

**УДК 676.248**

*Осика В. А.*

*ORCID ID:0000-0002-5081-7727, ResearcherID: N-3528-2016,*

*д.т.н., доц., професор кафедри товарознавства, управління безпеністю та якістю, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ*

*Коптюх Л. А.*

*ORCID ID:0000-0001-6205-6120, ResearcherID: N-3275-2016,*

*д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ*

*Комаха В. О.,*

*ORCID ID:0000-0001-6498-9047, ResearcherID: N-3247-2016,*

*к.т.н., старший викладач кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ*

*Шульга О. С.*

*ORCID ID:0000-0003-0312-890X, ResearcherID: N-3265-2016,*

*к.т.н., доцент кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ*

## **ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРУ-ОСНОВИ ДЛЯ ВОЛОГОМІЦНОГО ТА ВОДОНЕПРОНИКНОГО ПАКУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ**

*Анотація.* Виготовлення пакувального паперу з високим рівнем споживних властивостей передбачає обробку паперу-основи комплексом хімічних речовин, при цьому паперова основа має зберігати свої мікропористі властивості для забезпечення газообміну упакованого товару з навколишнім середовищем. У статті досліджені зразки паперу-основи різної щільності з сульфатної хвойної небіленої целюлози, а також її композиції з сульфатною небіленою листяною целюлозою зі ступенем помелу 55-65°ШР за масових співвідношень 80:20; 70:30 та 60:40. Встановлено, що введення листяної целюлози з короткими волокнами сприяє отриманню рівномірної і зімкнутої структури паперу, дозволяє забезпечити необхідний рівень показників повітропроникності, поверхневої вбирності, міцності паперу-основи для виготовлення вологоміцних та водонепроникних пакувальних матеріалів за щільності 0,65-0,75 г/см<sup>3</sup>.

*Ключові слова:* папір-основа, щільність паперу, вологоміцність, водонепроникність, пакувальний матеріал.

*Osyka V. A.*

*ORCID ID:0000-0002-5081-7727, ResearcherID: N-3528-2016,*

*Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Science, Safety and Quality Management, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv*

*Koptiuh L. A.*

*ORCID ID:0000-0001-6205-6120, ResearcherID: N-3275-2016,*

*Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv*

*Komakha V. O.*

*ORCID ID:0000-0001-6498-9047, ResearcherID: N-3247-2016,*

*Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv*

Shulga O. S.,

ORCID ID:0000-0003-0312-890X, ResearcherID: N-3265-2016,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv

## QUALITY FORMATION OF PAPER BASE FOR WET-STRENGTH AND WATER-PROOF PACKING MATERIAL

**Abstract.** The production of the pack paper with a high level of consumer properties involves the processing of the paper base by a chemical complex, while the paper base must retain its microporous properties to ensure gas exchange of the packed product with the environment. Paper base samples of different density from sulfate coniferous non-bleached cellulose and its composition with sulfate non-bleached leafy cellulose with a degree of grinding 55-65 ° SR and mass ratios 80:20, 70:30 and 60:40 have been studied in the article. There have been established that the introduction of leafy cellulose with short fibers contributes to obtaining the even and closed structure of paper and allows to provide the necessary parameters level of air permeability, surface integrity and strength of the paper base for the production of wet-strength and water-proof packing materials at a density of 0.65-0.75 g/cm<sup>3</sup>.

**Key words:** paper base, paper density, wet-strength, water-proof, packing material.

**JEL Classification:** C91; L73; L69

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2019-22-02>

**Постановка проблеми.** Відомо, що міцність паперу у вологому стані є незначною і характеризується показником вологоміцності, який визначається відношенням руйнівного зусилля паперу у вологому та сухому станах. Вологоміцність паперу без додаткового оброблення поверхні хімічними речовинами знаходиться на рівні 4-5% в залежності від виду целюлози, ступеня помелу паперової маси, міцності паперу-основи. Водостійким вважається папір, який у стані повного насичення водою зберігає принаймні 15 % своєї механічної міцності у сухому стані.

