

УДК 676.24

МЕРЕЖКО Ніна,*д. т. н., професор, завідувач кафедри товарознавства та митної справи
Київського національного торговельно-економічного університету***ОСАУЛЕНКО Ксенія,***аспірант кафедри товарознавства та митної справи
Київського національного торговельно-економічного університету*

МОДИФІКУВАННЯ ПАПЕРУ НА ОСНОВІ НЕБІЛЕНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ СИЛОКСАНАМИ

Досліджено склад і реакційну здатність паперу на основі небіленої целюлози щодо кремнійорганічних сполук з функціональними групами типу Si–OMe та Si–OH біля атома силіціюма. Оцінено ступінь участі основних складових целюлози в процесах взаємодії із силосаном і можливість керованої зміни структури паперу та його адсорбційної здатності до води в різних агрегатних станах.

Ключові слова: целюлоза, папір, кремнійорганічні сполуки, покриття, силосани, структура, пористість, густина, адсорбційна здатність, змочуваність водою.

Мережко Н., Осауленко К. Модифицирование бумаги на основе небеленой целлюлозы силосанами. Исследован состав и реакционная способность небеленой целлюлозы по отношению к кремнийорганическим соединениям с функциональными группами типа Si–OMe и Si–OH возле атома кремния. Оценена степень участия основных составляющих целлюлозы в процессах взаимодействия с силосаном и возможность управления изменениями структуры бумаги и ее адсорбционной способности к воде в разных агрегатных состояниях.

Ключевые слова: целлюлоза, бумага, кремнийорганические соединения, покрытия, силосаны, структура, пористость, плотность, адсорбционная способность, смачивание водой.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку композиційних матеріалів передбачають суттєве збільшення частки використання композитів на основі рослинних полімерів, зокрема целюлози, в різних галузях промисловості. Це зумовлено наявністю в цих матеріалах низки цінних властивостей і насамперед екологічної безпечності.

Папір – це тонкошаровий матеріал, який складається переважно із попередньо розмелених рослинних або синтетичних волокон, що хаотично переплетені між собою і зв'язані водневими зв'язками та проклеювальною речовиною [1]. Низька стійкість паперу до вологи зумовлена особливостями складу його основного інгредієнта – целюлози, а саме – наявністю в складі її макромолекули значної кількості гідроксильних груп, здатних до взаємодії з деструкційними агентами та незначною гідролітичною стійкістю водневих зв'язків. Сприяє розвитку зазначених процесів і значна пористість целюлозовмісної матриці.

© Мережко Ніна, Осауленко Ксенія, 2018

Папір є пористокапілярним матеріалом – за такої умови розрізняють макро- й мікропористість. Макропори – це переважно порожнини між волокнами, які заповнені повітрям і вологою. Мікропори, або капіляри, – дуже дрібні порожнини невизначеної форми, які пронизують покривний шар паперу, а також пори, що утворилися між частинками наповнювача або між ними та поверхнею целюлозних волокон. Загальний об'єм пор в папері, отриманому без спеціального ущільнення, приміром газетного, досягає 60 % і більше, а середній їх радіус становить 0.16–0.18 мкм [2; 3].

Окрім хімічної стійкості, пористість впливає і на механічну міцність (міцність на розрив), яка визначається довжиною та якістю зв'язку волокон всередині паперового волокна. Зазвичай з метою її підвищення застосовується поверхневе проклеювання, а для спеціальних видів паперу – його пігментування та крейдування. У першому випадку передбачається нанесення на поверхню тонкого шару проклеювальних речовин (маса покриття до 6 г/м²), що попереджає його руйнування в процесі переробки та зменшує деформацію під час зволоження.

Пігментування та крейдування паперу відрізняються лише масою складу, що наноситься. Допускається, що вона для покривельного шару в пігментованому папері не перевищує 14 г/м², а в крейдованому досягає 40 г/м². Крейдований шар забезпечує високий ступінь білості та гладкості. Крейдований папір відноситься до мікропористого, або капілярного. Пористість становить всього 30 %, а розмір пор не перевищує 0.03 мкм [4].

Макропористий папір (зокрема, газетний) складається цілком із деревної маси. Він містить чисту целюлозу й додатково крейдується. Некрейдований папір на такій самій основі має розміри пор дещо більші, але відноситься до мікропористих. Усі інші за рівнем поруваної структури займають проміжне положення.

