

Віктор Осика, Леонід Коптюх, Володимир Комаха, Ольга Шульга

## ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОСТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАПЕРУ РІЗНОЇ ЩІЛЬНОСТІ

**Актуальність теми дослідження.** Властивості паперу обумовлені багатьма чинниками, зокрема композицією волокнистих напівфабрикатів, характером помелу волокнистих матеріалів, введенням в паперову масу наповнювачів та модифікуючих добавок, режимом відливу та сушіння тощо. Серед технологічних факторів, що мають найбільший вплив на властивості паперу, чільне місце посідають операції каландрування та остаточної обробки, під час яких у значних інтервалах можна змінювати щільність паперового полотна.

**Постановка проблеми.** Для отримання паперу із заданими властивостями проводять його ущільнення на суперкаландрі. При цьому додаткове ущільнення композиції паперу також сприяє підвищенню непроникності за рахунок зміни характеру розподілу й ущільнення целюлозних волокон та загальної кількості пор у його структурі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Були розглянуті останні публікації щодо можливості отримання паперу із заданими властивостями шляхом керованої зміни мікроструктури паперового полотна у процесі каландрування.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Дослідження властивостей паперу, що піддається ущільненню до різного ступеня у процесі виготовлення, за інших рівних умов, має актуальний науковий та практичний інтерес, зокрема, для виготовлення матеріалів із заданим комплексом споживних властивостей.

**Постановка завдання.** Мета дослідження полягає у виявленні особливостей мікроструктури паперу різної щільності, виготовленого за інших рівних умов, та встановленні впливу ступеня ущільнення паперу в процесі виготовлення на його властивості.

**Виклад основного матеріалу.** Проведено порівняльні дослідження структурних характеристик паперу для вологоміцного водо- та жиронепроникного пакувального матеріалу, виготовленого із сульфатної целюлози розмеленої до ступеня 75 °ШР із різним ступенем ущільнення. Досліджено чотири зразки паперу різної маси квадратного метра площі та щільності. Охарактеризовано їхню мікроструктуру та абсорбційні, бар'єрні та міцнісні властивості.

**Висновки відповідно до статті.** Експериментальним шляхом встановлено оптимальний рівень щільності – 0,75-0,85 г/см<sup>3</sup>. Білена та небілена сульфатна целюлоза із хвойних порід деревини визначена як найбільш придатна для отримання паперу-основи, що може використовуватись для виробництва паперових пакувальних матеріалів із заданими властивостями для волого- і жиромісної продукції.

**Ключові слова:** щільність паперу; мікроструктура паперу; поровий простір; властивості паперу; капілярне всмоктування; жиронепроникність; руйнівне зусилля.

Табл.: 1. Рис.: 5. Бібл.: 17.

**Актуальність теми дослідження.** Властивості паперу обумовлені багатьма чинниками, зокрема композицією волокнистих напівфабрикатів, характером помелу волокнистих матеріалів, введенням у паперову масу наповнювачів та модифікуючих добавок, режимом відливу й сушіння та багато інших. Серед технологічних факторів, що мають найбільший вплив на властивості паперу, чільне місце посідають операції каландрування та остаточної обробки, під час яких у значних інтервалах можна змінювати щільність паперового полотна [1; 2]. Для отримання паперу із заданими властивостями проводять його ущільнення на суперкаландрі. При цьому додаткове ущільнення композиції паперу також сприяє підвищенню непроникності за рахунок зміни характеру розподілу й ущільнення целюлозних волокон та загальної кількості пор у його структурі [3].

**Постановка проблеми.** Вимірювання активності й розмірів зовнішньої поверхні волокна, визначення їхньої пластичності, внутрішнього фібрилювання та інших найбільш характерних властивостей пов'язані з певними труднощами. Виконання таких вимірювань можливо лише у профільних лабораторіях. У виробничих же умовах основні властивості паперової маси оцінюють з огляду на непрямі визначення її якості. Здебільшого для виробничих цілей обмежуються визначенням здатності целюлозного волокна вбирати воду та набухати, вимірюючи показник ступеня помелу (°ШР), а також визначенням середньої довжини волокон.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Над проблемою забезпечення рівномірності властивостей паперу працювали відомі вчені: Д. М. Фляте [2], Д. Тведе, С. Е. Селке, Д. П. Камдем, Д. Схірес [3] та ін. Вони встановили, що важливим фактором, який забезпечує комплекс властивостей паперу як матеріалу, є його щільність.

