

Коптюх Леонід Андрійович

доктор технічних наук,
професор кафедри товарознавства та митної справи,
ORCID ID: [http:// orcid.org/ 0000-0001-6205-6120](http://orcid.org/0000-0001-6205-6120)

Андрієвська Людмила Валентинівна

кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства та митної справи,
ORCID ID: [http:// orcid.org/ 0000-0001-6167-1105](http://orcid.org/0000-0001-6167-1105)

Глушкова Тетяна Геннадіївна

кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства та митної справи,
ORCID ID: [http:// orcid.org/0000-0002-6248-945X](http://orcid.org/0000-0002-6248-945X)

Марчук Наталія Богданівна

кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства та митної справи,
ORCID ID: [http:// orcid.org/ 0000-0002-9584-4534](http://orcid.org/0000-0002-9584-4534)

Мережко Ніна Васиївна

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри товарознавства та митної справи,
ORCID ID: [http:// orcid.org/ 0000-0003-3077-9636](http://orcid.org/0000-0003-3077-9636)

Осика Віктор Анатолійович

доктор технічних наук,
доцент, декан факультету торгівлі та маркетингу,
Київський національний торговельно-економічний університет,
Київ, Україна.
ORCID ID: [http:// orcid.org/0000-0002-5081-7727](http://orcid.org/0000-0002-5081-7727)

ВИКОРИСТАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ З ХВОЙНОЇ ДЕРЕВИНИ І ДЕРЕВИНИ ЕВКАЛІПТА У ВИРОБНИЦТВІ ВБИРНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ

Koptiukh Leonid

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs,

Andriiivska Liudmyla

Candidate (PhD) of Technical Sciences,
Associate Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs,

Hlushkova Tetiana

Candidate (PhD) of Technical Sciences,
Associate Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs,

Marchuk Nataliia

Candidate (PhD) of Technical Sciences,
Associate Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs,

Merezhko Nina

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Department of Commodity Science and Customs Affairs,

Osyka Victor

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Deen of Trade and Marketing Faculty,
Kyiv National University of Trade and Economics

THE USE OF SOFTWOOD AND EUCALYPTUS WOOD PULP IN THE ABSORBENT PAPER PRODUCTION

Аннотация. У роботі проведено дослідження щодо використання евкаліптової целюлози в композиції паперової маси для виробництва вбирних видів паперу.

Хвойну целюлозу розмелювали роздільно до ступеня помелу 29-36 °ШР, а целюлозу з евкаліпта до 17-23 °ШР відповідно. Вміст евкаліптової целюлози і хвойної біленої сульфатної целюлози у композиції паперу складає відповідно 42-48 і 52-58 мас, %. Отримана макропориста структура розробленого паперу забезпечує досягнення високої пухкості, що є непрямою характеристикою важливих показників вбирних і фільтрувальних видів паперу, а саме: повітропроникності, всмоктувальної здатності, а наявність в композиції довгих волокон сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини дає змогу підвищити і забезпечити механічну міцність паперу на достатньо високому рівні.

Тобто, введення целюлози з евкаліпта за невисокого ступеня помелу дозволяє отримати папір з рівномірною і зімкнутою структурою, підвищеними пористістю, пухкістю і вбирною здатністю і забезпечити на високому рівні його механічну міцність. Дане технологічне рішення можливо застосовувати також у виробництві й фільтрувальних видів паперу.

Abstract. In this work, we investigated the use of eucalyptus cellulose in the composition of paper pulp for the production of absorbent types of paper. Softwood cellulose was ground separately to a grinding degree of 29-36 °ShR, and cellulose from eucalyptus to 17-23 °ShR, respectively.

The content of eucalyptus cellulose and softwood bleached sulfate cellulose in the paper composition is, respectively, 42-48 and 52-58 wt.%.

The obtained macroporous structure of the developed paper provides high looseness, which is an indirect characteristic of important indicators of absorbent and filter types of paper, namely: air permeability, absorption capacity, and the presence in the composition of long fibers of sulphate bleached pulp and softwood at a high enough level.