Наявність таких відмінностей у структурі й композиції паперу потребує всебічного, обґрунтованого підходу за реалізації заходів щодо підвищення його механічної міцності. Це стосується насамперед хімічних препаратів для обробки поверхні паперу. Відома ціла лінійка таких речовин різного складу та функціонального спрямування [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми захисту та розробки нових видів паперу цікавлять багатьох учених. Заслужують уваги дослідження Л. А. Коптюха, В. А. Осики щодо використання проклеювальних складів на основі поліамідної смоли, модифікованої епіхлоргідрином [5] і полівініловим спиртом, поліамідепіхлоргідринової смоли та карбаміду [5; 6], а також кремнійорганічних сполук [7] для надання водонепроникності паперовим пакувальним матеріалам.

Обмеженість сфер застосування зазначених препаратів зумовлюється незначною стійкістю до механічних впливів (натисків, перегинів) та складністю і затратністю процесу їх виробництва. Такі методи не можуть реалізовуватися для захисту паперу як наповнювача

в складі композиційних матеріалів конструкційного призначення. Саме тому значної уваги заслуговує використання кремнійорганічних продуктів різного ступеня реакційної здатності в складі тонкошарових покриттів, здатних забезпечити широкий спектр захисної дії від впливу атмосферних і експлуатаційних факторів при стабільному рівні механічних властивостей. Для вирішення цього завдання потрібні детальні дослідження особливостей процесів взаємодії паперу з кремнійорганічними сполуками в складі захисних тонкошарових покриттів. Основне їхнє завдання полягає в блокуванні гідроксильних груп у складі целюлози та забезпечення міцного хімічного зв'язку між силосанами й поверхнею паперу.

Мета роботи – дослідити склад і реакційну здатність паперу на основі небіленої целюлози до кремнійорганічних сполук з функціональними групами типу Si-OMe та Si-OH біля атома силіцію та можливість регулювання структури й експлуатаційних властивостей шляхом модифікування його поверхні.

Матеріали та методи. Об'єктами дослідження слугували небілена целюлоза типу TECHNOCEL марок 200-1 та 2500, які відрізняються вмістом фракцій менше 32 мкм. Окрім того, в складі останньої допускається наявність волокна більше 200 та 800 мкм [2].

Як об'єкт для порівняння обрано намотувальний папір (ГОСТ 1931–80), що містить 100 мас. % небіленої сульфатної целюлози товщиною 70 ± 3 мкм.

ІЧ-спектральний аналіз досліджуваних матеріалів після компактування зі спектрально чистим КВг здійснено на спектрометрі Specord – JR 75 [8].

Параметри структури паперу (пористість, істинна й геометрична (об'ємна) густина) та його адсорбційні властивості щодо води в різних агрегатних станах (водо- й вологопоглинання), а також змочуваність поверхні водою (крайовий кут змочування, град.) оцінено із застосуванням спеціальних методик [9].

Результати дослідження. Основним інгредієнтом паперу є целюлоза, склад якої визначається вмістом в її макромолекулі значної кількості реакційноздатних гідроксильних груп. Проте під час виробництва паперу останні можуть отримати різноманітні трансформації. Саме тому з використанням чутливих методів ІЧ-спектроскопії проведено порівняльний аналіз небіленої целюлози та паперу на її основі.

На прикладі целюлози типу TECHNOCEL марок 200-1 і 2500 та паперу встановлено, що їхні ІЧ-спектри мають значні відмінності щодо складу й структури характеристичних смуг поглинання (*рис. 1*).

Зазначені види целюлози відрізняються гранулометричним складом. Для марки 200-1 при кількості фракцій >32 мкм менше 90 мас. % допускається наявність волокон розміром >90 мкм менше 50 мас. % і більше 200 мкм < 3 мас. %. В іншому випадку при збільшенні вмісту фракцій < 32 мкм до 95 мас. % допускається вміст волокон розміром понад 200 і 800 мкм.

