



УДК 676.22.06

**ПІДВИЩЕННЯ НЕПРОЗОРОСТІ ПАПЕРУ
ДЛЯ ДРУКУ ЗІ ЗНИЖЕНОЮ МАСОЮ 1 м²**

© Л. А. Коптюх, д.т.н., В. Н. Легкий, інженер, УкрНДІП,
Т. Г. Глушкова, к.т.н., КНТЕУ, Київ, Україна

**Исследованы свойства волокнистого материала
для производства печатной бумаги с повышенной
непрозрачностью и сниженной массой.**

**Properties are explored of fibred material for production
of printing paper with the promoted opacity and lowered mass.**

Постановка проблеми

Приведені результати досліджень стосуються розроблення технології виготовлення паперу зі зниженою масою 1 м² для виготовлення поліграфічної продукції у тому числі для друкування шкільних підручників і є продовженням досліджень, направлених на створення технологій і процесів його виробництва [1, 2].

Як відомо, чинний на території країн колишнього СРСР, у тому числі і на території України, стандарт ГОСТ 9094-89 «Бумага для печати офсетная. Технические условия» регламентує виготовлення паперу для друку масою площі 1 м² 60, 80, 100 г і вище.

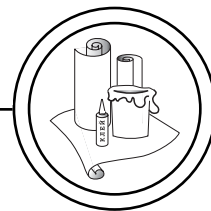
Аналіз попередніх досліджень

Аналіз реальної ситуації щодо власного виробництва і споживання паперу для друкування книжково-журнальної літератури, шкільних підручників, енциклопедичних і бібліографічних видань, іншої поліграфічної продукції, а саме: відсутність в країні власного виробництва волокнистих напівфабрикатів (целюлози, деревної маси), сучасного папероробного і технологічного обладнання, дефіцит інвестицій в роз-

виток паперової галузі показує не-доцільність виробництва в Україні паперу для друку згідно з згаданим ГОСТ 9094-89, який не може бути конкурентоспроможним з аналогічною продукцією Росії, Фінляндії — країн з високорозвиненою целюлозно-паперовою галуззю.

Реальний стан паперової галузі вказує на доцільність виробництва спеціальних видів паперу, яким, на нашу думку, може бути папір для друку, у т.ч. офсетного, що має знижену масу паперу площею 1 м² 48 г з високим рівнем структурно-механічних і друкарських властивостей.

Застосування такого паперу дає змогу знизити питомі витрати його на одиницю друкованої продукції з одночасним зниженням її маси (наприклад, підручників, енциклопедичних словників з великою кількістю сторінок тощо) і витрат, пов'язаних з її транспортуванням і зберіганням (потрібно менше транспорту для перевезення і менші площі сховищ бібліотек, архівів тощо). Якщо папір масою площі 1 м² 48 г характеризується необхідним комплексом властивостей, що відповідають якості паперу з масою площі 1 м² 80 або 100 г, то це свідчить, що в одиниці маси погонних або квадратних метрів буде більше, тобто можна



надрукувати продукції відповідно більше в 1,65 або 2,0 рази.

Відповідно до вимог ДСанПіН 5.5.6.084-02 «Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей» папір для книжкової продукції, у т.ч. шкільних підручників, повинен мати матову поверхню, білість 70—88 %, непрозорість не менш 90 %, високу механічну міцність, що забезпечує технологічність його перероблення на сучасному швидкісному поліграфічному устаткуванні і тривалий термін експлуатації продукції на його основі (наприклад, книги, словники тощо).

Тому папір для друку повинен мати певні друкарські властивості, що характеризуються комплексом показників, які забезпечують високу якість поліграфічної продукції. Незалежно від способу друку на друкарські властивості паперу впливають його однорідність, здатність сприймати фарбу, білість, гладкість і площинність, лиск, мікрогеометрія, стійкість поверхні до вищипування. До числа факторів, що визначають якість друку, належать також ступінь контрастності між задрукованими і незадрукованими ділянками, чіткість друку, його просвічуваність тощо.

Для паперу, що використовується для друку, важливою його властивістю є непрозорість, яка забезпечує можливість використання для друку обох боків паперового аркуша без побоювання, що текст, який надруковано на одному боці аркуша, просвічуватиме на протилежний і ускладнить читання. Особливо це є важливим для паперу зниженої товщини і маси паперу площею 1 м².

