

УДК 633.522:57:631.52

О.Ф. БОГДАНОВА, О.П. ДОМБРОВСЬКА,  
С.С. БАБИЧ, А.Г. ДОМБРОВСЬКИЙ  
Херсонський національний технічний університет

### ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З НЕНАРКОТИЧНИХ КОНОПЕЛЬ

*У статті науково обґрунтовано придатність основних складових ненаркотичних конопель (лубу, волокна) до застосування в целюлозно-паперовій промисловості. Розглянуто актуальну проблему заміни імпоротної деревної сировини на вітчизняну – ненаркотичні коноплі. У роботі було проведено дослідження фізико-механічних характеристик целюлозних напівфабрикатів із визначенням найкращих зразків для поєднання їх в суміші з деревною сировиною та подальшого використання в паперовій промисловості.*

*Ключові слова:* варка, целюлоза, ненаркотичні коноплі, напівфабрикати, фізико-механічні показники.

О.Ф. БОГДАНОВА, Е.П.ДОМБРОВСКАЯ,  
С.С. БАБИЧ, А.Г. ДОМБРОВСКИЙ  
Херсонский национальный технический университет

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ НЕНАРКОТИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

*В статье научно обоснована пригодность основных составляющих ненаркотической конопли (луба, волокна) к применению в целлюлозно-бумажной промышленности. Рассмотрена актуальная проблема замены импортного древесного сырья на отечественное – ненаркотическую коноплю. В работе было проведено исследование физико-механических характеристик целлюлозных полуфабрикатов с определением лучших образцов для соединения их в смеси с древесным сырьем и дальнейшего использования в бумажной промышленности.*

*Ключевые слова:* варка, целлюлоза, ненаркотическая конопля, полуфабрикаты, физико-механические показатели.

O. BOGDANOVA, O. DOMBROVSKA,  
S. BABICH, A. DOMBROVSKYI  
Kherson National Technical University

### DETERMINATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING FIBER SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM DRUG-FREE HEMP

*The article substantiates scientifically the suitability of the main components of non-narcotic hemp (bast, fiber) for use in the pulp and paper industry. The actual problem of replacing imported wood raw materials with domestic non-narcotic hemp is considered. In the work, a study was made of the physical and mechanical characteristics of cellulosic semi-finished products with the determination of the best samples for their combination in a mixture with wood raw materials and further use in the paper industry.*

*Keywords:* cooking, cellulose, drug-free hemp, semi-finished products, physical and mechanical properties.

#### Постановка проблеми

Україна багата не лише деревною сировиною, а й різноманітними однорічними рослинами з високим вмістом целюлози. Сільське господарство, виробляючи щорічно у великій кількості зернові, технічні та інші культури, має у своєму розпорядженні величезні ресурси побічних продуктів. Крім того, у нашій країні великі площі зайняті дикорослими однорічними та дворічними рослинами, а також є значні запаси відходів переробки рослинної сировини на промислових підприємствах.

Номенклатура всіх побічних продуктів, що можуть бути використані як сировина для целюлозно-паперової промисловості, дуже велика. З усіх видів недеревної рослинної сировини визнані придатними для отримання паперу й картону: солома злакових культур (пшенична, житня, рисова); стебла кукурудзи, олійних та інших технічних культур (бавовнику, льону-кучерявця, соняшнику, рицини, рапсу, хмелю, тютюну, картоплі, кок-сагізу); дикорослі рослини (очерет, осока, виноградна

лоза, чагарникова верба), відходи перероблення льону, конопель і бавовни (закостричене коротке волокно, лляна та конопляна костриця) тощо.

За своїми властивостями всі ці види недеревної сировини можна поділити на дві групи. До першої відносяться волокна льону-довгунця, льону-кучерявця, конопель, джугу, а також бавовняні та прядильні відходи з різним ступенем закростриченості. Усі ці види сировини містять 75-85 % целюлози, 1-2 % лігніну та мають міцне й довге волокно завдовжки до 10 мм і більше. Друга група включає інші вищезазначені види сировини, які містять від 35 до 52 % целюлози, 13-22 % лігніну, 18-27 % пентозанів. Довжина волокон в них коротша за волокна рослин першої групи.