Технологічну сторону впливу різноманітних факторів, у тому числі структури паперового полотна, на властивості паперу досліджували багато авторів. Так, у роботах [4-9] показано, що для отримання паперу із заданими механічними властивостями можна регулювати ступінь помелу целюлозного волокна.

Результатами попередніх досліджень [10] встановлено, що з підвищенням ступеня помелу целюлозного волокна знижуються показники його пористості. Однак розмелювання целюлозного волокна вище за 75 °ШР не сприяє значному зростанню механічної міцності та бар'єрних властивостей паперу. Це відбувається за рахунок зменшення міцності целюлозного волокна внаслідок розпушування структури волокна та його укорочення. Крім того, процес такого помелу є довготривалим та енергозатратним. У таких умовах більш раціональним фактором регулювання властивостей паперу є зміна його щільності.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Для прогнозування властивостей паперу виготовленого з підготовленої паперової маси, що у процесі технологічної переробки може піддаватись ущільненню до різного ступеня, значний науковий та практичний інтерес становить встановлення залежностей споживних властивостей від умов виготовлення.

**Мета дослідження** полягає у виявленні особливостей мікроструктури паперу різної щільності, виготовленого за інших рівних умов, та встановленні впливу ступеня ущільнення паперу в процесі виготовлення на його властивості.

**Матеріали та методи.** Дослідні зразки паперу виготовляли із сульфатної біленої (Б-1) та небіленої (НС-2) целюлози хвойних порід деревини (АТ «Балтійська целюлоза», РФ). Волокнисті напівфабрикати піддавали розпуску та розмелюванню до ступеня помелу 75 °ШР в присутності води в лабораторному ролі VALLEY за швидкості барабана 500 хв<sup>-1</sup>. Ступінь помелу контролювали на приладі Шоппер-Ріглера за стандартною методикою [11]. Дослідні зразки паперу готували за допомогою листовиливного лабораторного приладу з комбінованою сушильною камерою RapidKothen. Дослідження показників якості паперу здійснювали загальноприйнятими методами: масу паперу – за ДСТУ 2297 [12]; капілярне всмоктування – ГОСТ 12602–93 [13]; жиропроникність – ДСТУ ISO 5634 [14] та ГОСТ 13525.13 [15]; показники міцності за ДСТУ 2334-94 [16] та ДСТУ ISO 3781:2005 [17].

**Виклад основного матеріалу.** Проведено порівняльні дослідження структурних характеристик паперу для вологоміцного водо- та жиронепроникного пакувального матеріалу, виготовленого із сульфатної біленої целюлози розмеленої до ступеня з різним ступенем ущільнення. Досліджено чотири зразки паперу: 1 – папір масою площі 1 м<sup>2</sup> – 45 г та щільністю 0,75 г/см<sup>3</sup>; 2 – папір масою площі 1 м<sup>2</sup> – 50 г та щільністю 0,80 г/см<sup>3</sup>; 3 – папір масою площі 1 м<sup>2</sup> – 60 г та щільністю 0,85 г/см<sup>3</sup>, 4 – папір масою площі 1 м<sup>2</sup> – 65 г та щільністю 0,9 г/см<sup>3</sup>.

Результати дослідження зазначених зразків паперу за радіусом та об'ємом пор із використанням методів рентгеноструктурного аналізу й растрової електронної мікроскопії наведено на рис. 1.