That is, the addition of cellulose from eucalyptus with a low degree of grinding allows you to obtain paper with a uniform and closed structure, increased porosity, looseness and absorbency and to ensure at a high level its mechanical strength.

This technological solution can also be used in the production of filtering paper.

Ключові слова: целюлозно-паперова промисловість, целюлоза з деревини евкаліпта, композиція паперу, структура паперу, ступінь помелу, папір санітарно-гігієнічного призначення.

Keywords: pulp and paper industry, eucalyptus wood pulp, paper composition, paper structure, degree of grinding, sanitary paper.

Вступ. Целюлозно-паперова промисловість є важливою складовою економіки кожної країни, оскільки відображає рівень її науково-технічного прогресу, вказує на ступінь економічного зростання та загалом соціального розвитку. Саме тому науковцям даної галузі слід достатньої уваги приділяти новітнім розробкам та інноваціям у паперовому виробництві, адже з кожним роком зростають вимоги споживачів як до асортименту, так і до якості паперових виробів. Для того щоб продукція вітчизняних виробників була конкурентоспроможною по відношенню до імпортованих товарів, під час її виробництва слід застосовувати сучасні сировину, технології та розробки, що забезпечують підвищення споживчих властивостей готових виробів.

Одним з таких рішень є використання у композиції паперу альтернативних видів сировини. Зокрема дослідження цього питання стало актуальним у виробництві вбирного паперу для виробів санітарно-гігієнічного призначення та різних видів фільтрувального паперу. Довгий час у світовій целюлозно-паперовій промисловості для виробництва паперових виробів домінували північні породи дерев із м'якою деревиною, особливо хвойні, використання яких давало можливість виготовляти якісну довговолокнусту целюлозу, яка до недавня була поза конкуренцією у виробництві картону й паперу різних видів. Проте, останнім часом все більшого використання набуває целюлоза з твердих порід, зокрема евкаліпта.

Поряд із високими якісними характеристиками деревина евкаліпта є значно дешевшою порівняно з хвойними видами деревини, а також має властивості швидкого відновлення насаджень – належить до швидкокорослих рослин, період зрілості яких обмежується 5–7 роками, вона легко пристосовується до будь-яких видів ґрунту та кліматичних умов. Саме тому евкаліптові дерева в

майбутньому можуть стати основним сировинним джерелом галузі [1].

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Провідні науковці світової целюлозно-паперової промисловості свої праці присвячували дослідженню питання використання евкаліпта як альтернативної сировини у виробництві паперу, а саме: португальські вчені використовували евкаліптову деревину як еталон для порівняння з іншими видами деревини, зокрема акації та тростини [2].

Бразильські вчені дослідили вплив фізико-хімічних властивостей целюлози з евкаліпта на властивості отриманого паперу із застосуванням багатокритеріального аналізу даних [3]. Також згодом ними було досліджено фактори, що впливають на якість целюлози з евкаліпта, встановлено, що видалення лігніну та екстрактивних речовин сприяє поліпшенню властивостей та посиленню міжфазових зв'язків волокон [4].

Провідні науковці у даній галузі дослідили процес формування властивостей целюлози для виробництва паперу залежно від породи евкаліпта та способу його обробки [5]. Проте, автори даних наукових праць не акцентували увагу на цільовому призначенні розробленого паперу, а надали лише загальні рекомендації щодо виробництва.

Науковці [6], які досліджували властивості евкаліптової целюлози, встановили, що папір з неї має підвищені показники непрозорості, м'якості та вбирної здатності. Ці властивості необхідні перш за все для виробництва вбирних видів паперу, а також деяких видів друкарського та спеціального паперу. Т. В. Соловйова [7] досліджувала вплив процесу розмелювання евкаліптової целюлози на властивості паперу. Проте недостатньо вивченим залишається питання використання евкаліптової целюлози у виготовленні паперу для виробів санітарно-гігієнічного призначення (ВСПП).

Враховуючи те, що на сьогодні в Україні відсутнє виробництво целюлози, а ціни на готову продукцію залежать переважно від вартості імпортованої сировини, актуальним є збільшення обсягів евкаліптової целюлози в паперовому виробництві, зокрема використання її у виробництві паперу для ВСГП та фільтрувального паперу.