До першої групи входять найбільш цінні види сировини, які застосовуються для виробництва спеціальних високоякісних дорогих видів паперу. Потреба в сировині для виготовлення цього виду продукції порівняно невелика й при правильному плануванні може бути повністю задоволена.

Для другої групи сировини потрібні складніші технології хімічного оброблення. Ця сировина може бути використана для виготовлення багатьох видів паперу й особливо для виробництва тарного картону.

За запасами та можливістю освоєння найближчими роками найбільше значення для довгодіючих і нових підприємств має такий вид сировини, як солома, очерет, стебла бавовника, лляна й конопляна костриця та коротке закростричене волокно цих культур.

Країни СНД останнім часом почали виявляти зацікавленість у використанні різних видів недеревної сировини. Вихід целюлозної напівмаси з короткого волокна льону та конопель досягає 67 %. Крім того, перероблення короткого волокна цих культур дозволить уникнути операції розмелювання, що в свою чергу скорочує витрати електроенергії на 30-40 %.

Україна має у своєму розпорядженні величезні ресурси соломи, які дозволяють розвивати широкомасштабне виробництво паперу. Сільське господарство й целюлозно-паперова промисловість застосовують лише близько 30 % від зібраної кількості соломи, або 17 % від урожаю. Невикористана на фермах солома також може бути передана паперовій промисловості [1, 2]. Сучасний рівень розвитку техніки та технологій дозволяє переробляти солому в целюлозу, папір і картон різними способами [3, 4].

Під час вибору сировини з метою одержання целюлози для целюлозно-паперової промисловості необхідно враховувати вуглеводний склад, морфологічну будову волокна, а також його фізико-хімічні властивості.

Бажано, щоб сировина мала достатньо високий вміст  $\alpha$ -целюлози та низький вміст пентозанів. Структура волокна повинна бути такою, щоб забезпечити легкий доступ хімікатів до молекул целюлози; нецелюлозні домішки повинні розміщуватися в клітинах таким чином, щоб їх можна було легко видалити; вміст паренхімних клітин має бути низьким. Важливу роль в одержанні якісної целюлози відіграє також однорідність волокон і невисокий вміст лігніну та діоксиду кремнію [5, 6].

З усіх видів рослинної сировини, що використовується в целюлозно-паперовій промисловості, найбільший вміст целюлози має бавовна – 95-97 %. Порівняно багаті целюлозою луб'яні волокна таких технічних рослин як льон, коноплі, джут, рамі, кенаф, в яких вміст целюлози досягає 63-67 %, у той час як різні породи деревини в середньому містять 40-55 % целюлози.

Отже, з усіх наведених представників рослин, бавовна має найвищу хімічну чистоту та містить дуже мало нецелюлозних домішок. Наявність лігніну в технічному лінті, який використовується з метою отримання целюлози для хімічного перероблення, зумовлюється тільки механічними домішками фрагментів коробочок і лущайок. Нецелюлозні компоненти в бавовні не мають хімічних зв'язків із целюлозою, що спрощує промислове одержання целюлози. На відміну від бавовни, у деревині міститься значно менше целюлози. У хвойній деревині порівняно з листяною деревиною при практично однаковому вмісті целюлози знаходиться більше лігніну, смол, жирів та восків, але менше пентозанів.

Такі лубоволокнисті технічні культури, як коноплі, кенаф, джут, льон, складаються з луб'яних волокон та деревної частини (костриці) і, на відміну від бавовняного волокна, містять більше різноманітних нецелюлозних домішок, які неоднорідні за структурою. Хімічний склад волокна лубоволокнистих рослин значно відрізняється від хімічного складу деревної частини стебла. Луб'яні волокна містять більше целюлози й менше лігніну та пентозанів, ніж костриця. Для луб'яних волокон потрібне більш м'яке хімічне оброблення, ніж для виділення целюлози з костриці, тому з технічних культур складно отримати якісну целюлозу без значного зменшення міцності волокна.