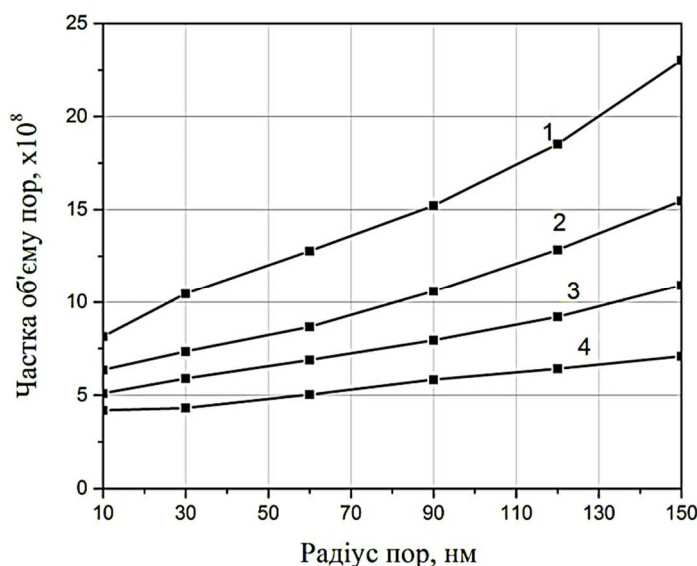


Рис. 1. Розподіл частки об'єму пор за радіусом для зразків паперу:

1 – масою площі 1 м<sup>2</sup> – 45 г та щільністю 0,75 г/см<sup>3</sup>; 2 – масою площі 1 м<sup>2</sup> – 50 г та щільністю 0,8 г/см<sup>3</sup>; 3 – масою площі 1 м<sup>2</sup> – 60 г та щільністю 0,85 г/см<sup>3</sup>, 4 – масою площі 1 м<sup>2</sup> – 65 г та щільністю 0,9 г/см<sup>3</sup>

Механічне розроблення целюлозного волокна при розмелюванні в комплексі з подальшим ущільненням структури виготовленого з нього паперового полотна дає змогу отримати матеріали із широким діапазоном розмірів та характеру розподілу мікропор. Дослідження мікропористої структури показує, що найбільшим об'ємом мікропор характеризується зразок паперу 1 масою 45 г/м<sup>2</sup>, що підданий мінімальному ущільненню до щільності 0,75 г/см<sup>3</sup>. Мікропористість зразків 2, 3, 4 є значно нижчою (таблиця).

Таблиця

Характеристика порового простору зразків паперу із біленої сульфатної хвойної целюлози за різної щільності

№ зразка	Маса 1 м <sup>2</sup> паперу, г	Щільність паперу г/см <sup>3</sup>	Частка об'єму пор x10 <sup>8</sup> за різного радіусу пор (нм)					
			10	30	60	90	120	150
1	45	0,75	8,1	10,5	12,8	15,2	18,5	23,0
2	50	0,80	6,4	7,3	8,7	10,6	12,8	15,5
3	60	0,85	5,1	5,9	6,9	7,9	9,2	10,9
4	65	0,90	4,2	4,3	5,0	5,8	6,4	7,1

Для дослідження впливу щільності паперу на його мікроструктуру були проведені також електронно-мікроскопічні дослідження поверхні зразків паперу на основі біленої сульфатної целюлози з хвойних порід деревини. Електронно-мікроскопічні зображення поверхні зразків паперу (рис. 2) за збільшення у 250 разів дають змогу візуально оцінити характер розподілу целюлозних волокон у матеріалі, їхні поперечні розміри, розглянути макроструктуру поверхні досліджуваних зразків різної щільності.

Усі зразки паперу складаються з переплетених між собою целюлозних волокон. Волокна паперу подібні між собою як за зовнішнім виглядом, так і за своїми поперечними розмірами. Однак, слід відзначити зменшення вільного міжволоконного простору в більш ущільнених зразках паперу. Більш щільна структура паперу сприяє утворенню більшої кількості міжволоконних зв'язків.

Целюлозні волокна у зразках на рис. 2, в та г, що піддавалися найбільшому ущільненню на суперкаландрі до 0,85-0,9 г/см<sup>3</sup>, порівняно із 0,45-0,48 г/см<sup>3</sup> для неущільнених зразків, мають найменш об'ємну картину міжпорового простору.