Якість вбирного паперу зазвичай визначається і залежить від якості волокнистих напівфабрикатів – від виду целюлози, ступеня та умов їхнього розмелювання, параметрів технології, процесів виливання волокнистої суспензії і формування паперового полотна.

Варто зазначити, що недоліком ВСГП є низький рівень міцності паперу за незначної дії вологи та низька еластичність, що є небажаним для виробів такого типу, призначених для витирання і всмоктування рідин. Як тільки вони насичуються рідиною – стають непридатними для подальшого використання.

Тому важливим постало завдання створення паперового полотна з властивостями близькими до тканини або рушника, з високою вбирною здатністю структури і низької щільності, які зберігали б цілісність під впливом вологи і поводити себе подібно до губки. Це можливо досягти за рахунок вибору композицій на основі волокон целюлози з хвойної деревини та целюлози з деревини евкаліпта, способів розмелювання та відповідної підготовки целюлозних волокон для формування необхідних структури та властивостей паперу.

Таким чином, метою даної роботи є досягнення підвищеної вбирної (всмоктувальної) здатності та пухкості паперу за необхідного рівня механічної міцності.

Тобто, вбирний папір повинен мати комплекс властивостей, що характеризуються достатньою вбирною здатністю, м'якістю і пухкістю, а також відповідною механічною міцністю, необхідними для забезпечення технологічності його перероблення на вироби, товари тощо, умов їхнього використання та експлуатації. Крім того, вироби з

такого паперу повинні мати привабливий вигляд, тобто характеризуватись відповідним показником білості.

Виклад основного матеріалу.

Поставлене завдання вирішується шляхом вибору та встановлення співвідношення між волокнистими напівфабрикатами, а саме кількістю довговолокнистої фракції, що застосовується для створення структурного каркасу, і кількістю коротковолокнистої фракції з целюлози деревини евкаліпта, що використовується як наповнювач або зв'язувальна речовина.

Для забезпечення підвищених показників механічної міцності та вбирної здатності нами була використана сульфатна білена целюлоза з хвойної деревини і сульфатна білена целюлоза з деревини евкаліпта, виходячи з таких міркувань: волокна сульфатної целюлози більш гнучкі, в меншій мірі вкорочуються під час розмелювання, фібрилюючись при цьому, що сприяє отриманню зімкнутого паперового полотна. Поєднання довгих і міцних волокон целюлози з хвойної деревини в композиції з короткими і більш ширшими волокнами целюлози з деревини евкаліпта дає можливість підвищити вбирну здатність паперу та його механічну міцність.

Останнім часом широке застосування отримала сульфатна білена целюлоза з деревини евкаліпта.

Евкаліптова целюлоза – це порівняно новий волокнистий напівфабрикат з вмістом α -целюлози 82 % і білістю – 90 %. Проведені нами попередні дослідження показали, що використання в композиції паперової маси евкаліптової целюлози дозволяє підвищити пухкість, м'якість, пористість виготовленого паперу, а також забезпечити формування однорідної структури тонкого паперового полотна.

Результати дослідження та аналізу деяких морфологічних особливостей будови та характеристики евкаліптової целюлози у порівнянні з целюлозою з листяних порід деревини осики, берези та бука наведені в табл. 1 [6, 8].

Таблиця 1

ПОКАЗНИКИ ВОЛОКОН ЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ ЕВКАЛІПТОВОЇ, ОСИКОВОЇ, БЕРЕЗОВОЇ ТА БУКОВОЇ ДЕРЕВИНИ

Показник	Евкаліпт	Осика, береза	Бук
Довжина волокон, мм	0,890-0,917	0,780-0,800	0,900-0,910
Ширина волокон, мм	0,011-0,013	0,022-0,025	0,014-0,018
Відношення довжини волокон до ширини	81-71	35-32	64-51
Лінійна щільність волокна, мг/100м	4,6-5,6	8,0-8,2	12,5-12,8
Число волокон в 1 мг	16200-19200	7950-8200	6200-6400

Як свідчать наведені результати досліджень, волокна целюлози з осики за довжиною подібні до волокон целюлози з евкаліпта, однак вони мають вдвічі більшу ширину, а тому мають низьку гнучкість.