Водонепроникність паперу характеризується його здатністю не пропускати воду і залежить від структурної щільності паперу та стану його поверхні, наявності покриття, вмісту гідрофобних речовин, що, в свою чергу, визначається видом волокнистої сировини, ступенем її розроблення, технологією виготовлення паперу, відповідними показниками поверхневої вбирності води та повітропроникності. При цьому, проникаючи у міжволоконний простір паперу, вода руйнує зв'язки, що утворилися між целюлозними волокнами, знижуючи його міцність.

Для підвищення вологоміцності та водонепроникності паперу застосовують різні хімічні сполуки та речовини, що сприяють створенню нових зв'язків між волокнами та підвищують стійкість паперу до дії вологи. Тому для забезпечення відповідних властивостей пакувального паперу важливе значення мають структура та властивості паперу-основи, на поверхню якого будуть нанесені гідрофобні складки, що підвищують його стійкість у вологому стані. На нашу думку, вони повинні характеризуватися відповідними значеннями показників поверхневої вбирності та повітропроникності за високого рівня механічної міцності.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Структура паперу являє собою набір хаотично орієнтованих у просторі відповідним чином підготовлених целюлозних волокон, а міцність його забезпечується тільки безпосередніми зв'язками волокон між собою [1-3]. Проведені дослідження показали, що для досягнення невисоких показників водо- та повітропроникності паперу процес розмелювання целюлози слід проводити до досягнення глибокого ступеня розроблення волокна і незначного його укорочення [4, 5].

Водонепроникність можна підвищити шляхом збільшення щільності паперу [6-9]. Однак підвищення щільності та зниження загальної пористості не завжди супроводжується зростанням показників водонепроникності та вологоміцності [10-14]. Крім того, пакувальний паперовий матеріал повинен зберігати свої мікропористі властивості для забезпечення газообміну упакованого товару з навколишнім середовищем, який повинен здійснюватися рівномірно по всій його поверхні [15, 16]. Тобто папір повинен бути не тільки з однорідним розподілом пор, але його міцнісні властивості повинні бути також максимально рівномірними по всій площі паперового полотна [17-19].

**Постановка завдання.** Існує ряд факторів, які сприяють підвищенню вологоміцності та водонепроникності паперу, а саме [3]: якість паперової маси для виготовлення паперу, що, в свою чергу, оцінюється ступенем помелу целюлозного волокна та його розмірами, ступенем гідратації та фібрилювання під час розмелювання без надмірного укорочення; умови формування паперового полотна; властивості паперу-основи; реакційна здатність поверхні та наявність активних гідроксильних груп целюлозних волокон, що можуть вступати у взаємодію з компонентами складу для надання водонепроникності та вологоміцності. Метою дослідження є виявлення

закономірностей та встановлення оптимальних параметрів виготовлення паперу-основи вологоміцних та водонепроникних паперових пакувальних матеріалів.

**Матеріали та методи.** Для досліджень були виготовлені зразки паперу з сульфатної хвойної небіленої целюлози, а також її композиції з сульфатною небіленою листяною целюлозою зі ступенем помелу 55-65 °ШР за масових співвідношень 80:20; 70:30 та 60:40. Подальше розмелювання вищезазначених показників призводить до значного укорочення целюлозних волокон та їх провалу через сітку папероробної машини під час формування паперу, нерівномірності його поверхні та зниження механічної міцності. При цьому папір із масою площі 1 м<sup>2</sup> – 50 г піддавали ущільненню на каландрі до різних показників щільності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Показники якості паперу значною мірою забезпечуються використанням волокнистих напівфабрикатів, що застосовуються для його виготовлення. Нами вибрана композиція на основі сульфатної небіленої целюлози з хвойних порід деревини, що має найбільшу довжину волокон і високі фізико-механічні показники. Целюлоза з листяної деревини має коротші і ширші за розмірами волокна. Вибір композицій проведено, виходячи з таких міркувань: волокна сульфатної целюлози з хвойної деревини є більш гнучкими, мають високу міцність, незначною мірою вкорочуються під час розмелювання до ступеня помелу 55-65 °ШР, фібрилюючись при цьому та сприяючи зростанню площі дотику між волокнами та кількості утворюваних зв'язків між волокнами целюлози на стадії формування полотна паперу. Введення листяної целюлози з короткими

волокнами сприяє отриманню рівномірної і зімкнутої структури паперу.