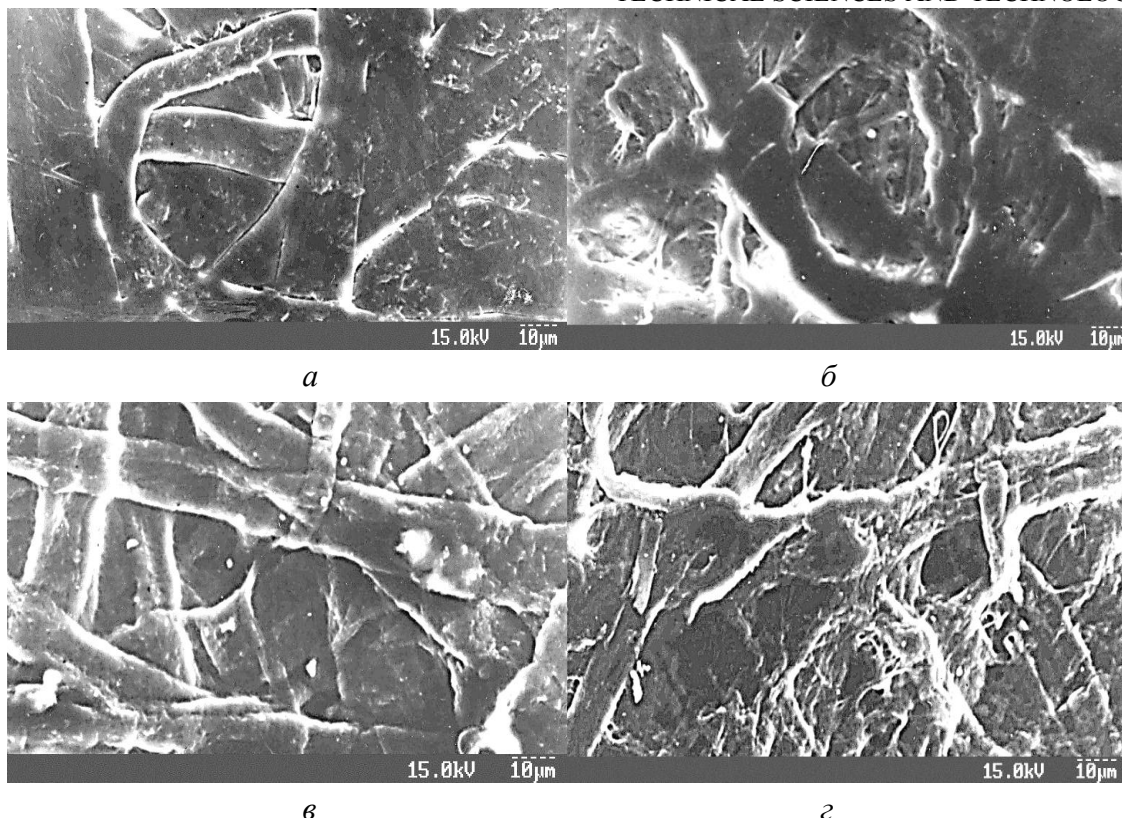


Рис. 2. Електронно-мікроскопічні зображення (збільшення у 250 разів) поверхні зразків паперу:

а – масою  $1 \text{ м}^2 - 45 \text{ г}$  та щільністю  $0,75 \text{ г/см}^3$ ; б – масою  $1 \text{ м}^2 - 50 \text{ г}$  та щільністю  $0,8 \text{ г/см}^3$ ;  
в – масою  $1 \text{ м}^2 - 60 \text{ г}$  та щільністю  $0,85 \text{ г/см}^3$ ; г – масою  $1 \text{ м}^2 - 65 \text{ г}$  та щільністю  $0,9 \text{ г/см}^3$

Треба зазначити, що характер розподілу об'єму пор за розмірами паперу різної щільності узгоджується з результатами досліджень капілярного всмоктування зразків (рис. 3).

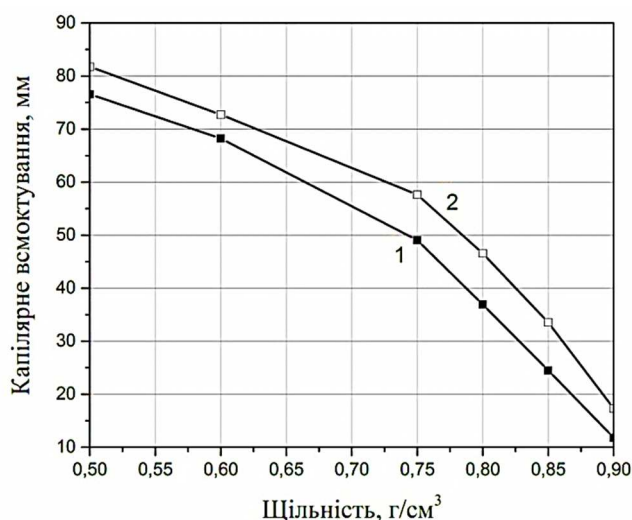


Рис. 3. Залежність капілярного всмоктування від щільності паперу із небіленої (1) і біленої (2) сульфатної целюлози хвойних порід деревини