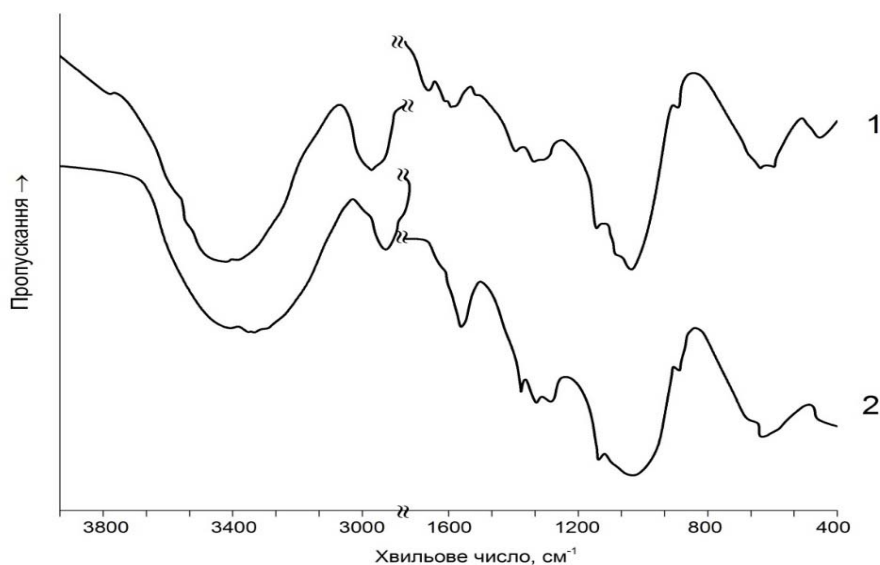


Рис. 1. ІЧ-спектри: 1 – целюлоза; 2 – папір

Ці ІЧ-спектри (див. рис. 1) характеризуються відсутністю смуг поглинання СН при 1420, 1320, 1160 і 660 cm^{-1} для целюлози 2500 порівняно з 200-1. За показником Іо/І наявні для вказаного субстрату характеристичні смуги умовно можна розділити на три групи. Перша характерна при рівнях Іо/І 3.57 (1160 cm^{-1} , коливання зв'язків С–О–С), 4.38 (3413 cm^{-1} ОН зв'язки) та 7.93 (1073 cm^{-1} , коливання зв'язків С–С, С–ОН, С–Н). Друга включає відношення інтенсивностей в межах 0.60–0.66 (1880 і 1913 cm^{-1} , зв'язки С–Н), 0.69 (666 cm^{-1} , С–ОН), 0.97 (1420 cm^{-1} , Н–С–Н, О–СН) та 1.03–1.18 (1320 і 1373 cm^{-1} , зв'язки С–Н). Третя характеризується відношенням Іо/І на рівні 0.38 (1633 cm^{-1} , ОН зв'язки) і 0.18 (1720 cm^{-1} , С=О) (табл. 1).

Максимальні значення ширини на половині висоти зафіксовано для смуг поглинання при 2913 (512 cm^{-1}) і 3413 cm^{-1} (492 cm^{-1}).

Аналогічні закономірності відмічено й у випадку ТЕСННОСЕЛ 2500. Окрім відсутності описаних вище смуг поглинання, потрібно відмітити також низький рівень значень Іо/І та, як наслідок, зменшення на півширини деяких з них.

ІЧ-спектри досліджуваного паперу містять дещо меншу кількість характеристичних смуг поглинання порівняно із целюлозою. Співставлення положення їхніх основних максимумів показали, що найбільші відхилення для смуг при 3362, 2900 та 1644 cm^{-1} можуть досягти в бік зменшення до 11 та збільшення до 44 cm^{-1} . Причому така різниця спостерігається тільки у випадку останньої смуги, відповідальної за валентні коливання ОН груп, пов'язаних з адсорбованою водою.

Аналіз ІЧ-спектрів целюлози й паперу виконано на базі трьох основних характеристичних смуг поглинання (3362–3614, 2900–2931 і 1600–1644 cm^{-1}). Вибір цих смуг зумовлено їхньою присутністю у складі всіх досліджуваних матеріалів. За своїм хімічним складом сполуки та функціональні групи (H_2O , ОН, СН), які мають характеристичні валентні

й деформаційні коливання у відмічених діапазонах хвильових чисел, серед усіх інших складових целюлози можуть мати визначальний вплив на формування гідрофільно-гідрофобного балансу поверхні матеріалів на її основі.