Запропоновані композиції з листяної та хвойної целюлози за різних співвідношень та щільності виготовленого з них паперу суттєво впливають на показник повітропроникності, поверхневої вбирності та водопроникності.

Як свідчать результати досліджень, які наведено на рис. 1, папір, виготовлений із сульфатної хвойної целюлози, має найнижчу початкову повітропроникність на рівні 250 см<sup>3</sup>/хв за щільності 0,5 г/см<sup>3</sup>. На повітропроникність паперу за вказаної щільності значно впливає вміст листяної целюлози у композиції.

Так, у зразка (2) з найменшим вмістом листяної целюлози повітропроникність є мінімальною серед досліджуваних і перебуває на рівні 282 см<sup>3</sup>/хв, зі збільшенням її вмісту на 10 мас. % та 20 мас. % повітропроникність зростає до 339 та 396 см<sup>3</sup>/хв відповідно. Підвищення щільності паперу до 0,75-0,8 г/см<sup>3</sup> забезпечує розбіжність показника в межах 26 абсолютних одиниць. Однак залежність зберігається – мінімальну повітропроникність (75 см<sup>3</sup>/хв) за щільності 0,8 г/см<sup>3</sup> має зразок (2) з найнижчим вмістом листяної целюлози.

Поверхнева вбирність паперу-основи залежить від його щільності, що характеризує також структуру матеріалу, його пористість, всмоктувальну здатність, показники, що в комплексі впливають на ефективність застосування вологозміцнюючих речовин.

Результати аналізу зміни показників поверхневої вбирності та водопроникності досліджуваних зразків паперу від щільності наведено на рис. 2 і 3.

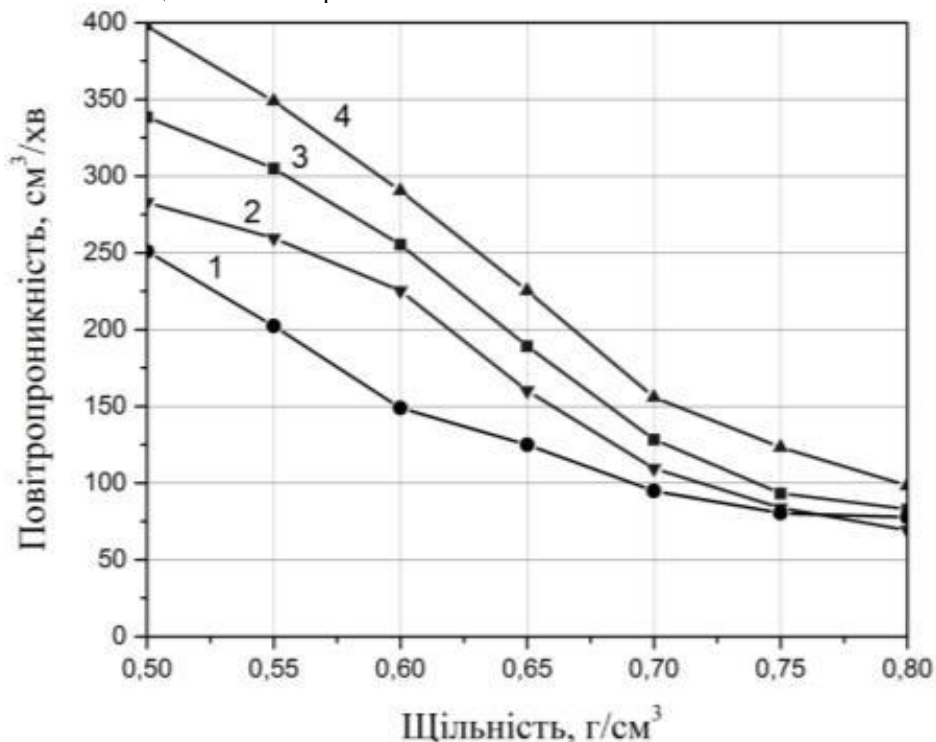


Рис. 1. Залежність повітропроникності від щільності паперу, виготовленого з композиції небіленої сульфатної хвойної і листяної целюлози за різних співвідношень: 1 – 100:0; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40