У результаті варіння целюлози неволокнисті клітини частково розчиняються, але за рахунок механічного вкорочення волокон під час перероблення та видування маси після варіння збільшується кількість дрібного волокна в целюлозі. Целюлоза, одержана з бавовняного лінта, складається лише з чистих трахеїдних волокон, а целюлоза з ялини складається на 90 % із трахеїд і на 10 % з неволокнистих клітин та дрібного волокна. Букова целюлоза на 74 % складається із склеренхімних волокон і «нульового» волокна (15 % клітин серцевинних променів, 11 % судин). Солом'яна та очеретяна целюлоза після варіння містить до 33 % дрібних паренхімних клітин, шматочків судин, клітин епідермісу й коротких склеренхімних клітин із вузлів. Через неоднорідність целюлози ускладнюється її подальше

перероблення на етери та естери, тому при одержанні целюлози з листяних порід велику увагу приділяють видаленню дрібного волокна. Видалення дрібних клітин із солом'яної целюлози, крім підвищення її однорідності, сприяє ще й видаленню золи.

Морфологічна структура отриманої целюлози залежить як від виду рослинної сировини, так і від режиму варіння. Для волокон бавовни характерна наявність первинної та вторинної клітинної стінок, які відрізняються щільністю розташування мікрофібрил і їх орієнтацією вздовж осі волокна під кутом  $45^{\circ}$ , що є одним із важливих факторів, які впливають на реакційну здатність целюлози. Тому під час варіння потрібно не тільки видалити нецелюлозні домішки, а й зруйнувати та розпушити поверхневі й приповерхневі шари волокна.

У зв'язку з обмеженістю сировинної бази України, під час виробництва целюлози для целюлозно-паперової промисловості найбільш доцільно використовувати технічні культури та відходи їх переробки [7]. Оскільки коноплі мають одні з найміцніших рослинних волокон (розривна довжина 3,3-6,0 км, тоді як у бавовни вона становить 2,3-3,6 км), то саме вони використовуються світовою целюлозно-паперовою промисловістю для одержання високоміцного паперу.

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

З науково-технічної літератури відомо, що в Австралії з конопляної целюлози одержують спеціальні види паперу для банкнот, акцій, фільтрів, пакетиків для чаю, у США та Канаді соломі конопель переробляють у целюлозу для виробництва офісного, банкнотного, цигаркового паперу та паперу для авіапошти, у Британській Колумбії – для виробництва емісійного та друкарського паперу, в Єгипті – як складову композиції для виготовлення різних видів паперу.

У Канаді та Аргентині, де вирощують льон і коноплі, з костриці виробляють целюлозу для картону та обгорткового паперу.

Вітчизняна целюлозно-паперова промисловість не використовує коноплі як сировину для виробництва целюлози, паперу та картону [8, 9]. У нашій країні коноплі завжди вирощували тільки для потреб текстильної промисловості.

У процесі первинного перероблення конопель на волокно луб'яна волокниста частина (20-28 % від маси стебла), відділяється від деревної, утворюється довге волокно, коротке волокно (83-85 % від загального виходу волокнистої маси) та костриця, вихід якої становить близько 55 % від маси соломи. Коротке волокно й костриця є відходами виробництва, тому вирішення проблеми їх перероблення та раціонального використання є актуальним завданням сьогодення.

Останнім часом у країнах Європейського Союзу довге й коротке волокно конопель застосовується для виробництва тканин та одягу – 50 %, меблевої оббивки – 13 %, інших виробів для домашнього господарства – 20 %, мішків і канатів – 17 %. Зараз конопляне волокно використовується в автомобілебудуванні такими компаніями, як AUDI, BMW, Opel, Saab Volkswagen. Перевагою його є те, що пластикові деталі салону автомобілів не можуть бути утилізовані, а деталі з конопляними волокнами внаслідок їх біологічного перероблення перетворюються на гумус.