Для поліпшення друкарських властивостей паперу до його композиції вводять мінеральні наповнювачі: каолін, крейду, двоокис тита-

ну. Досягнення високого ступеня непрозорості безпосередньо залежить від кількості введеного в композицію паперу наповнювача. Для забезпечення непрозорості на рівні 90 %, як показали наші дослідження [1, 2], необхідно ввести в композицію паперу зі зниженою масою площею 1 м² не менше 16 % каоліну. Разом з тим, вміст наповнювача у папері не може бути безмежним, тобто існує межа, до якої можлива заміна целюлозного волокна як компонента структурно- і паперотворних властивостей паперу, наповнювачем. Введення наповнювача вище такої межі призведе до втрати механічної міцності, ступеня проклеювання, жорсткості, підвищення пилимості під час перероблення паперу на каландрах і перемотування, до підвищення пористості і, як наслідок, до надмірного поглинання фарби під час друкування і помутніння офсетного друку.

Цей вплив можна пояснити розглядаючи механізм структуроутворення і зчеплення розмелених целюлозних волокон в паперовому полотні за допомогою водневих зв'язків за умови відсутності наповнювачів і зв'язувальних допоміжних речовин.

Молекула природної целюлози складається з глюкозних залишків, кожний з яких має три гідроксильні групи біля 2-го, 3-го і 6-го атомів вуглецю, і які, власне, визначають гідрофільний характер целюлози, тобто задовільне змочування і її набухання.

Формування паперового полотна відбувається з водної суспензії целюлозних волокон, на поверхні яких активні гідроксильні групи сольватовані молекулами води, які можна позначити у вигляді диполів \oplus — \ominus . За відповідних умов зближення між собою таких воло-



кон під великим тиском між активними групами на поверхні сусідніх молекул можуть створюватись через диполі різні мостикові зв'язки: міжмолекулярні сили Ван дер Ваальса і водневі зв'язки. Тобто водневий зв'язок виникає у атома водню, що знаходиться між двома електронегативними атомами, наприклад, двома кисневими атомами [3]. У випадку зволоження водою деякі водневі зв'язки між гідроксильними групами целюлози розриваються і створюються нові водневі зв'язки з молекулами води. Коли целюлоза висушена, молекули води, які створюють водневі зв'язки з гідроксильними групами целюлози, значною мірою видаляються і водневий зв'язок між гідроксилами відновлюється.

Аналогічний процес створення зв'язків між волокнами відбувається за відповідних умов виготовлення паперу або картону, а саме послідовно на стадіях пресування і

сушіння. Якщо висушити вологий лист паперу, то між молекулами двох волокон целюлози за наявності між ними необхідного контакту та відстані між ними 0,24—0,27 мм під дією сил поверхневого натягу води створюються водневі зв'язки.

Наявність водневих зв'язків у папері, можливість їх розривання і повторного створення є, очевидно, одним з головних факторів, які визначають такі властивості паперу як механічна міцність, вбирна здатність, гігроскопічність, рівномірність структури тощо.

Схематично водневий зв'язок у папері може бути поданий у такому вигляді на рисунку [4].

Часточки наповнювача розривають контакти і зв'язки між окремими волокнами, розміщуючись між ними і знижуючи тим самим кількість центрів і площу контактів, послаблюючи зв'язок між гідроксильними групами на поверхні розмелених і укорочених волокон целюлози та силу зчеплення між ними під час зневоднювання суспензії паперової маси на сітковому столі, пресування і сушіння на циліндрах папероробної машини.

Зниження кількості точок зіткнення, площі контакту і, відповідно, зв'язку між гідроксильними групами целюлозних волокон призводить до зниження механічної міцності і підвищення пористості структури паперового полотна.