Таблиця 1

**Характеристики смуг поглинання в ІЧ-області
целюлози типу TECHNOCEL**

TECHNOCEL 200-1			TECHNOCEL 2500		
положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}	положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}
3413	4.38	492.0	3414	2.89	452.1
2913	0.66	512.0	2931	0.53	–
2880	0.60	–	2880	0.45	–
1720	0.18	–	1720	0.23	–
1633	0.38	–	1600	0.33	–
1420	0.97	40.0	–	–	–
1373	1.18	–	1360	0.76	13.0
1320	1.03	80.0	–	–	–
1160	3.57	–	–	–	–
1073	7.93	253.0	1053	4.54	239.4
891	0.38	–	880	0.21	–
666	0.69	20.0	–	–	–
573	0.73	93.0	593	0.46	26.6

Положення високочастотних смуг поглинання в складі паперу (3362 cm^{-1}) вказує на наявність зміщення в низькочастотну область до 52 cm^{-1} . Цей факт може розглядатися як доказ зростання міцності зв'язків гідроксильних груп з кістяком макромолекул целюлози в процесі формування полотна паперу (табл. 2).

Таблиця 2

**Характеристики смуг поглинання в ІЧ-області паперу,
обробленого кремнійорганічними сполуками**

Без обробки			Si-OMe			Si-OH			Si-OMe/Si-OH		
положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}	положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}	положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}	положення максимуму, cm^{-1}	Io/I	$\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}
2900	0.68	106.4	2908	0.33	–	2900	0.54	73.2	2889	0.44	93.1
1644	0.56	–	1660	0.51	–	1646	0.55	–	1667	0.67	33.2
1435	1.36	611.8	1440	0.89	172.9	1437	0.92	545.3	1428	1.15	585.2
1370	1.42		1380	0.98		1384	1.24		1367	1.17	
1305	1.28		1060	2.62	252.7	1028	4.44		1054	3.94	
1052	6.92		900	0.19	–	900	0.30		20.0	900	
881	0.40	–	586	0.60	226.1	623	0.98	319.2	616	0.64	–
620	1.06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Аналогічна закономірність спостерігається і для смуг поглинання, відповідальних за валентні коливання зв'язків С–Н, які забезпечують гідрофобний характер поверхні паперу.

Зворотна залежність відмічається для паперу на фоні целюлози стосовно адсорбованої води. Максимум положення її характеристичних смуг зміщується у високочастотну область спектра до $11\text{--}44\text{ см}^{-1}$, що свідчить про зменшення міцності зв'язку з матрицею.

Виходячи з даних відношень I_0/I , папір містить кількість гідроксильних груп на рівні целюлози TECHNOCCEL марки 200-1. Кількість СН–груп в його складі дещо менша. Значення відповідно I_0/I становить 0.68 проти 0.53–0.66 у целюлози. Вміст адсорбційної води при цьому в 1.5 раза вищий.

Однорідність в енергетичному відношенні смуг поглинання ОН–груп целюлози й паперу різниться досить суттєво. Відхилення за даними по величині $\Delta\nu_{1/2}$ досягають до 160 см^{-1} порівняно з папером $492\text{--}52\text{ см}^{-1}$. Смуги поглинання відповідальні за валентні коливання СН–груп мають показник $\Delta\nu_{1/2}$ на рівні 106.4 см^{-1} проти 512 см^{-1} для целюлози марки 200-1 та 0 см^{-1} для 2500.

Отримані дані з використанням методів кількісної ІЧ-спектроскопії щодо основних параметрів смуг поглинання функціональних груп і зв'язків, відповідальних за енергетичний стан поверхні целюлозовмісних матеріалів, дають змогу стверджувати таке:

- міцність зв'язку гідроксильних груп з макромолекулами целюлози в складі паперу вища порівняно з целюлозою, а їхня кількість перебуває приблизно на однаковому рівні;
- аналогічна закономірність спостерігається і для СН–груп;
- вміст адсорбованої води в складі паперу в 1.2 раза вищий порівняно з целюлозою, однак зв'язок води слабше (зміщення в бік більших частот сягає до 44 см^{-1});
- найбільш суттєві відмінності енергетичного стану мають гідроксильні групи паперу порівняно із целюлозою.