Ще одним цікавим напрямком застосування волокна конопель є медицина – для виробництва перев'язувальних матеріалів і хірургічних ниток.

Із конопляної костриці виготовляють костроблоки та костроплити для будівництва й меблевої промисловості, а також паливні брикети.

На сьогодні в Україні екпортується майже все довге конопляне волокно високої якості. Коротке волокно із закростриченістю 10-24 % використовується обмежено в текстильній промисловості для виробництва малоцінної продукції – технічних тканин, мотузок, шпагату. Залишок волокна екпортується за демпінговими цінами, оскільки відсутні технології його перероблення. Застосування короткого волокна ненаркотичних конопель у целюлозно-паперовій промисловості дасть можливість раціонально використовувати відходи коноплепереробних заводів та отримувати вітчизняну сировину для потреб українських підприємств. Завдяки високій врожайності конопель порівняно з деревиною хвойних і листяних порід дерев, великому вмісту целюлози (майже 80 %) та низькому вмісту лігніну у волокні, а також високим якісним характеристикам паперу, виготовленого на основі конопляної целюлози (високим показникам білості, абсолютного опору продавлюванню та абсолютного опору роздиранню), коноплі є конкурентоспроможною сировиною для виготовлення різноманітних видів паперу: цінного, технічного фільтрувального, цигаркового, друкарського тощо. Папір із волокна конопель виготовляють у Китаї, Індії, США, країнах Південної Америки, Іспанії, Великобританії та інших державах. Порівнюючи рівень розвитку коноплярства та коноплеперероблення в Україні з іншими державами світу, необхідно зазначити, що ця культура, маючи величезний потенціал, у нашій країні не використовується в повному обсязі.

На базі інституті луб'яних культур НААН України (м. Глухів Сумської області) створені українськими селекціонерами Сенченком Г.І., Мигалем М.Д., Вировцем В.Г., Лайко І.М. та ін. ненаркотичні сорти конопель, які вирощують у таких державах, як Австралія, Австрія, Великобританія, Канада, Нідерланди, Німеччина, Чехія, Фінляндія та ін. [1, 4, 5]. Завдяки виведеній українськими

вченими біологічній особливості рослини, яка полягає у відсутності психотропної сполуки тетрагідроканнабінолу в сукупності з високою продуктивністю, технічні сорти конопель дозволили зберегти коноплянство в таких країнах, як Франція, Росія, Канада, Китай та відродити галузь у всіх без винятку економічно розвинених країнах світу.

Отже, світовий і вітчизняний досвід використання коноплесировини свідчить, що вирощування й перероблення конопель знаходяться в Україні у кризовому стані, зумовленому відсутністю попиту на довге та коротке конопляне волокно на внутрішньому споживчому ринку.

Виходу коноплепереробної галузі з кризи можна досягти шляхом розроблення новітніх технологій оброблення соломи та трести конопель, які дозволять отримувати волокно з новими технологічними властивостями, що відповідатимуть вимогам технологій їх подальшого використання в текстильній, фармацевтичній, целюлозно-паперовій та інших галузях промисловості.

Тому вдосконалення існуючих технологій одержання трести та розроблення нової технології механічного оброблення стебел трести конопель, яка сприятиме розширенню сфери застосування одержаного з неї волокна, є актуальним завданням галузі.

#### Формулювання мети дослідження

Метою даних експериментальних досліджень є визначення придатності основних складових ненаркотичних конопель для отримання різних целюлозних напівфабрикатів та подальшого застосування їх в композиційному папері.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Під час виробництва волокнистих напівфабрикатів із конопляної сировини для целюлозно-паперової промисловості необхідно враховувати її хімічний склад, анатомічну та морфологічну будову, фізико-механічні властивості.

Характерною особливістю анатомічної будови конопель є наявність луб'яного волокнистого та деревного шарів. Перший шар становить 30-40 % від усього стебла, а другий – відповідно 60-70 %. У луб'яному шарі розташовані найцінніші целюлозні волокна, їх вміст дорівнює 60-70 %.