Волокна евкаліпта коротші від волокон осики, берези і бука і значно тонші від них, лінійна щільність волокна складає лише 60 % від показника

березових волокон і 40 % від букових, що свідчить: в 1 г евкаліптової целюлози вдвоє більше волокон ніж у березових і в тричі більше, ніж у целюлози з букових порід. Крім того волокна евкаліптової целюлози відрізняються більшою гнучкістю та пластичністю, що характеризується відношенням довжини волокна до його ширини.

Завдяки специфічній морфологічній структурі і будові волокон целюлоза з деревини евкаліпта володіє високою здатністю до формування однорідного паперового листа та досягненням відповідно високих показників міцності, пухкості і білості.

Це підтверджують результати проведених досліджень, згідно з якими целюлоза з евкаліптової деревини є винятково високоякісним волокнистим напівфабрикатом з оптимальним поєднанням технічних властивостей щодо застосування у виробництві високовбирних видів паперу з вмістом її використання до 42-48 % у волокнистій композиції цих видів паперу.

Основною метою розмелювання коротковолокнистої целюлози з деревини евкаліпта для виробництва паперу вбирних видів є підвищення пластичності волокон для розвитку і забезпечення йому міцнісних властивостей. Тому, розмелювання цих видів целюлози ми проводили за м'яких умов, тобто за незначних присадок поверхонь розмелювальної гарнітури.

Структура вбирного або фільтрувального матеріалу, а особливо невисокої маси 1 м^2 являє собою набір хаотично орієнтованих у просторі волокон целюлози, осі яких переважно розташовані паралельно площині формування паперового полотна з волокнистої водної суспензії на сітці папероробної машини. Міцність при цьому забезпечується лише безпосереднім зв'язком целюлозних волокон між собою. Тобто проблема підвищення механічної міцності тонких вбирних або фільтрувальних видів паперу є надто актуальною. Тому під час підготовки паперової

маси необхідно максимально зменшити вміст у ній дрібного волокна і слизу, що може утворюватися в процесі розмелювання волокнистих компонентів – сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини і сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта, які відрізняються своїми морфологічними особливостями, будовою та властивостями. Це може призвести до закриття пор, капілярів, проміжків між волокнами, що у свою чергу негативно впливає на такі показники паперу як: вбирна здатність (капілярне всмоктування), пухкість, м'якість, гнучкість, механічна міцність, білість, а також на рівномірність структури паперового полотна.

Кінцевий ступінь помелу обирався в залежності від властивостей целюлози та здатності зберегти всмоктувальні властивості під час розмелювання за відповідної маси площею 1 м^2 виготовленого з неї.

За роздільного розмелювання хвойну целюлозу розмелювали до більш високого ступеня помелу $29-36^\circ\text{ШР}$, в той час як целюлозу з евкаліпта до $17-23^\circ\text{ШР}$. Вміст евкаліптової целюлози і хвойної біленої сульфатної целюлози складають відповідно 42-48 і 52-58 мас, %.

Сульфатна целюлоза з деревини евкаліпта має міцність волокон нижчу від целюлози з хвойної деревини, оскільки її волокна є коротшими, а тому міцність в папері є також нижчою. Слід також зазначити, що в композиції евкаліптової целюлози знаходиться значна кількість коротких тонкостінних судин з великою кількістю пор і капілярів (рис.1).