Зменшення кількості макропор у структурі більш щільного паперу та його розвинена мікропористість обумовлює зниження капілярного всмоктування по відношенню до води. Володіючи більш високощільною структурою, папір проявляє меншу здатність до набухання і деформації під впливом води за різних агрегатних станів.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

За однакової щільності капілярне всмоктування паперу з біленої целюлози є вищим ніж у паперу з небіленої сульфатної хвойної целюлози, однак дана розбіжність у значеннях показника є незначною, а динаміка зменшення з ростом щільності є подібною для обох кривих.

Мінімальні значення капілярного всмоктування паперу (17,3 мм і 11,8 мм) відмічено за щільності 0,9 г/см<sup>3</sup> для зразків з біленої та небіленої целюлози відповідно.

Враховуючи те, що для надання пакувальним матеріалам на основі паперу бар'єрних властивостей передбачається його оброблення розчинами, які мають в'язкість більшу від води, високий показник щільності не забезпечить рівномірний розподіл речовин у структурі паперу та зменшить ефективність їх застосування. Виходячи з цього оптимальним рівнем щільності паперу є 0,75-0,85 г/см<sup>3</sup>.

Щільність, як відомо, є одним із найсуттєвіших факторів, що визначає опір паперу до проходження жиру та його механічну міцність. З метою встановлення впливу щільності паперу виготовленого із сульфатної хвойної целюлози на жиропроникність та механічну міцність були виготовлені зразки паперу з небіленої та біленої целюлози щільністю від 0,5 до 0,9 г/см<sup>3</sup> та піддано випробуванням за прийнятими методиками. Результати дослідження жиропроникності наведено на рис. 4, руйнівного зусилля паперу у сухому та вологому станах – рис. 5.

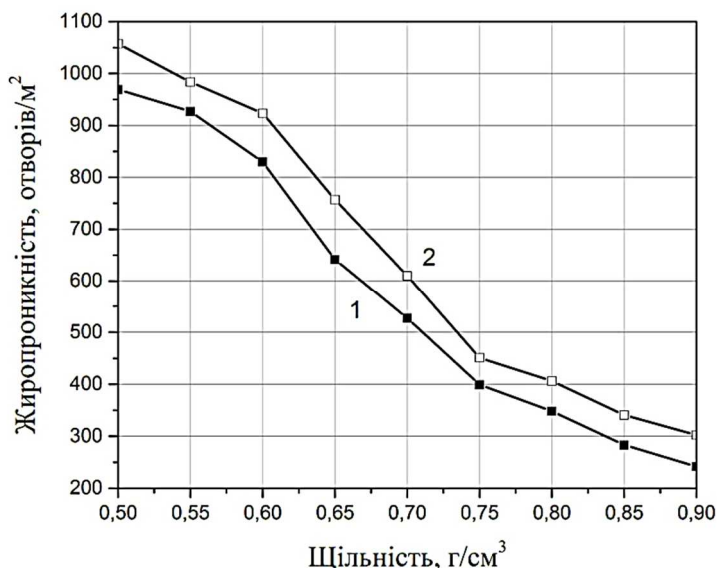


Рис. 4. Залежність жиропроникності від щільності паперу із небіленої (1) і біленої (2) сульфатної целюлози хвойних порід деревини

Наведені залежності демонструють значне зниження жиропроникності паперу з підвищенням щільності в досліджуваному інтервалі. При цьому найбільш інтенсивне зниження абсолютних показників жиропроникності в обох зразків зафіксовано в інтервалі 0,6-0,75 г/см<sup>3</sup>, що пов'язано з перерозподілом порової структури зразків на макрорівні та зменшенням загальної кількості макропор. Подальше зниження відбувається менш інтенсивно.