Хімічний склад конопляної сировини, що потенційно розглядається як сировина для отримання волокнистих напівфабрикатів, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад та довжина волокон конопляної сировини

Хімічний склад та довжина волокон	Стебло		Волокно
	волокниста частина або луб	деревна частина або костриця	одержане з паренцевої трести
Целюлоза, %	66,0-70,4	37,1-39,4	65,1-68,5
Лігнін, %	3,7-6,0	21,0-32,9	5,0-7,5
Геміцелюлоза, %	7,0-7,4	18,9-21,2	3,5-4,5
Довжина волокон, мм	5,0-55,0	0,60-0,75	5,0-55,0

Як видно з даних табл. 1, хімічний склад волокна конопель значно відрізняється від хімічного складу костриці. Луб'яні волокна містять 66,0-70,4 % целюлози й до 6,0 % лігніну, а костриця містить 37,1-39,4 % целюлози та 21,0-32,9 % лігніну.

Порівняльний аналіз розмірів волокон, що містяться в луб'яному шарі, та волокон, які розташовані в костриці, свідчить, що перші мають більшу довжину, і це зумовлює їх природну міцність. Довжина луб'яних волокон коливається в межах 5,0-55,0 мм, а довжина волокон, що знаходяться в костриці, становить 0,60-0,75 мм.

Таким чином, відмінність у хімічному складі волокон та їх довжині зумовлює необхідність розділення цих двох фракцій перед початком варіння конопляної сировини, а також їх окремого використання для виготовлення різних за призначенням целюлозних напівфабрикатів.

Аналіз існуючих вимог до підготовки деревної сировини для її подальшого хімічного перероблення дозволив визначити найбільш раціональні технологічні режими варіння конопляної сировини [6, 10]. Під час хімічного оброблення соломи й відходів коноплезаводів білими лугами як хімічні реагенти застосовували: їдкий натр, їдкий натр і сульфит натрію, їдкий натр і моноссульфіт натрію. Варіння здійснювали періодичним методом в автоклаві при модулі ванни 1:8 і рН середовища 9-11. Залежно від ступеня хімічного та механічного оброблення рослинної сировини були отримані різні волокнисті напівфабрикати: деревна маса, напівцелюлоза, целюлоза.

Для одержання деревної маси оброблення сировини здійснювали при температурі 5-95 °С протягом 30-60 хв, потім відпрацьований розчин відокремлювали, а отриманий волокнистий напівфабрикат додатково розмелювали.

Процес виробництва хімічної деревної маси із соломи, короткого конопляного волокна та костриці складається з таких основних операцій:

1. Сортування та різання сировини.
2. Приготування варильного розчину.
3. Хімічне оброблення варильним розчином.
4. Відділення від відпрацьованого лугу.
5. Механічний поділ на волокна.
6. Зневоднення та сушіння.

Виробництво напівцелюлози складається з двох стадій оброблення: хімічного та механічного. Під час хімічного оброблення з недеревної сировини видаляється лігнін і геміцелюлози, а в процесі механічного оброблення під дією гарячого розмелювання відбувається поділ на волокна. Варіння конопляної сировини здійснювали при температурі 90-180 °С протягом 1-3,5 годин.

Технологія варіння конопляної сировини включає такі операції:

1. Підготовка сировини.
2. Приготування варильного розчину.
3. Варіння.
4. Розмелювання при  $t = 90-100$  °С.
5. Промивання маси.
6. Віджимання до сухості 60 % і більше.
7. Сортування.

Загальна схема виробництва целюлози з короткого волокна та конопляної костриці складається з таких стадій:

1. Підготовка сировини (очищення костриці від пилу та різання короткого волокна).
2. Приготування варильного розчину.
3. Замочування сировини у варильному розчині протягом 24 год.
4. Промивання.
5. Очищення, зневоднення та сушіння.

Варіючи рН середовища на різних стадіях варіння, час і склад варильного розчину, можна отримати різні волокнисті напівфабрикати з наперед заданими властивостями.