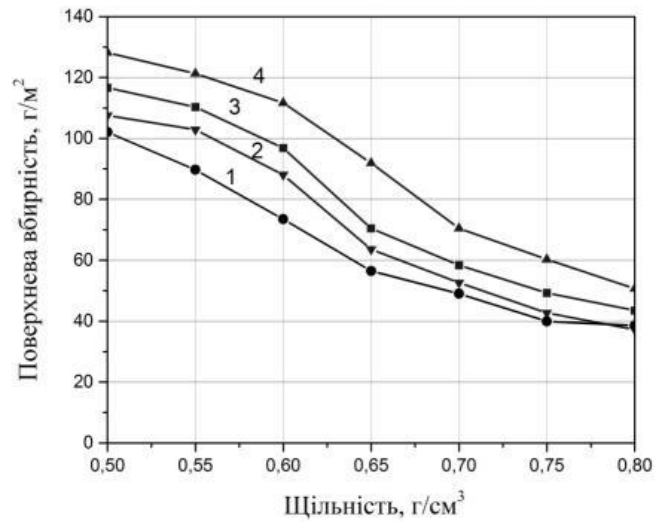


Рис. 2. Залежність поверхневої вбирності від щільності паперу, виготовленого з композиції небіленої сульфатної хвойної і листяної целюлози за різних співвідношень: 1– 100:0; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40

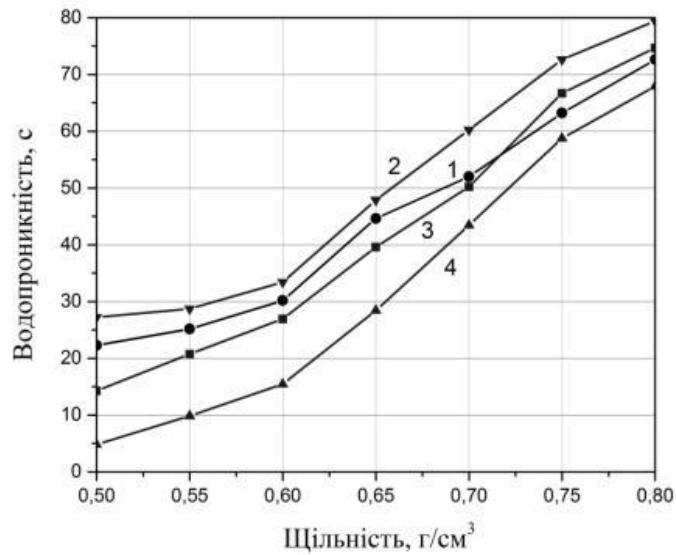


Рис. 3. Залежність водопроникності від щільності паперу, виготовленого з композиції небіленої сульфатної хвойної і листяної целюлози за різних співвідношень: 1– 100:0; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40