Описані відмінності структур характеристичних смуг поглинання на ІЧ-спектрах целюлозовмісних матеріалів враховано під час дослідження процесів взаємодії паперу з кремнійорганічними сполуками, що містять реакційноздатні групи Si–ОМе та Si–ОН біля атома силіціюма. Аналіз впливу останніх здійснювався за таким показником, як зміщення положення максимуму поглинання характеристичної смуги, різним відношенням I_0/I та $\Delta\nu_{1/2}$ порівняно з вихідним папером (див. *табл. 2*; *рис. 2*).

Установлено, що обробка паперу кремнійорганічними сполуками такого типу призводить до найбільш суттєвих зміщень положення максимуму смуг майже 3362 см^{-1} . Таке зміщення становить від 39 (Si–ОМе) до $10\text{ см}^{-1}\text{ (Si–ОН)}$, що слугує свідченням зменшення міцності зв'язку ОН–груп з кістяком макромолекул целюлози.

Кількість таких груп, судячи по відношенню I_0/I , зменшується при застосуванні препарату з вмістом Si–ОМе ($\Delta I_0/I = 1.36$) та його суміші з Si–ОН ($\Delta I_0/I = 0.21$) і зростає для останнього в чистому вигляді ($\Delta I_0/I = 0.38$).

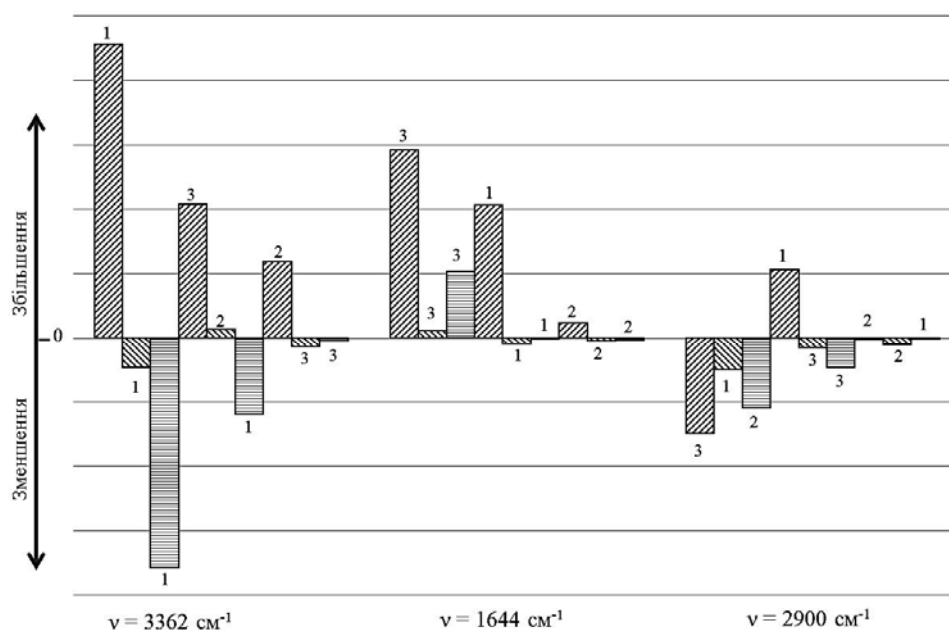


Рис. 2. Вплив обробки кремнійорганічними сполуками на зміну характеристики смуг поглинання паперу в ІЧ-області:

1 – Si-OMe; 2 – Si-OH; 3 – Si-OMe/Si-OH

▨ – $\Delta\nu$, cm^{-1} , ▩ – $\Delta I_0/I$, ▧ – $\Delta\nu_{1/2}$, cm^{-1}

Разом зі зменшенням кількості гідроксильних груп відмічено й зниження їх однорідності в енергетичному відношенні (за кількісними даними в частині ширини характеристичної смуги на половині її висоти). Вказані показники становлять від 119.7 (Si-OMe) до 39.9 cm^{-1} (Si-OH).