Результати варіння компонентів конопляного стебла лужними способами наведені в табл. 2-5 .

Таблиця 2

**Технологічний режим варіння конопляної костриці натронним способом**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату
5-95	30-60	20-30	85,1-90,3	д.м. і н.ц.
90-120	30-150	10-15	83,3-90,3	д.м. і н.ц.
120-140	180	15-30	80,1-70,7	н.ц.
160-170	180-300	30-40	59,5-69,7	н.ц. і ц.в.в.
170-180	180	45-50	37,0-43,0	ц.в.в.
180	180-300	20-40	58,5-52,4	ц.в.в.
180-190	60	60	62,5	ц.в.в.
180-190	120-140	50-60	32,5-34,7	ц.в.в.

Примітка: д.м. – деревна маса; н.ц. – напівцелюлоза; ц.в.в. – целюлоза високого виходу; ц.н.в. – целюлоза нормального виходу, н.ц.в.в. – напівцелюлоза високого виходу.

Таблиця 3

**Технологічний режим варіння конопляної соломи натронним способом**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату у
160-170	180-300	15-30	90,0-83,8	д.м. і н.ц.в.в.
180	180-300	30-40	81,2-75,7	н.ц.в.в. і н.ц.
180-190	300	50-60	72,3-70,1	н.ц.
180-190	120-300	70-80	69,5-66,8	н.ц.
180-190	180-240	80-100	65,2-62,1	н.ц.
180-190	180-300	100-110	63,1-60,1	н.ц.

Таблиця 4

**Технологічний режим варіння короткого конопляного волокна  
натронним способом**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату
120-140	180	15-30	85,2-75,1	н.ц.
160-170	180-300	30-40	65,1-70,5	н.ц.
170-180	180-300	20-40	60,5-57,4	ц.в.в.
170-180	180-240	45-50	45,1-43,7	ц.н.в.
180-190	120-240	50-60	35,7-38,6	ц.н.в.

Таблиця 5

**Технологічний режим варіння конопляної соломи нейтрально-сульфитним способом для  
отримання волокнистих напівфабрикатів**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, NaSO <sub>3</sub> , г/л	вихід, %	категорія
160-170	180-300	20-10	78,4-82,4	н.ц.
160-170	180-300	30-20	72,1-76,6	н.ц.
160-170	180-300	40-30	72,3-70,1	н.ц.
180-190	180-300	40-15	60,5-64,1	ц.в.в.
180-190	180-300	40-30	62,2-60,1	ц.в.в.
180-190	180-300	50-20	56,5-50,1	ц.н.в.

Для досліджень використовували соломку сорту однодомних ненаркотичних конопель Золотоніські 15. Із соломи виділили луб та отримали паренцеве волокно в лабораторному автоклаві АВК-3.

Варіння целюлози здійснювали в кислотостійкому сталевому автоклаві місткістю 0,5 л у лабораторних умовах кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації.

З метою перевірки результатів лабораторних досліджень у виробничих умовах було проведено серію випробувань в Українському науково-дослідному інституті паперу та в лабораторіях ТОВ «Цюрупинська паперова компанія».

Слід зазначити, що одержана як натронним, так і нейтрально-сульфитним способом целюлоза після розпускання в дезінтеграторі та промивання добре поділялася на пучки й окремі волокна. Целюлоза з виходом 60 % має достатньо низький ступінь делігніфікації, що надалі не повинно ускладнювати процес її вибілювання.

Залежно від умов і тривалості обробки складових конопляної сировини різними хімічними реагентами при різних температурах и тиску в результаті делігніфікації можна одержать волокнисті напівфабрикати з різним кількісним виходом, а саме: деревинна целюлоза, напівцелюлоза, целюлоза нормального виходу та целюлоза високого виходу.

Одержання різних волокнистих напівфабрикатів з ненаркотичних конопель значною мірою залежить від складових ненаркотичних конопель та способу делігніфікації.