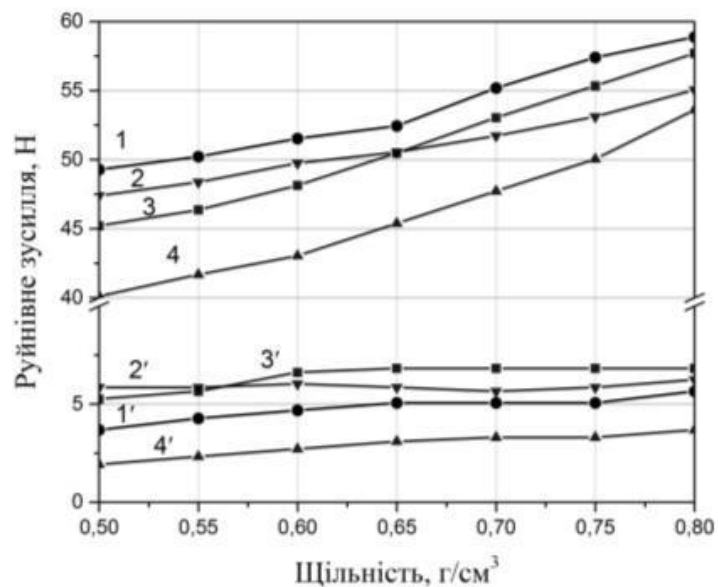


Рис. 4. Залежність руйнівного зусилля в сухому (1, 2, 3, 4) та вологому (1', 2', 3', 4') станах від щільності паперу, виготовленого із композиції небіленої сульфатної хвойної і листяної целюлози за різних співвідношень: 1– 100:0; 2 – 80:20; 3 – 70:30; 4 – 60:40

Характеризуючи поверхневу вбирність досліджуваних зразків паперу, слід зазначити, що із зростанням щільності паперу зазначений показник зменшується. Причому встановлено закономірність зростання поверхневої вбирності паперу із збільшенням вмісту в його композиції листяної целюлози.

Однією з найважливіших властивостей паперових пакувальних матеріалів для вологовмісної продукції є здатність чинити опір проникненню води, що характеризується показником водонепроникності. Встановлено, що папір із композиції хвойної та листяної целюлози за співвідношень 80:20 (зразок 2) і 70:30 (зразок 3) за щільності 0,75 г/см<sup>3</sup> має більш рівномірно упаковану внутрішню структуру, що здатна створювати вищий опір проникненню води (72 та 66 с відповідно) порівняно з папером із сульфатної хвойної целюлози (23 с, зразок 1).

Результати дослідження впливу складу композиції паперу на його механічні властивості свідчать про різний механізм забезпечення міцності паперу в сухому та вологому станах (рис. 4). Комбінування листяної целюлози з хвойною (2-4) призводить до втрати механічної міцності матеріалу в сухому стані порівняно з міцністю паперу, виготовленого з однокомпонентної паперової маси (1). Папір із хвойної та листяної целюлози за співвідношення 60:40 при щільності 0,5 г/см<sup>3</sup> має руйнівне зусилля на 20% менше, ніж у паперу із хвойної целюлози.

Із збільшенням щільності папір (4) має більше зростання механічної міцності. Подібна залежність відмічена також для зразків паперу (2, 3) із композиції двох видів целюлоз, однак найвищий рівень показника руйнівного зусилля має папір із хвойної сульфатної целюлози.

Інша ситуація відмічена для залежності руйнівного зусилля паперу від щільності у вологому стані. Зразки паперу 2 і 3, композиція яких містить 20 і 30 мас. % листяної целюлози відповідно, мають більше руйнівне зусилля у вологому стані порівняно з папером на основі 100% хвойної сульфатної целюлози.

Точка перегину досягається тоді, коли подальший розвиток сил зв'язку вже не може компенсувати падіння міцності за рахунок зниження середньої довжини волокна в папері і, відповідно, зниження міцності самого волокна в процесі подальшого розмелювання, ослабленого у процесі помелу. Такі результати можна пояснити меншою доступністю внутрішньої структури полотна паперу з вмістом більш короткої фракції волокон листяної целюлози до дії води, при цьому більш довгі волокна хвойної целюлози виконують армуючу функцію.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Таким чином, використання в якості волокнистого напівфабрикату паперової маси з небіленої сульфатної хвойної целюлози та її композицій з небіленою сульфатною листяною целюлозою за співвідношень 80:20 та 70:30 дозволяє забезпечити необхідний рівень показників повітропроникності, поверхневої вбирності та міцності паперу-основи для виготовлення вологомісних та водонепроникних пакувальних