Характеристики смуг поглинання при 1644 cm^{-1} у процесі обробки кремнійорганічними сполуками змінюються менш відчутно порівняно з попередніми. Так, зміщення в бік більших частот становить в межах від 23 (Si-OMe/Si-OH) до 2 cm^{-1} (Si-OH). Різниця $\Delta I_0/I$ на цій зростає на 0.11 – у першому випадку та зменшується на 0.01 (Si-OH) – 0.05 (Si-OMe) – у другому. Півширина вказаної смуги найбільш відчутно зростає при застосуванні суміші препаратів (на 33.2 cm^{-1}).

Ще менш відчутно змінюються параметри смуг поглинання при 2900 cm^{-1} . Зміщення положення її максимуму становить від 11 cm^{-1} – в низькохвильову частину спектра (Si-OMe/Si-OH) до 8 cm^{-1} (Si-OMe) – у високохвильову. Застосування окремо препарату з вмістом Si-OH зміщенням смуг не супроводжується. Концентрація груп Si-OMe за цих обставин однозначно знижується. Різниця відношень I_0/I зменшується на 0.35 (Si-OH) – 0.14 (Si-OMe/Si-OH). Спадає і енергетична однорідність вказаних груп. Півширина відміченої смуги зменшується від 33.2 (Si-OH) до 13.3 cm^{-1} (Si-OMe/Si-OH).

Варто зазначити, що стосовно паперу на основі небіленої целюлози ступінь трансформації параметрів характеристичних смуг поглинання в ІЧ-області знижується в ряду: 3362 cm^{-1} > 1644 cm^{-1} > 2900 cm^{-1} .

І тільки в останньому випадку при обробці сумішшю кремнійорганічних препаратів зафіксовано зростання міцності зв'язку вуглеводневих радикалів з макромолекулами целюлози.

Наявність такої диференціації в рівнях взаємодії функціональних груп паперу з кремнійорганічними сполуками, їх енергетичного стану та реакційної здатності супроводжується відчутною перебудовою в структурі останнього і, як наслідок, зміною його фізико-хімічних властивостей (табл. 3).

Таблиця 3

Властивості паперу, обробленого кремнійорганічними сполуками

Тип групи	Пористість, %	Густина, г/см ³		Поглинання, мас. %		Крайовий кут змочування поверхні водою, град.
		геометрична	істинна	води	водяної пари при вологості 96 %	
Без покриття	55.0	0.64	1.42	58.7	17.7	27
Si-OMe	47.8	0.70	1.35	37.2	30.3	41
Si-OH	58.9	0.61	1.48	57.4	18.2	30
Si-OMe/ Si-OH	51.8	0.66	1.37	48.6	30.2	29

На прикладі досліджуваних кремнійорганічних сполук показано, що обробка паперу на основі небіленої целюлози супроводжується неоднозначними змінами в його структурі. Залежно від їхнього складу істинна густина може підвищуватися на 0.06 г/см³ (Si-OH) або знижуватися на 0.05 (Si-OMe) – 0.07 (Si-OMe/Si-OH) г/см³. Зміни геометричної густини мають дещо іншу залежність. Максимум її зростання зафіксовано при застосуванні сполук, що містять Si-OMe на фоні мінімальної істинної густини.

Застосування вказаного препарату забезпечує і мінімальну пористість паперу (47.8 % проти 55.0 % у вихідного матеріалу), а її підвищення до рівня 58.9 % спостерігається при обробці сполук, що містять Si-OH.

Відмічені зміни в структурі паперу під час обробки кремнійорганічними сполуками впливають на процеси його взаємодії з водою в різних агрегатних станах. Установлено, що поглинання води в рідкому стані може зменшуватися до 21.5 мас. % при застосуванні силосанів з функціональними групами Si-OMe. Тут відмічено і максимальне зростання крайових кутів змочування поверхні паперу до 14 градусів.

Водночас привиття реакційноздатних груп зі складу силосанів на поверхню паперу сприяє підвищенню його гігроскопічності. Вологопоглинання може збільшуватися на 12.5 (Si-OMe) – 0.5 мас. % (Si-OH). Вирішальну роль при цьому відіграє склад кремнійорганічних модифікаторів і структура паперу. В цьому випадку збільшення поглинання вологи у вигляді пари може бути зумовлено зростанням адсорбційної здатності модифікованого паперу внаслідок утворення в його складі гідроксидів металів після гідролізу силосанів, що містять Si-OMe.