Тому виробництво паперу для друку зниженої маси площі 1 м² і товщини потребує вирішення питань щодо зниження негативного впливу мінерального наповнювача на його характеристики міцності та забезпечення йому необхідного рівня непрозорості і білості. Білість — це властивість паперу, яка виражає ступінь приближення його білості у відсотках до білості по-

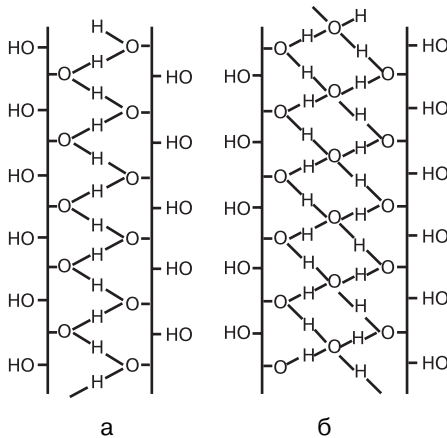
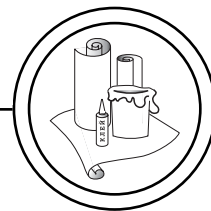


Схема мостикових зв'язків між паралельними целюлозними ланцюгами: а — паралельні целюлозні ланцюги, з'єднані боковим зв'язком через водневі мостики в сухих волокнах; б — паралельні целюлозні ланцюги, з'єднані молекулами води через водневі мостики у вологому волокні



верхні матеріалу, що прийнята за ідеальну (пластинки із сульфату барію чи окису магнію) за однакових умов освітлення та спостереження, і визначається коефіцієнтом відбивання. Непрозорість паперу характеризує нездатність його пропускати відкрите світло паралельними променями без розсіювання.

Наповнювачі підвищують білість і непрозорість паперу, головним чином, за рахунок збільшення коефіцієнта світлорозсіювання, який тим вище, чим більше коефіцієнт його світлозаломлення і чим ближче розмір його часток до оптимального (0,3—0,4 мкм) [5]. Ці вимоги найбільше задовольняє двоокис титану, однак широке застосування його обмежує висока вартість і дефіцитність.

Зниження маси 1 м² паперу призводить до різкого зниження його непрозорості. Теоретичні розрахунки, проведені російськими науковцями на основі залежності Гуревича-Кубелки-Мунка, показують, що досягти непрозорості 95 % для типографського паперу масою 40—50 г/м², застосовуючи як наповнювач звичайний каолін, практично неможливо. Для цього треба було б збільшити зольність до 55—60 % для паперу масою 40 г/м² і до 40 % для паперу масою 50 г/м² [5].

Відомий процес виготовлення офсетного паперу [5], з використанням листяної і хвойної біленої целюлози. Короткі волокна березової й осикової біленої целюлози сприяють створенню необхідних друкарських властивостей паперу. Як наповнювач використовують каолін. Папір, отриманий із застосуванням цього процесу, має масу площею 1 м² 65—200 г та невисоку щільність 0,63—0,67 г/см³, що дає змогу підвищити показник непрозорості аркуша. Однак при цьому

відомий папір має високу масу 1 м², а саме цей показник визначає масу підручника, що має фіксовану кількість сторінок.

Російськими науковцями розроблено спосіб виробництва проклеєного паперу (патент № 2107121 РФ на винахід, D 21 H 21/16, опубл. 20.03.98.), що включає приготування суспензії на основі лігноцелюлозного волокна, введення традиційного проклеювального агента і цеоліту з наступним зневоднюванням, яке здійснюють у присутності цеоліту з гідрофобністю, що характеризується вмістом залишкового бутанолу менше 0,5 %. Сферою застосування зазначеного винаходу є виробництво пакувального паперу, переважно для упакування харчових продуктів. Найбільшого ефекту досягають при використанні цеоліту типу пентасила, який одержують шляхом активації за температури 300 °С і оброблення сумішшю бутанолу і води з метою надання йому гідрофобності. Внесення цеоліту здійснюють перед введенням традиційної проклеювальної речовини. Цеоліт відповідно до зазначеного винаходу має гідрофобні властивості і застосовується у виробництві паперу як проклеювальна речовина. Зазначений процес виробництва хоч і дозволяє одержати папір з достатніми показниками міцності, однак показник непрозорості його буде невисоким. До того ж, папір виготовляють з лігноцелюлозного волокна — деревної маси або макулатури, що можливо при виготовленні пакувального паперу, але неприпустимо для виготовлення паперу для друку високої якості. Зазначений процес виробництва паперу не може бути використаним для виготовлення паперу для



друку зниженої маси 1 м², ні за призначенням, ні за волокнистою композицією.