матеріалів за щільності 0,65-0,75 г/см<sup>3</sup>. При цьому розмелювання целюлозних волокон паперової маси до ступеня помелу 55-65 °ШР надає їм гнучкості і пластичності, що сприяє кращому їх переплетінню, зчепленню та зв'язуванню між собою на стадії формування паперового полотна та забезпеченню необхідних властивостей паперу, що дає можливість використовувати його в якості основи пакувального водонепроникного та вологомісного паперу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Примаков П. С. Технологія паперу і картону / П. С. Примаков, В. А. Барабаш. – К. : ЕКМО, 2008. – 425 с.
2. Фляте Д. М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов / Д. М. Фляте. – М. : Лесная промышленность, 1990. – 136 с.
3. Осика В. А. Паперові пакувальні матеріали : монографія / В. А. Осика, Л. А. Коптюх. – К. : КНТЕУ, 2018. – 464 с.
4. Вураско А. В. Влияние степени помола на сорбционные свойства целлюлозы из недревесного растительного сырья / А. В. Вураско, Е. И. Фролова // Леса России и хозяйство в них. – 2013. – С. 123-126.
5. Коптюх Л. А. Разработка и организация производства жиронепроницаемой и влагопрочной упаковочной бумаги / Л. А. Коптюх // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 1997. – № 11-12. – С. 28-30.
6. Карпунин И. И. Технологические режимы переработки растительного сырья для производства упаковки / И. И. Карпунин, В. В. Кузьмич, Т. Ф. Балабанова // Наука и техника. – 2011. – № 3. – С. 34-38.
7. Кулешов А. В. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон / А. В. Кулешов, А. С. Смолин // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – С. 110-112.
8. Мирзаева М. В. Факторы, влияющие на специфические свойства бумаги конкретного назначения / М. В. Мирзаева, Х. А. Бабаханова // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2013. – № 2. – С. 13-17.
9. 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.
10. Sahin H. T. A Study on Physical and Chemical Properties of Cellulose Paper Immersed in Various Solvent Mixtures / H. T. Sahin, M. B. Arslan // International Journal of Molecular Sciences. – 2008. – Vol. 9, Issue 1. – P. 78-88.
11. Akuzova D., Brummer F., Vladkova T. Some possibilities to reduce the biofilm formation on transparent siloxane coatings // Colloids and Surfaces B-Biointerfaces. – 2013. – Apr. – T. 104. – С. 303-310.
12. Gorazdova V. V., Dernova E. V., Dul'kin D. A., Okulova E. O. The Effect of Fiber Brushing and Shortening when Beating on the Strength, Deformation

and Fracture Toughness Properties of Cellulosic Materials // *Lesnoy Zhurnal-Forestry Journal*. – 2018. – № 2. – С. 109-121.

13. Sampson W. W. Materials properties of paper as influenced by its fibrous architecture // *International Materials Reviews*. – 2009. – May. – Т. 54, № 3. – С. 134-156.

14. Hosoya T. Cellulose–hemicellulose and cellulose–lignin interaction sin wood pyrolysis at gasification temperature / T. Hosoya, H. Kawamoto, S. Saka // *Journal of analytical and applied pyrolysis*. – 2007. – Vol. 80. – № 1. – P. 118-125.

15. Vaha-Nissi M., Lappalainen T., Salminen K. The wet strength of water- and foam-laid cellulose sheets prepared with polyamideamine-epichlorohydrin (PAE) resin // *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. – 2018. – Sep. – Т. 33, № 3. – С. 496-502.

16. Yang D., Stimpson T. C., Soucy J., Esser A., Pelton R. H. Increasing wet adhesion between cellulose surfaces with polyvinylamine // *Cellulose*. – 2019. – Jan. – Т. 26, № 1. – С. 341-353.

17. Исследование влияния химического состава целлюлозы на физико-механические свойства бумаги / [Э. Р. Мулина и др.] // *Современные наукоемкие технологии*. – 2015. – № 9. – С. 32-38.

18. Nanofibrillation and nanofiber network characteristics / S. Iwamoto, K. Abe, H. Yano // *Biomacromolecules*. – 2008. – Vol. 9. – № 3. – P. 1022-1026.

19. Yang H. et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and ligninpyrolysis / Yang H. et al. // *Fuel*. – 2007. – Vol. 86. – № 12–13. – P. 1781-1788.