Представлені результати дають змогу кількісно охарактеризувати в реакційному відношенні склади небіленої целюлози та паперу на її основі. Проаналізовано процеси взаємодії останнього з силосканими, що містять Si–OMe та Si–OH, й показана можливість зміни як його структури, так і рівня взаємодії з водою в різних агрегатних станах.

Висновки. Результати кількісного ІЧ-спектрального аналізу вказують на наявність відмінностей у складі небіленої целюлози та виготовленого на її основі паперу. Представлено параметри основних характеристичних смуг в ІЧ-області, відповідальних за коливання груп OH, CH і адсорбованої води в складі паперу, які визначають рівень гідрофільно-гідрофобного балансу його поверхні. Надана оцінка їх участі в процесах взаємодії з кремнійорганічними сполуками з Si–OMe та Si–OH групами біля атома силіціюма. Показано, що за ступенем реакційної здатності та зміною конфігурації характеристичних смуг поглинання вони можуть розміщуватися таким чином: OH > CH > адсорбована вода.

Показана принципова можливість застосування силосанів з Si–OMe та Si–OH реакційноздатними групами біля атома Si в процесі обробки паперу для змінювання його структури (пористість, геометричну й істинну густину), а також адсорбційної здатності щодо води в різних агрегатних станах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Osyka V., Koptiukh L., Mostyka K.* Development of wrapping paper with improved opacity, strength and whiteness. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. N 5.1 (89). С. 4–10.
2. *Осика В. А., Коптюх Л. А., Плосконос В. Г.* Властивості паперових пакувальних матеріалів в залежності від умов їх виготовлення. Упаковка. 2009. № 4. С. 28–30.
3. *Осика В. А., Коптюх Л. А.* Паперові пакувальні матеріали : монографія. Київ : Київ. нац. торг-екон. ун-т. 2017. 441 с.
4. *Астратов М. С., Гомеля М. Д., Мовчанюк О. М.* Технологія переробки паперу і картону. Ч. 1. Київ : НТУУ "КПІ", 2007. 231 с.
5. *Осика В. А., Коптюх Л. А., Плосконос В. Г.* Технологічні умови виготовлення паперових пакувальних матеріалів із заданими властивостями. Упаковка. 2009. № 2. С. 22–26.
6. *Мостица К. В.* Формування властивостей водонепроникних паперових пакувальних матеріалів для кондитерських виробів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15. Київ, 2012. 21 с.
7. *Осауленко К. В.* Кремнійорганічні покриття для захисту паперу. Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". 2016. № 2 (22). С. 66–72.
8. *Свідерський В. А., Черняк Л. П., Сальник В. Г., Сікорський О. О., Дорогань Н. О.* Інструментальні методи хімічного аналізу силікатних систем : навч. посіб. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. С. 156–158.
9. *Карякина Н. И.* Испытания лакокрасочных материалов и покрытий. М. : Химия, 1988. 272 с.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2018.

Merezhko N., Osaulenko K. Modification of paper based on non-bleached cellulose by siloxanes.

Background. A significant share increase of plant polymers using, in particular, cellulose, in various industries is a modern trend in the development of composite materials. This is due to the presence of valuable properties in cellulose and, above all, its environmental safety.

Analysis of recent research and publications. The analysis of the latest scientific and technical publications and researches devoted to issues of modification of paper based on non-bleached cellulose by siloxanes has been carried out.

The aim of the paper is to investigate the composition and reactivity of paper based on unbleached cellulose to organosilicon compounds with functional groups such as Si–OMe and Si–OH at the silicon atom and the ability to adjust the structure and performance properties by modifying its surface.

Material and methods. The objects of research were unbleached cellulose TECHNOCEL 200-1 and 2500, which differ in the content of fractions less than 32 microns. As an object for comparison, the wrapping paper was selected (GOST 1931–80). Parameters of paper structure, its adsorption properties and wettability of the surface with water (wetting angle, deg.) were evaluated using special methods [9].

Results. The main ingredient of paper is cellulose. Its composition is determined by the content of a large number of reactive hydroxyl groups. But in the process of paper production the latter can receive a variety of transformations. Therefore, using the sensitive methods of IR-spectroscopy, a comparative analysis of unbleached cellulose and paper based on it was carried out.