Зі збільшенням щільності паперу відбувається підвищення руйнівного зусилля в сухому стані. Треба зазначити, що найбільший приріст механічної міцності паперу в сухому стані має місце в діапазоні щільності 0,7-0,85 г/см<sup>3</sup>. За щільності 0,85 г/см<sup>3</sup> руйнівне зусилля для паперу із небіленої целюлози становить 67,9 Н, з біленої 61,8 Н. Підвищення щільності до 0,9 г/см<sup>3</sup> дозволяє збільшити його міцність у сухому стані на 3 та 1 % відповідно. Проте зростання щільності паперу в діапазоні 0,5-0,9 г/см<sup>3</sup> незначною мірою впливає на його міцність у вологому стані. Це свідчить про те, що з підвищенням щільності уповільнюються процеси проникнення води в міжволоконний простір, однак зв'язки між волокнами целюлози залишаються нестійкими до впливу вологи.

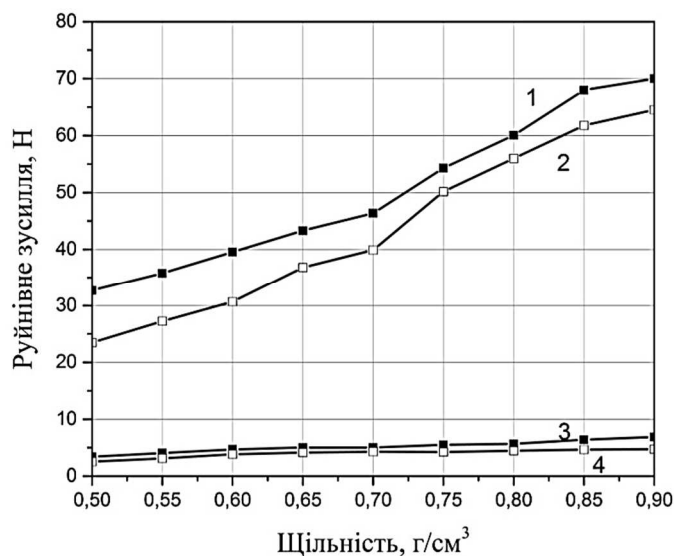


Рис. 5. Залежність руйнівного зусилля від щільності паперу із сульфатної целюлози хвойних порід деревини:  
 1 – небіленої в сухому стані; 2 – біленої в сухому стані;  
 3 – небіленої у вологому стані; 4 – біленої у вологому стані

Таким чином, експериментальним шляхом встановлено рівень щільності, що відповідає оптимальному, виходячи із зазначених вимог – 0,75-0,85 г/см<sup>3</sup>. Білена та небілена сульфатна целюлоза із хвойних порід деревини визначена як найбільш придатна для отримання паперу-основи, що може використовуватись для виробництва паперових пакувальних матеріалів із заданими властивостями для волого- і жировмісної продукції.

#### Список використаних джерел

1. Примаков П. С., Барабаш В. А. Технологія паперу і картону. Київ: ЕКМО, 2008. 425 с.
2. Фляте Д. М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов. Москва: Лесная промышленность, 1990. 136 с.
3. Twede D., Selke S. E., Kamdem D. P., Shires D. Cartons, crates and corrugated board: handbook of paper and wood packaging technology. DEStech Publications, Inc, 2014.
4. Вураско А. В., Фролова Е. И. Влияние степени помола на сорбционные свойства целлюлозы из недревесного растительного сырья. *Леса России и хозяйство в них*. 2013. С. 123–126.
5. Карпунин И. И., Кузьмич В. В., Балабанова Т. Ф. Технологические режимы переработки растительного сырья для производства упаковки. *Наука и техника*. 2011. № 3. С. 34–38.
6. Мирзаева М. В., Бабаханова Х. А. Факторы, влияющие на специфические свойства бумаги конкретного назначения. *Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2013. № 2. С. 13–17.
7. Кулешов А. В., Смолин А. С. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон. *Химия растительного сырья*. 2008. № 2. С. 110–112.
8. Анализ влияния качества целлюлозного сырья на прочностные и сорбционные свойства упаковочных видов картона / О. А. Мишурина и др. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 1–1. С. 9–13.
9. Iwamoto S., Abe K., Yano H. The effect of hemicellulose son wood pulp nanofibrillation and nanofiber network characteristics. *Biomacromolecules*. 2008. Vol. 9. № 3. P. 1022–1026.
10. Осика В. А., Коптюх Л. А. Паперові пакувальні матеріали: монографія. Київ: КНТЕУ, 2018. 464 с.
11. Бумага. Определение прочности на излом при многократных перегибах (методы Шопера, Ломаржи, Келер-Молина, М1Т): ГОСТ ИСО 5626-97. [Введ. 2001-07-01]. Москва: Изд-во стандартов, 2001. 12 с.
12. Напівфабрикати волокнисті, папір та картон. Метод визначення маси продукції площею 1 м<sup>2</sup>: ДСТУ 2297-93. [Чинний від 1996-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1996. 19 с.
13. Бумага и картон. Определение капиллярной впитываемости. Метод Клемма: ГОСТ 12602-93). – [Введ. 1995-01-01]. Минск: Издательство стандартов, 1995. 6 с.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

