згідно стандартних методик [4]. Для визначення показників міцності, ВНФ розмелювали у ВРА до 60 °ШР, виготовляли зразки масою 75 г/м<sup>2</sup> на ЛА-1( рис .5), які піддавали випробуванням згідно стандартних методик [4].



Рисунок 3 – Отримані волокнисті напівфабрикати після варіння соломи:

а) – після варіння), б) – після промивання та віджимання, в) – після варіння опалого листя

Зовнішній вигляд зразків ВНФ із соломи та опалого листя наведено на рис. 4.



а)



б)

Рисунок 4 – Зовнішній вигляд зразків ВНФ із соломи та опалого листя:

а) відливки з ВНФ (соломи пшениці); б) відливки з ВНФ (опалого листя)

Результати досліджень якості отриманих ВНФ наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих із соломи та опалого листя

| Умови варіння /сировина | Вихід, % | Масова частка лігніну, % | Фізико-механічні показники |                     |                                                          |
|-------------------------|----------|--------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|
|                         |          |                          | Розривна довжина, м        | Опір роздиранню, мН | Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п. |
| 15 хв /опале листя      | 21,3     | 24,2                     | 750                        | 157                 | 1                                                        |
| 45 хв/ солома           | 49,38    | 3,3                      | 7075                       | 470                 | 415                                                      |

Як видно із даних табл. 1, із соломи отримано волокнистий напівфабрикат у вигляді целюлози нормального виходу з показниками міцності наближеними до целюлози з листяних порід деревини. Такі результати



частково підтверджуються мікрофотографіями зробленими з використанням світлового мікроскопа зі збільшенням 7X10<sup>2</sup> (рис. 5). Із рис. 5 видно значну кількість добре делігніфікованих луб'яних волокон (фіолетове забарвлення), судини.

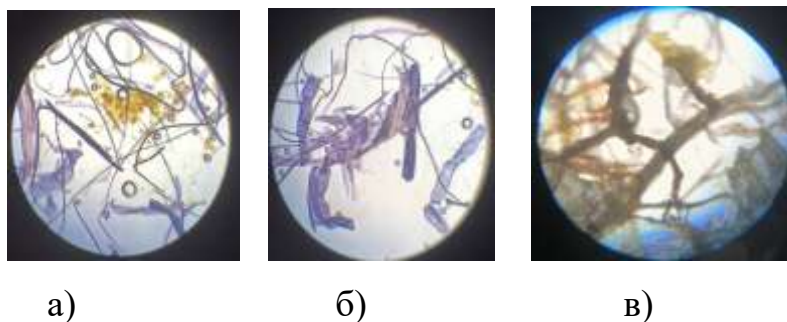


Рисунок 5 – Мікроскопічна будова січки соломи пшениці а) і б); в) - листя

Щодо отриманих ВНФ із опалого листя, то необхідно відмітити низький вихід ВНФ, з вмістом черешків, які не проварилися (рис. 3, в)). У результаті промивання під тиском води значна кількість дрібних волокон, в основному, клітин епідермісу та парехімиї були втрачені. Показники міцності таких ВНФ досить низькі.

**Висновок/** У результаті делігніфікації соломи натронним щолоком за невисокої температури, отримано ВНФ з показниками міцності наближених до целюлози з листяних порід деревини.

Однак перероблення цим способом опалого листя призводить до переварювання основи листя, що відображається на зниженні показників міцності. Ця сировина потребує проведення додаткових досліджень.

## Література

1. Erdem Tezcan, Oya Galioğlu Atıcı. Isolation of cellulose and hemicellulose by using alkaline peroxide treatment at room temperature from wasted fall leaves/ Natural and Engineering Sciences – NESciences, 2017, 2 (2): 100-110 <https://nesciences.com/wp-content/uploads/2024/03/NES-08-05-17-190-R1.pdf>

2. Фречка Валентин Михайлович спосіб отримання напівцелюлози із опалого листа для виготовлення паперу: Патент на корисну модель № 35476. Опубл. 10.07.2019, Бюл.№ 13 <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1367184/#!>

3. Папір з опалого листа: екорішення для збереження деревини (31) <https://ecolog-ua.com/news/papir-z-opalogo-lystya-ekorishennya-dlya-zberezhennya-derevyny>

4. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» / Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, І.М. Дейкун В.А., Барбаш В.А.; – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с

5. Zkan.com.ua – Скільки соломи можна зібрати з 1 га пшениці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zkan.com.ua/sho/skilki-solomi-mozhna-zibrati-z-1-ga-pshenici.html>

6. Foreign agricultural service/  
<https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Wheat>

7. Підручники онлайн: Солома. Післязбиральні кореневі рештки [Електронний ресурс]. –  
Режимдоступу:[https://pidru4niki.com/76210/agropromislovist/soloma\\_pislyazbiralni\\_korenevi\\_reshtki](https://pidru4niki.com/76210/agropromislovist/soloma_pislyazbiralni_korenevi_reshtki)