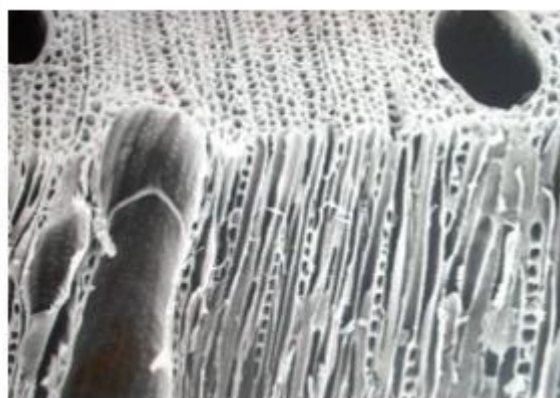
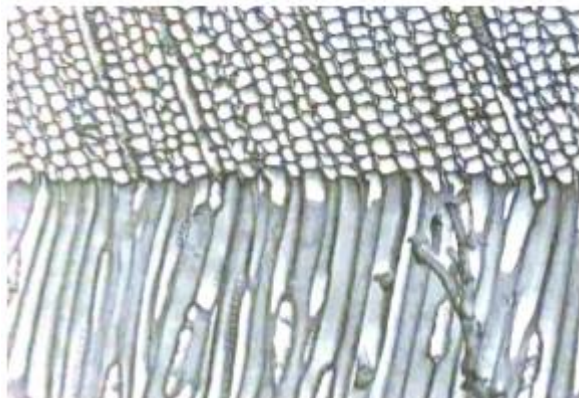


Рис.1. Макроструктура деревини евкаліпта [9]

А тому використання цієї целюлози повинне сприяти отриманню паперового полотна з підвищеною капілярною всмоктувальною здатністю, що є важливою споживчою та експлуатаційною властивістю даного паперу та виробів з нього за відповідних умов застосування.

Отримання паперу високої вбирної здатності за достатньо високого рівня механічної міцності досягається за умови використання ефективного співвідношення і поєднання коротких волокон целюлози з деревини евкаліпта з довшими целюлозними волокнами з хвойної деревини.

Процес отримання паперу включав такі стадії:

- розмелювання, підготовку і одержання двох видів паперової маси з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини і сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта;
- одержання композиції волокнистої паперової маси на основі суміші сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини і сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта за відповідного їхнього співвідношення;
- отримання волокнистої суспензії паперової маси на основі суміші одержаної композиції;

- виливання паперового полотна з цієї суспензії.

Зразки паперу виготовляли таким чином: сульфатну білену целюлозу з хвойної деревини розмелювали до ступеня помелу 29-36 °ШР, а сульфатну білену целюлозу з деревини евкаліпта – до ступеня помелу 17-23 °ШР. Розмелені волокна целюлози до різного ступеня помелу змішували між собою у воді, отримуючи композицію за різних співвідношень, мас. %.

Вибрані нами режими розмелювання целюлози з хвойної і евкаліптової деревини забезпечують такі умови, за яких волокна кожного з компонентів піддаються зовнішньому і внутрішньому фібрилюванню. Тобто появи на їхній поверхні тонких фібрил, які нагадують собою тонкі волосинки, що сприяють зростанню зовнішньої поверхні волокон і, як правило, числа точок дотику, створюючи позитивні умови для виникнення водневих зв'язків між волокнами під час формування паперового полотна.

Для дослідження було виготовлено зразки паперу за п'ятьма композиціями, які відрізнялися співвідношенням волокнистих компонентів та їх ступенем помелу:

зразок 1 виготовляли з паперової маси, що має композицію з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини, розмеленої до ступеня помелу 36 °ШР (фракція I) та целюлози з деревини евкаліпта, розмеленої до ступеня помелу 17 °ШР (фракція II) у співвідношенні, мас. %: 52:48.

Зразок 2 виготовляли з паперової маси, що має композицію з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини, розмеленої до ступеня помелу 34 °ШР (фракція I) та целюлози з деревини евкаліпта, розмеленої до ступеня помелу 19 °ШР (фракція II) у співвідношенні, мас. %: 54:46.

Зразок 3 виготовляли з паперової маси, що має композицію з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини, розмеленої до ступеня помелу 32 °ШР (фракція I) та целюлози з деревини евкаліпта, розмеленої до ступеня помелу 21 °ШР (фракція II) у співвідношенні, мас. %: 56:44.