14. Папір і картон. Визначення жиропроникності: ДСТУ ISO 5634:2003. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 10 с.

15. Бумага. Методы определения жиропроницаемости: ГОСТ 13525.13–69. [Введ. 1970-01-01]. Москва: Стандартинформ, 2007. 4 с.

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

17. Папір і картон. Визначення міцності під час розтягування після занурення у воду: ДСТУ ISO 3781:2005. [Чинний від 2006-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.

## References

1. Prymakov, P. S. (2008). *Tekhnolohiia paperu i kartonu [Publishing and editing]*. Kyiv: EKMO [in Ukrainian].

2. Fliate, D. M. (1990). *Bumagoobrazuiushchie svoistva voloknistikh materialov [Publishing and editing]*. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].

3. Koptiukh, L. A. (1997). Razrabotka i organizatsiia proizvodstva zhironpronitcaemoi i vlagoprochnoi upakovochnoi bumagi [Development and organization of production of greaseproof and moisture-proof packaging paper]. *Tseliuloza. Bumaga. Karton – Cellulose. Paper. Cardboard*, 11-12, 28–30 [in Russian].

4. Vurasko, A. V. (2013). Vliianie stepeni pomola na sorbtcionnye svoistva tseliulozy iz nedrevesnogo rastitelnogo Syria [The influence of the degree of grinding on the sorption properties of cellulose from non-wood plant materials]. *Les Rossii i khoziaistvo v nikh – Russian forests and farming in them*, 1, 123–126 [in Russian].

5. Karpunin, I. I. (2011). Tekhnologicheskie rezhimy pererabotki rastitelnogo syria dlia proizvodstva upakovki [Technological modes of processing vegetable raw materials for the production of packaging]. *Nauka i tekhnika – Science and technology*, 3, 34–38 [in Russian].

6. Mirzaeva, M. V. (2013). Faktory, vliiaiuschie na spetsificheskie svoistva bumagi konkretnogo naznacheniia [Factors affecting the specific properties of a paper of a specific purpose]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela – News of higher educational institutions – Problems of printing and publishing*, 2, 13–17 [in Russian].

7. Kuleshov, A. V. (2008). Bumagoobrazuiushchie svoistva vtorichnykh rastitelnykh volokon [Paper-forming properties of secondary plant fibers]. *Khimiia rastitelnogo syria – Chemistry of plant raw materials*, 2, 110–112 [in Russian].

8. Mishurina, O. A. (2017). Analiz vliptniia kachestva tseliuloznogo syria na prochnostnye i sorbtcionnye svoistva upakovochnykh vidov kartona [Analysis of the influence of the quality of cellulosic raw materials on the strength and sorption properties of packaging types of cardb]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy – International Journal of Applied and Fundamental Research*, 1–1, 9–13 [in Russian].

9. Iwamoto, S. (2008). The effect of hemicellulose son wood pulp nanofibrillation and nanofiber network characteristics. *Biomacromolecules*, 9 (3), 1022–1026.

10. Osyka, V. A. (2018). *Paperovi pakuvalni materialy [Publishing and editing]*. Kyiv: KNUTE [in Ukrainian].

11. Bumaga. Opredelenie prochnosti na izlom pri mnogokratnykh peregibakh (metody Shoppera, Lomarzhi, Keler-Molina, MIT) [Paper. Determination of fracture strength at multiple kinks (Shopper, Lomarje, Keller-Molina, MIT methods)]. HOST ISO 5626-97 [Publishing and editing]. Minsk Izdatelstvo standartov [in Russian].