Для повного оцінювання якості ненаркотичної конопляної сировини, а саме соломи та паренцевої трести конопель як вхідної досліджуваної сировини для отримання целюлози, визначали їх фізико-механічні показники за ГОСТ 11008-64 «Солома конопляная. Технические условия» та ГОСТ 6729-60 «Треста конопляная. Технические условия». Вологість зразків вимірювали за стандартною методикою. Показники якості сировини визначали за середньою вологістю зразків: для зразків лубу – 9,8 %; для паренцевого волокна – 10,2 %. У результаті досліджень було встановлено, що вміст лубу в солі конопель у середньому дорівнює 40,7 %, а середнє розривне навантаження лубу становить 36,7 кгс. Відповідно середній вміст паренцевого волокна в тресті дорівнює 38,5 %, а розривне навантаження волокна в середньому становить 33,3 кгс.

Кількість деревинних домішок у всіх зразках не перевищувала 1 %.

Перед проведенням досліджень зразки подрібнювали до розмірів 15-25 мм.

Температуру варіння постійно підтримували на рівні 170 °С упродовж прийнятого часу варіння.

Після термохімічного оброблення одержану целюлозу розпускали в лабораторному дезінтеграторі, а потім промивали. Після промивання отриману целюлозну масу віджимали, висушували до постійної маси та визначали загальний вихід целюлози, який у середньому становив 60 %.

Вибілювання здійснювали двома способами. Для першого способу застосовували такі реагенти, як перекис водню, силікат, сода кальцинована, змочувач, для другого – перекис водню, силікат, змочувач, хлористий магній

Показники якості целюлози, одержаної з лубу та паренцового ненаркотичного конопляного волокна, наведено в табл.6.

Таблиця 6

**Фізико-механічні показники целюлози, одержаної з різних складових конопляної сировини (луб, волокно) нейтрально-сульфідним способом**

Фізико-механічні показники целюлози	Значення показників	
	луб	волокно
1. Густина, г/см <sup>3</sup>	0,82	0,70
2. Розривна довжина, м	6294	6230
3. Абсолютний опір продавлюванню, кПа	393	349
4. Абсолютний опір роздиранню, мН	1280	2293
5. Злам, ч.д.п.	4076	4000
6. Білизна, %	53,0	55,7
7. Ступень делігнофікації, од. Каппа	11,60	14,98
8. Повітропроникність л/(м <sup>2</sup> ·с), при Δр=200Па та S=10 см <sup>2</sup>	630	690

Аналізуючи фізико-механічні показники одержаних зразків, треба зазначити, що целюлоза, отримана нейтрально-сульфідним способом із показниками виходу 66,4-71,9 %, білості 53,0-55,7 %, ступеня делігнофікації 11,60-14,98 од. Каппа, опору на зламвання 4000-4076 к.п.п. та опору роздиранню 1280-2293 мН, за своєю якістю не поступаються показникам целюлозу, одержаної з деревини.

Якісні показники наведені у табл. 6 свідчать про високий показник повітропроникності (630-690), виготовленого волокнистого напівфабрикату як із конопляного лубу, так і волокна.

В свою чергу, використання лубу, замість волокон конопель дозволить зменшити витрати на отримання целюлози високої якості, знизить собівартість виготовленої з неї продукції. До того ж, луб вважається збагаченою сировиною у порівнянні із соломою та трестом, а також він легко висушується, пакується, транспортується і у повітряно-сухому стані придатний до тривалого застосування.

Отриманий волокнистий напівфабрикат має високі показники якості. Висока міцність комплексних рослинних волокон обумовлена великою кількістю елементарних волокон, з'єднаних у луб'яні пучки. Проте під час виробництва паперу міцність волокон може не вплинути на міцність кінцевого продукту, якщо в процесі розмелювання вони не будуть розділені на окремі, добре фібрильовані волокна.

Враховуючи високі показники міцності, отриманий волокнистий напівфабрикат можна використовувати в композиції при виробництві високоміцних, довговічних і спеціальних видів паперу. Однак для цього одержаному напівфабрикату необхідно надати відповідного вигляду – вибілити.