Зразок 4 виготовляли з паперової маси, що має композицію з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини, розмеленої до ступеня помелу 29 °ШР (фракція I) та целюлози з деревини евкаліпта, розмеленої до ступеня помелу 23 °ШР (фракція II) у співвідношенні, мас. %: 58:42.

Зразок 5 виготовляли з паперової маси, що має композицію з сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини, розмеленої до ступеня помелу 29 °ШР (фракція I) та целюлози з деревини евкаліпта, розмеленої до ступеня помелу 23 °ШР (фракція II) у співвідношенні, мас. %: 60:40.

Для порівняння досягнутого рівня властивостей в отриманих зразках паперу було обрано зразок-аналог (зразок 6), а саме папір

санітарно-гігієнічного призначення. Паперову масу за аналогом отримували наступним чином: целюлозу сульфатну білену з хвойної деревини за масового співвідношення 50 % попередньо розмелювали до 20 °ШР з наступним домелюванням разом з сульфатною листяною целюлозою (ЦЛД) і сульфитною целюлозою з хвойної деревини (СФІ) за співвідношення 30 і 20 % відповідно до ступеня помелу 24 °ШР. Відомий папір отримують з використанням достатньо складного технологічного процесу підготування паперової маси та сумісним розмелюванням коротко- і довговолоконистих волокон целюлози до різного ступеня помелу за різних концентрацій з наступним домелюванням отриманої змішаної композиції, на нашу думку, призводить до утворення дріб'язку та слизу.

Отриманий за такою технологією папір має підвищену вбирну здатність, більшу товщину і щільність, а показники механічної міцності і пухкості його є невисокими, а організація такої підготовки паперової волокнистої маси ускладнює процес виготовлення паперу, а відповідно, зростає його собівартість.

А тому з метою зниження цих негативних впливів, нами запропоновано композицію на основі суміші сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини та сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта, їхнього співвідношення, а також запропоновано роздільне розмелювання сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини та окремо сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта, що дає змогу максимально зберегти довжину волокон, що є важливим для одержання макропористої структури та забезпечує високий рівень вбирної здатності, механічної міцності і пухкості, виготовленого з цих волокон паперу.

З отриманої паперової маси відомим способом (формування і висушування) виготовляли зразки паперу масою площі 1 м² 32 г, які випробували за показниками щільності, механічної міцності (руйнівне зусилля в машинному і поперечному напрямках), капілярного всмоктування та пухкості. Також у процесі досліджень контролювали показник білості, що обумовлює естетичні властивості готового паперу та виробів з нього.

Для досліджень застосовано стандартні методики, прийняті у целюлозно-паперовій промисловості. Механічну міцність паперу оцінювали за показником руйнівного зусилля, всмоктувальну здатність – за показником капілярного всмоктування в середньому за двома напрямками протягом 10 хв, пухкість визначали як величину обернену величині щільності паперу [10-14].

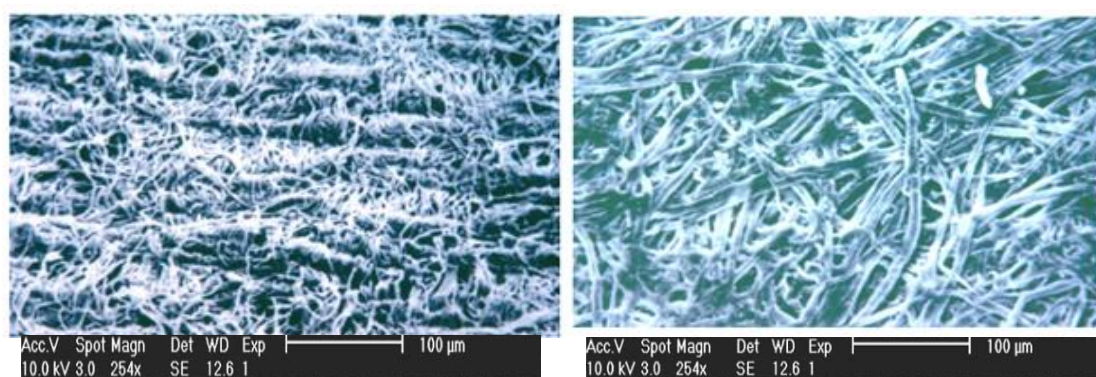
Результати проведених досліджень зразків паперу наведені у табл. 2.

ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗРОБЛЕНОГО ПАПЕРУ ТА АНАЛОГА

Зразки паперу	Волокниста композиція паперової маси, мас. %		Значення показників паперу						
	Сульфатна білена целюлоза з хвойної деревини (фракція I)	Сульфатна білена целюлоза з деревини евкаліпта (фракція II)	Маса 1 м ² , г	Щільність, г/см ³	Руйнівне зусилля, Н		Капілярне всмоктування в середньому з двох напрямків, мм	Пухкість, см ³ /г	Бількість, %
					У машинному напрямі	В поперечному напрямі			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	52	48	31,9	0,248	4,3	2,2	27	4,03	86
2	54	46	32,1	0,249	4,6	2,3	34	4,00	86
3	56	44	32,1	0,250	4,9	2,5	36	4,00	85
4	58	42	32,3	0,254	5,8	2,9	38	3,93	85
5	60	40	32,4	0,254	5,8	2,8	36	3,93	85
6 Аналог	50	30 % - ЦЛД; 20 % - СФІ;	32,4	0,337	3,9	1,8	24	2,96	84

Як свідчать результати виконаних досліджень, отримані зразки паперу, характеризуються високим рівнем показників механічної міцності від 4,3 до 5,8 Н, вбирної здатності (від 27 до 36 мм за двома напрямками), пухкості від 3,93 до 4,03 см³/г, що забезпечується, на наше переконання, оптимальним вибором волокнистої композиції з целюлозних волокон сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини та сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта, їхніх розмірів та умов розмелювання, що і сприяє утворенню необхідної макропористої структури виготовленого з них паперу. Тобто, отримана макропориста структура розробленого паперу забезпечує досягнення високої пухкості, що є непрямою характеристикою

важливих показників вбирних і фільтрувальних видів паперу, а саме: повітропроникності, всмоктувальної здатності, а наявність в композиції довгих волокон сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини дає змогу підвищити і забезпечити механічну міцність паперу на достатньо високому рівні. Тобто, введення целюлози з евкаліпта за невисокого ступеня помелу (без значного укорочення розмірів волокон) дозволяє отримати папір з рівномірною і зімкнутою структурою, підвищеними пористістю, пухкістю і вбирною здатністю і забезпечити на високому рівні його механічну міцність. Про це свідчить мікроструктура розробленого паперу (зразок 4) і аналога (зразок 6), що наведено на рис. 2.



а)

б)

Рис. 2. Макроструктура: а) - розробленого паперу (зразок 4); б) паперу-аналога (зразок 6)

Разом з тим, слід зазначити, що використання сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини понад 58 % не призводить до суттєвого покращення показників якості розробленого паперу, зумовлює зростання його собівартості, а, відповідно, є недоцільним.

Висновки. Папір, що виготовлений за аналогом, з використанням суміші сульфатної і сульфитної целюлози з хвойної та традиційної листяної деревини (берези, бука, осики) має нижчий рівень механічної міцності у порівнянні з розробленим папером, є більш жорстким, менш

еластичним, про що свідчить знижений рівень показників пухкості (м'якості) та всмоктувальної здатності, що є важливими для вбирних видів паперу і виробів з них.

Кращі результати досліджуваних характеристик розробленого паперу досягаються за невисокого вмісту волокон целюлози з хвойної деревини, які мають більшу вартість у порівнянні з целюлозою з евкаліпта, а відповідно, це сприятиме зниженню собівартості вбирного паперу з високим комплексом таких властивостей як капілярне всмоктування, механічна міцність, пухкість і білість.

Результати досліджень підтверджені патентом України на корисну модель [15].