Відома також технологія [7], згідно з якою типографський папір виготовляють з використанням у композиції розмеленої сульфатної біленої хвойної целюлози — 30 % і розмеленої сульфатної біленої листяної целюлози — 70 %. Як наповнювач використовують суміш каоліну — 95 % і двоокису титану — 5 % за сумарної витрати наповнювача 40 % від маси волокна. Відомий процес виготовлення передбачає спільне введення наповнювача і зв'язуючих. Як зв'язуючі використовують, зокрема, латекс синтетичного каучуку БСК-65/3 і поліакриламід. Введення такого роду зв'язуючих ускладнює технологічний процес, оскільки латекс схильний до коагуляції. Використання ж як наповнювача двоокису титану здорожує процес. До того ж, на нашу думку, підвищений вміст наповнювача призводить до збільшення різнобічності паперу. Це означає, що верхня сторона паперу суцільно покрита нефлокульованим наповнювачем, навіть найбільші і найгрубіші волокна на поверхні листа і сіткової сторони волокна більш відкриті, хоча на їхній поверхні в значній кількості утримується наповнювач. Різнобічність паперу призводить до зниження його друкарських властивостей і якості поліграфічної продукції. Результатами попередніх наукових досліджень та аналізу літературних джерел щодо розроблення технології, процесів і організації серійного виробництва паперу зниженої товщини і маси 1 м², високої механічної міцності, якими є папір конденсаторний або жиронепроникний і вологостійкий для пакування харчових продуктів, було по-

казано, що при формуванні паперового полотна досягнення зімкнутої його структури і необхідних фізико-механічних властивостей значною мірою визначається якістю паперової маси: розмірами, ступенем розмелювання, фібрилювання та пластичності целюлозних волокон [8].

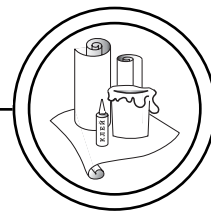
Мета роботи

В основу подальших досліджень, які проводяться в УкрНДІ паперу, поставлено завдання визначити таке співвідношення в паперовій масі між волокнами целюлози, розмелених до різної довжини, і наповнювачем такої фракції за розміром часток, які дали б змогу підвищити непрозорість паперу зі зниженою масою 1 м² із збереженням необхідного рівня його міцнісних властивостей.

Результати проведених досліджень

Поставлене завдання вирішується тим, що в технології виготовлення паперу для друку зниженої маси 1 м², яка включає одержання паперової маси з біленої сульфатної целюлози, введення у волокнисту суспензію проклеювальної речовини і наповнювача, відливання і сушіння, розмелювання проводили з одержанням довговолокнистої фракції з довжиною волокна 1100—1200 мкм і коротковолокнистої фракції з довжиною волокна 800—900 мкм. Отримані фракції волокон змішували у різних співвідношеннях, мас %.

Як наповнювач використовували цеоліт з масовою часткою фракції 8 мкм 88—92 %, а процес виготовлення паперу проводили таким чином, що масова частка цеоліту в зразках паперу складала 3,3—12,0 %.



У процесі виготовлення паперу використовували цеоліт Сокірницького родовища (Закарпатська обл., Україна) — природний мінерал (туф) вулканогенноосадового походження кліноптилолітового типу класу мікропористих каркасних алюмосилікатів з вмістом SiO_2 і Al_2O_3 відповідно 71,5 і 13,2 % загальної кристалохімічної формули: $(\text{Na},\text{K})_4\text{CaAl}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72} \times 24\text{H}_2\text{O}$.

Межі зміни співвідношень Si/Al складають 4,25—5,25. За даними українських вчених [9] кліноптилоліт Сокірницького родовища для часток з діаметром 1,5 мм характеризується високою міжзернистою пористістю (52—62 %) та зовнішньою поверхнею (18 м²/г) порівняно з кварцевим піском відповідно (38—42 %) і (0,12 м²/г). Структура цеоліту характеризується наявністю мікропор, тому, на нашу думку, його поверхня є доступною для зв'язування з целюлозним волокном, що повинне сприяти утворенню досить сильного з'єднання (зв'язків) з волокном целюлози волокнистої суспензії під час формування паперового полотна.