The obtained data using the methods of quantitative IR-spectroscopy in relation to the basic parameters of absorption bands of functional groups and bonds responsible for the energy state of cellulosic materials surface allow stating the following:

- the strength of the bonding of hydroxyl groups with macromolecules of cellulose in the paper is higher compared with the same without processing, and their number is approximately at the same level;
- a similar pattern is observed for CH–groups;
- the content of the adsorbed water in the paper is 1.2 times higher than that of cellulose, but the bonding of water is weaker (the displacement towards the higher frequencies reaches 44 cm^{-1});
- the most significant differences in the energy state have hydroxyl groups of paper compared with cellulose.

Conclusion. Quantitative IR-spectral analysis showed the presence of differences in the composition of unbleached cellulose and paper based on it. The principal possibility of using siloxanes from Si–OMe and Si–ON reactive groups near the Si atom in the process of paper processing is to change its structure (porosity, geometric and true density), as well as adsorption capacity in relation to water in various aggregate states.

Keywords: paper, cellulose, organosilicon compounds, coatings, siloxanes, structure, porosity, density, adsorption capacity, wettability with water.

REFERENCES

1. *Osyka V., Koptiukh L., Mostyka K.* Development of wrapping paper with improved opacity, strength and whiteness. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. N 5.1 (89). C. 4–10.
2. *Osyka V. A., Koptjuh L. A., Ploskonos V. G.* Vlastyvoli paperovyh pakuval'nyh materialiv v zalezhnosti vid umov i'h vygotovlennja. Upakovka. 2009. № 4. S. 28–30.

3. *Osyka V. A., Koptjuh L. A.* Paperovi pakuval'ni materialy : monografija. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg-ekon. un-t. 2017. 441 s.
4. *Astratov M. S., Gomejja M. D., Movchanjuk O. M.* Tehnologija pererobky paperu i kartonu. Ch. 1. Kyi'v : NTUU "KPI", 2007. 231 s.
5. *Osyka V. A., Koptjuh L. A., Ploskonos V. G.* Tehnologichni umovy vygotovlennja papero-vyh pakuval'nyh materialiv iz zadanymy vlastyostjamy. Upakovka. 2009. № 2. S. 22–26.
6. *Mostyka K. V.* Formuvannja vlastyovostej vodopronykyh papero-vyh pakuval'nyh materialiv dlja kondyters'kyh vyrobiv : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : 05.18.15. Kyi'v, 2012. 21 s.
7. *Osaulenko K. V.* Kremnijorganichni pokryttja dlja zahystu paperu. Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky". 2016. № 2 (22). S. 66–72.
8. *Sviders'kyj V. A., Chernjak L. P., Sal'nyk V. G., Sikors'kyj O. O., Doro-gan' N. O.* Instrumental'ni metody himichnogo analizu sylikatnyh system : navch. posib. Kyi'v : KPI imeni Igorja Sikors'kogo, 2017. S. 156–158.
9. *Karjakina N. I.* Ispytanija lakokrasochnyh materialov i pokrytij. M. : Himija, 1988. 272 s.

УДК 676.23

СТРЕТОВИЧ Світлана,

*асистент кафедри товарознавства та митної справи
Київського національного торговельно-економічного університету*

ГЛУШКОВА Тетяна,

*к. т. н., доцент кафедри товарознавства та митної справи
Київського національного торговельно-економічного університету*

КОМАХА Володимир,

*к. т. н., старший викладач кафедри товарознавства та митної
справи Київського національного торговельно-економічного
університету*

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ПАПЕРУ ДЛЯ БІЛОВИХ ТОВАРІВ

Проаналізовано ефективність використання різних видів целюлози у виробництві паперу для білових товарів. Досліджено залежність основних експлуатаційних властивостей паперу від складу композиції целюлозного напівфабрикату. Наведено рівняння математичної моделі отриманих залежностей та вирішено завдання багатокритеріальної оптимізації з вибору компромісного співвідношення сульфатної листяної, сульфатної хвойної та сульфітної хвойної целюлози. Запропоновано оптимальний склад целюлозної волокнистої маси.

Ключові слова: сульфітна та сульфатна хвойна целюлоза, сульфатна листяна целюлоза, папір для білових товарів, композиція, споживні властивості, математичне моделювання.

© Стретович Світлана, Глушкова Тетяна, Комаха Володимир, 2018