Список літератури

1. Андрієвська Л. Евкаліптова целюлоза як альтернативна сировина у виробництві паперу/ Л. Андрієвська, Т. Глушкова, Л. Коптюх // Товари і ринки. – 2015. – № 1 (19). – С. 142-147.
2. S. Abrantes, Ofélia Anjos, A. Santos Alternative fiber sources to manufacture paper - A comparison with eucalyptus pulp. O Papel (Brazil) 68(7):4-9 · July 2007.
3. Fardim, P.; Durán, N. Retention of cellulose, xilan and lignin in Kraft pulping of Eucalyptus studies by multivariate data analysis: influences on physicochemical and mechanical properties of pulp. J. Braz. Chem. Soc. 15, pp. 514-522, (2004).
4. Fardim, P.; Durán, N. Effects of kraft pulping on the interfacial properties of Eucalyptus pulp fibres. J. Braz. Chem. Soc. 16, (2005).
5. COMPARATIVE STUDY OF LIPOPHILIC EXTRACTIVES OF
6. HARDWOODS AND CORRESPONDING ECF BLEACHED KRAFT
7. PULPS
5. Carmen S. R. Freire, Paula C. R. Pinto, Ana S. Santiago, Comparative study of lipophilic extractives of hardwoods and corresponding ECF bleached kraft pulps Bioresources 1(1):3-17 · July 2006.
6. Фролов М. В. Производство санитарно-бытовых видов бумаги / М. В. Фролов, В. А. Горбушин. — М. : Лесная пром-сть, 1977. — 248 с.

7. Соловьева Т. В. Исследование размола сульфатной бленой целлюлозы из эвкалипта / Т. В. Соловьева, А. Н. Кашин // Тр. Белорусского гос. технол. ун-та. — 2008. — № 4. — С. 270—274. — Серия: "Химия, технология органических веществ и биотехнология".

8. Иванов С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов // 2-ое изд. переработ. — М.: Лесная промышленность, 1970. — 696 с.

9. Papermaking Properties of Eucalyptus Trees, Woods, and Pulp Fibers
<http://www.eucalyptus.com.br/>

10. ДСТУ 2297–93. Напівфабрикати волокнисті, папір та картон. Метод визначення маси продукції площею 1 м². — [Чинний від 1996—01—01]. — К. : Держспоживстандарт України, 1996. — 19 с.

11. ДСТУ 2334–94. Папір та картон. Визначення міцності під час розтягування. Частина 1. Метод навантажування з постійною швидкістю — [Чинний від 1998—01—01]. — К. : Держспоживстандарт України, 1997. — 10 с.

12. ГОСТ 12602–93. Бумага и картон. Определение капиллярной впитываемости. Метод Клемма. — Введ. 1995—01—01 — Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации — 7 с.

13. ДСТУ ISO 2470:2005. Папір, картон і целюлоза. Вимірювання коефіцієнта дифузного відбиття в синьому світлі (білість за ISO). — [Чинний від 01—07—2006]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — 12 с.

14. ДСТУ EN 20534:2005. Папір і картон. Визначення товщини і уявної щільності одиничного аркуша та в стосі (EN 20534:1993, IDT). — [Чинний від 2006—07—01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — 12 с.

15. Коптюх Л.А., Андрієвська Л.В., Глушкова Т.Г., Осика В.А., Мережко Н.В., Мостика К.В. Патент України на корисну модель 132626. Папір вбирний санітарно-гігієнічного призначення з розмелених волокон сульфатної біленої целюлози з хвойної деревини і сульфатної біленої целюлози з деревини евкаліпта, опубліковано 11.03.2019, бюл. № 5/2019.

УДК 620.631.2

Гнатєва Х.В.

Магістрант гр. ТЕ – 18-1

Назаренко О.М

Науковий керівник – к.т.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА .

Анотація. Цілю даної роботи є розрахунок тепловтрат ферми, а також визначити потужність системи опалення і природної вентиляції ферми й витрати палива на теплопостачання.

Ключові слова: теплопостачання, біогазова установка, гібридна система опалення, повітрообмін, коефіцієнт теплопередачі, тепловий потік, кількість теплоти.

Коли ми говоримо про види енергії та системи опалення, існує дуже багато можливостей, і

зробити вибір на користь тієї чи іншої системи опалення зовсім нелегко. Напевно відомо лише те,