Для виконання досліджень використовували сульфатну білену деревну целюлозу з хвойної і листяної деревини, яку розмелювали в млинах безперервної дії до досягнення довжини волокон 1100—1200 мкм (I частина). Аналогічним способом розмелювали другу частину целюлози до досягнення довжини волокон 800—900 мкм. З отриманої волокнистої маси I і II частин складали волокнисту композицію в різних співвідношеннях, вводили до неї проклеювальний склад з каніфольного клею — 1,5 мас. %, крохмалю — 2 мас. %, глинозему — 6 мас. %. Як наповнювач використовували цеоліт фракції з розміром часток 8 мкм. В таблиці 2

наведені результати випробування зразків паперу, які виготовлені з волокнистої маси, що складається із суміші волокон I (1100—1200 мкм) і II (800—900 мкм) частин у співвідношенні 60:40 мас. % і вмістом каоліну у композиції від 3,2 до 16,9 % за всіх інших рівних умов (варіанти 8—14).

З приготовленої паперової маси формували відомим способом паперове полотно, яке висушували і піддавали каландруванню.

В отриманих зразках паперу, що відрізнялися співвідношенням волокон I і II частин і вмістом наповнювача визначали масу паперу площею 1 м², білість, непрозорість, руйнівне зусилля за нормативно-технічною документацією, що прийнята в целюлозно-паперовій галузі. Зразки паперу за варіантом 7 виготовляли згідно згаданого вище способу виготовлення [7]. Проводили роздільне розмелювання сульфатної біленої хвойної целюлози і сульфатної біленої листяної целюлози. Розмелену целюлозу змішували у співвідношенні, мас. %: розмелена сульфатна білена хвойна целюлоза 30, розмелена сульфатна білена листяна целюлоза 70. У розмелену масу водили проклеювальну речовину і наповнювач. Як наповнювач використовували суміш каоліну — 95 % і двоокису титану — 5 % за сумарної витрати наповнювача 40 % від маси волокна.

Результати випробування зразків паперу, одержаних за розробленою та відомою технологіями (варіанти 1—7) наведені в таблиці 1.

Як видно з результатів досліджень, непрозорість паперу на рівні 90 % досягається за вмісту цеоліту у папері 6,3 % (табл. 1, варіант 4), при цьому зберігаються на високому рівні білість (76,6 %) і механічна міцність паперу (41 Н). У виготов-



Таблиця 1

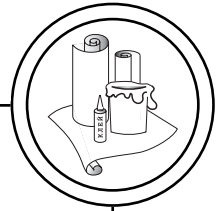
Результати випробування зразків паперу з цеолітом різних варіантів

Найменування показника	Значення показника за варіантами						
	1	2	3	4	5	6	7
Співвідношення довго- і коротковолокнистої фракції, %	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	30:70
Масова частка цеоліту в композиції паперу, %	0,3	3,3	5,1	6,3	7,1	12,0	—
Масова частка наповнювача (суміш каоліну і TiO_2) в композиції паперу, %	—	—	—	—	—	—	18,9
Маса паперу площею 1 м ² , г	48,3	48,2	48,1	48,2	48,3	48,2	51,2
Білість, %	79,8	78,9	77,4	76,6	75,8	74,6	86,6
Непрозорість, %	80,6	84,8	86,9	90,4	92,6	95,8	92,8
Руйнівне зусилля, Н	45	44	42	41	38	34	21

Таблиця 2

Результати випробування зразків паперу з каоліном різних варіантів

Найменування показника	Значення показника за варіантами						
	8	9	10	11	12	13	14
Масова частка каоліну в композиції паперу, %	0	3,2	5,4	6,3	9,1	12,9	16,9
Маса паперу площею 1 м ² , г	48,3	48,4	48,4	48,2	48,2	48,4	48,4
Білість, %	79,8	79,8	80,3	81,9	82,4	84,4	84,9
Непрозорість, %	80,6	82,4	83,5	84,2	86,1	88,3	90,2
Руйнівне зусилля, Н	45	43	38	35	34	31	24