12. Napivfabrykaty voloknysti, papir ta karton. Metod vyznachennia masy produktsii ploshcheiu 1 m<sup>2</sup> [Fibers, paper and paperboard. The method of determining the mass of production area of 1 m<sup>2</sup>]. DSTU 2297-93. [Publishing and editing]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

13. Bumaga i karton. Opredelenie kapilliarnoi vpityvaemosti. Metod Klemma [Paper and cardboard. Determination of capillary absorption. The Clemm method]. HOST 126026-93 [Publishing and editing]. Minsk Izdatelstvo standartov [in Russian].

14. Papir i karton. Vyznachennia zhyropronyknosti [Paper and cardboard. Determination of fat permeability]. DSTU ISO 5634:2003 [Publishing and editing]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

15. Bumaga. Metody opredeleniia zhiroprinitcaemosti Paper [Methods for determining fat permeability]. HOST 13525.13–69 [Publishing and editing]. Minsk Izdatelstvo standartov [in Russian].

16. Papir ta karton. Vyznachennia mitsnosti pid chas roz'tiahuvannia. Chastyna 1. Metod navantazhuvannia z postiinoiu shvydkistiu [Paper and cardboard. Determination of tensile strength. Part 1. Constant-speed loading method]. DSTU 2334-94 [Publishing and editing]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

17. Papir i karton. Vyznachennia mitsnosti pid chas roz'tiahuvannia pislia zanurennia u vodu [Paper and cardboard. Determination of tensile strength after immersion in water]. DSTU ISO 3781:2005 [Publishing and editing]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

UDC 676.248

*Viktor Osyka, Leonid Koptyuh, Volodymyr Komakha, Olga Shulga*

## CHARACTERISTICS OF MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF VARIOUS DENSITY PAPER

**Relevance of the research topic.** Many factors affect the properties of paper, in particular the composition of fibrous semi-finished products, the nature of the grinding of fibrous materials, the introduction of fillers and modifying additives into the pulp, the regime of ebb and drying and many others. Among the technological factors that have the greatest influence on paper properties, calendaring and finishing operations have a special place, in which the density of the paper web can be changed at significant intervals.

**Formulation of the problem.** To obtain paper with desired properties, it is sealed on a supercalender. At the same time, additional compaction of the paper composition enhances impermeability by changing the nature of the distribution and compaction of cellulose fibers and the total number of pores in its structure.

**Analysis of recent research and publications.** Recent publications on the possibility of obtaining paper with desired properties by controlled changes in the microstructure of the paper web during the calendaring process were considered.

**Isolation of previously unexplored parts of a common problem.** The study of the properties of paper subjected to compaction to varying degrees during the manufacturing process, *ceteris paribus*, is of urgent scientific and practical interest, in particular, for the manufacture of materials with a given set of consumer properties.

**Formulation of the problem.** The purpose of the study is to identify the features of the microstructure of paper of different densities, manufactured *ceteris paribus*, and to establish the effect of the degree of compaction of paper in the manufacturing process on its properties.

**The presentation of the main material.** Comparative studies of the structural characteristics of paper for water-resistant water and grease-proof packaging material made of sulphate pulp, milled to a degree of 75 ° SR with varying degrees of compaction were carried out. Four paper samples of different mass per square meter of area and density were studied. Their microstructure and a number of consumer properties characterizing absorption, barrier and strength properties are characterized.

**Conclusions according to the article.** Experimentally established the optimal level of density - 0.75-0.85 g/cm<sup>3</sup>. Softwood sulphate pulp is defined as the most suitable for base paper, can be used for the production of paper packaging materials with desired properties for moisture and fat-containing products.

**Keywords:** paper density; paper microstructure; pore space; paper properties; capillary absorption; grease permeability; destructive force.

Table: 1. Fig.: 5. References: 17.

**Осика Віктор Анатолійович** – доктор технічних наук, доцент, декан факультету торгівлі та маркетингу, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

**Osyka Victor** – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Dean of Trade and Marketing Faculty, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** osyka@knteu.kiev.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5081-7727>

**Коптюх Леонід Андрійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

**Koptiukh Leonid** – Doctor in technical sciences, Professor, Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** neprod3@knteu.kiev.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6205-6120>

**Комаха Володимир Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

**Komakha Volodymyr** – PhD in technical sciences, Assistant Professor in the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6498-9047>

**Шульга Ольга Сергіївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

**Shulga Olga** – PhD in technical sciences, docent in the department of commodity science and customs affairs, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0312-890X>