Оскільки луб'яні волокна конопель містять незначну кількість лігніну, а після термохімічного оброблення отриманий матеріал має ступінь делігнофікації 11,60-14,98 од. Каппа, то целюлозу з таким вмістом лігніну можна класифікувати як легко вибілювану.

Таким чином, виробничі випробування підтверджують можливість одержання целюлози з ненаркотичних конопель (лубу та волокна). Виявлено, що отримані зразки целюлози, особливо одержаної нейтрально-сульфідним способом, мають високі показники механічної міцності та повітропроникності.

#### Висновки

На основі результатів проведених досліджень можна зробити висновок, що целюлоза, отримана з волокон і лубу ненаркотичних конопель, характеризується високим рівнем фізико-механічних показників, які не поступаються показникам целюлози, одержаної з деревини, а за деякими параметрами навіть перевершують їх. Така целюлоза може використовуватися для виготовлення різних видів паперу, зокрема і спеціальних: фільтрувального, офісного, друкарського, жиро- і вологостійкого тощо.

Крім того, сучасні селекційні сорти ненаркотичних конопель характеризуються високою врожайністю, тому їх використання дозволить вирішити важливу екологічну проблему збереження лісів.

## Список використаної літератури

1. Выровец В.Г. Селекция и семеноводство конопли в Украине / В.Г. Выровец, В.П. Сытник, М. Орлов // Зб. наук. пр. – Глухів, Ін-ту луб'яних культур УААН, 2000. – С. – 25-33.
2. Голобородько П.А. Льонарство та коноплярство: проблеми і перспективи / П.А. Голобородько, В.П. Ситник, В.Г. Баранник: зб. наук. пр. «Селекція, технологія виробництва та первинної переробки льону і конопель». – Глухів: Інститут луб'яних культур УААН, 2000. – С. 3-15.
3. Дейкун І.М. Розробка технологій одержання лляної целюлози для хімічної переробки: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.07.05 / Дейкун Ірина Михайлівна. – К., 2005. – 171 с.
4. Пушкар Г.О. Проблеми формування асортименту товарів з волокна конопель / Г.О. Пушкар, Б.Д. Семак // Вестник ХНТУ. – 2014. – № 4 (51). – С. 117 – 122.
5. Гілязетдінов Р.Н. Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур: дис. доктора техн. наук: 05.18.01 / Гілязетдінов Рубіль Нуртдінович. – Херсон, 2009. – 255 с.
6. Ляліна Н.П. Перспективні напрямки одержання екологічної продукції х технічних конопель / Н.П. Ляліна, О.Ф. Богданова, Н.І. Резвих: матеріали ІХ міжнародної конференції [«Стратегии качества в промышленности и образовании»]: (Варна (Болгария), 31 мая – 7 июня 2013 г.). – Варна, 2013. – С. 29-32.
7. Богданова О.Ф. Аналіз конкурентоспроможності та товарознавча оцінка продукції підприємств «Фірма Акант+К» та «Велам» / О.Ф. Богданова, Н.П. Ляліна, Н.І. Резвих // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцького національного технічного університету. – Вип. 5. – Луцьк, 2012.– С. 98.
8. Товарознавство і стандартизація продукції безнаркотичних конопель: [монографія] / [Чурсіна Л.А., Богданова О.Ф., Ляліна Н.П., Резвих Н.І.]; під ред. Л.А. Чурсіної. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2012. – 308 с.
9. Пашин Е.Л. Основы сельскохозяйственного производства конопли: [учеб. пособ.] / Е.Л. Пашин, Л.В. Пашина. – Кострома: КГТУ, 2004. – 47 с.
10. Шейченко В.О. До питання одержання лубоволокнистої сировини з технічних конопель / В.О. Шейченко, І.О. Маринченко: зб. наук. ст. «Сільськогосподарські машини». – Вип. 29-30. – Луцьк: ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2014. – С. 168-174.