леному відповідно з варіантом 7 папері непрозорість 92,8 % досягається за масової частки наповнювача в ньому 18,9 %. З використанням каоліну як наповнювача, що має широке застосування у виробництві паперу, необхідний рівень непрозорості 90,2 % досягається за вмісту каоліну в паперовому полотні 16,9 % (табл. 2, варіант 14). Однак високий вміст наповнювача негативно впливає на механічну міцність, знижуючи її до низького рівня 21 і 24 Н відповідно для варіантів 7 і 14, що не дозволяє використовувати такий папір для виготовлення шкільних підручників, знижуючи термін їх використання, продуктивність поліграфічного устаткування та технологічність його перероблення під час виготовлення друкованої продукції.

Результати досліджень показали також, що застосування в запропонованій технології волокнистої композиції паперової маси на основі довго- і коротковолокнистої фракцій волокон у співвідношенні 60:40 сприяє отриманню зімкнутої і щільної структури паперу, яка забезпечує високий рівень показників механічної міцності і непрозорості та рівномірність і стабільність цих характеристик за шириною паперового полотна.

Ефективність застосування цеоліту, що полягає в підвищенні непрозорості паперу для друку, можна пояснити високими дисперсністю та зовнішньою поверхнею його зерен (часток), що сприяє утворенню з целюлозним волокном щільної непрозорої структури паперового полотна.

Папір, що виготовлено з цеолітом, незважаючи на те, що має знижені масу 1 м² і товщину, характеризується також високим рівнем показників механічної міцності, непрозорості, білості, який задовольняє вимогам зазначеного вище ДСанПіН для виготовлення книжкової продукції, у т.ч. шкільних підручників, не поступаючись паперу з більш високою масою площі 1 м².

Таким чином, результатами досліджень показано практичну можливість застосування цеоліта в композиції паперу для друку з метою підвищення його непрозорості зі збереженням необхідного рівня механічної міцності завдяки незначній витраті наповнювача, також заміни високо вартісного і дефіцитного двоокису титану більш дешевим наповнювачем із забезпеченням необхідного рівня оптичних властивостей паперу зниженої маси 1 м².

1. Коптюх Л. А. Створення конкурентоспроможного паперу для друку зниженої товщини і поверхневої щільності // Бумага. Картон. Канцтовари. — 2002. — № 1. — С. 23—24.
2. Коптюх Л. А. Конкурентоспособная бумага для печати пониженной толщины и поверхностной плотности // Мир бумаги. — 2003. — № 2. — С. 18—19.
3. Флорес О. Л., Робертсон А. А., Мэзон С. Г. Гидродинамическое поведение волокон, применяемых при выработке бумаги. В кн. «Основные представления о волокнах, применяемых в бумажной промышленности» — М.: Гослесбумиздат. — 1962. — С. 458—493.
4. Фляте Д. М. Свойства бумаги. Изд-е 3-е переработанное и дополненное. — М: Лесная промышленность. — 1986. — 680 с.
5. Товстошкурова Д. У., Данилова Д. А., Иванов В. А., Лапин В. В., Норибис М. А., Листратенко В. Н. Опыт производства типографской бумаги пониженной массы 1 м² // Бумажная



промышленность. — 1978. — № 3. — С. 6, 7. 6. Попов Н. И., Сергеев Е. Ю. Каме-
ногорка + — новая бумага // Мир бумаги. — 2001. — № 3. — С. 38—40. 7. Ершов
А. В., Хойещян Е. А. Снижение массы 1 м² типографской бумаги // Бумажная про-
мышленность. — 1981. — № 2. — С. 3—4. 8. Коптюх Л. А. Нові технології і проце-
си створення пакувального паперу і фільтрувального картону для харчової про-
мисловості... Дис. на здоб. наук. ступ. докт.техн.наук. — К.: 1998. — 457 с. 9. Ру-
денко Г. Г., Кравченко В. А., Кулишенко А. Е., Тарасевич Ю. И., Кравченко И. Д.
Свойства закарпатского клиноптилолита как фильтрующего материала для
очистки питьевой воды // Химия и технология воды. — 1998. — Т. 10. — № 2. — С.
115—119.

Надійшла до редакції 06.11.06