## REFERENCES

1. Prymakov, P. S. (2008), *Tekhnolohiia paperu i kartonu*, Kyiv, EKMO.

2. Fliate, D. M. (1990), *Bumagobrazuiushchie svoistva voloknistikh materialov*, Moscow, Lesnaia promyshlennost.

3. Osyka, V. A. (2018), *Paperovi pakuvalni materialy*, Kyiv, KNUTE.

4. Vurasko, A. V. and Frolova, E. Y. (2013), Vliyanye stepeny pomola na sorbtsyonnye svojstva tselliulozy yz nedrevesnogo rastytel'noho syr'ia, *Lesn Rossyy y khoziajstvo v nykh*, s. 123-126.

5. Koptiukh, L. A. (1997), Razrabotka y orhanyzatsyia proyzvodstva zhyronepronytsaemoj y vlahoprochnoj upakovochnoj bumahy, *Tselliuloza. Bumaha. Karton.*, № 11-12, s. 28-30.

6. Karpunyn, Y. Y. Kuz'mych, V. V. and Balabanova, T. F. (2011), Tekhnolohycheskye rezhymy pererabotky rastytel'noho syr'ia dlia proyzvodstva upakovky, *Nauka y tekhnika*, № 3, s. 34-38.

7. Kuleshov, A. V. and Smolyn, A. S. (2008), Bumagobrazuiushchyie svojstva vtorychnykh

rastytel'nykh volokon, *Khymiya rastytel'noho syr'ia*, № 2, s. 110-112.

8. Myrzaeva, M. V. and Babakhanova, Kh. A. (2013), Faktory, vlyaiushchyie na spetsyficheskyie svojstva bumahy konkretnogo naznacheniya, *Yzvestyia vysshykh uchebnykh zavedeniy. Problemy polyhrafyy y yzdatel'skoho dela*, № 2, s. 13-17.

9. Analiz vliyaniya kachestva tselliuloznogo syr'ia na prochnostnye y sorbtsyonnye svojstva upakovochnykh vydov kartona, O. A. Myshuryina y dr. (2017), *Mezhdunarodnyj zhurnal prykladnykh y fundamental'nykh yssledovanyj*, № 1–1, s. 9-13.

10. Sahin, H. T. (2008), A study on physical and chemical properties of cellulose paper immerse dinvarious solvent mixtures, *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 9 (1), pp. 78-88.

11. Akuzova, D. Brummer, F. and Vladkova T. (2013), Some possibilities to reduce the biofilm formation on transparent siloxane coatings, *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces*, vol. 104, pp. 303-310.

12. Gorazdova, V. V. Dernova, E. V. Dul'kin, D. A. and Okulova, E. O. (2018), The effect of fiber brushing and shortening when beating on the strength, deformation and fracture toughness properties of cellulosic materials, *Lesnoy Zhurnal – Forestry Journal*, vol. 2, pp. 109-121.

13. Sampson, W. W. (2009), Materials properties of paper as influenced by its fibrous architecture, *International Materials Reviews*, vol. 54 (3), pp. 134-156.

14. Hosoya, T. (2007), Cellulose–hemicellulose and cellulose–lignin interaction sin wood pyrolysis at gasification temperature, *Journal of analytical and applied pyrolysis*, vol. 1(80), pp. 118-125.

15. Vaha-Nissi, M. Lappalainen, T. Salminen, K. (2018), The wet strength of water- and foam-laid cellulose sheets prepared with polyamideamine-epichlorohydrin (PAE) resin, *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, vol. 33 (3), pp. 496-502.

16. Yang, D. Stimpson, T. Soucy, J. Esser, A. and Pelton R. (2019), Increasing wet adhesion between cellulose surfaces with polyvinylamine, *Cellulose*, vol. 26 (1), pp. 341-353.

17. Yssledovanye vliyaniya khymycheskoho sostava tselliulozy na fizyko-mekhanicheskyie svojstva bumahy, E. R. Mullyna y dr. (2015), *Sovremennyye naukoemkye tekhnolohyy*, № 9, s. 32-38.

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

19. Yang H. (2007), Characteristics of hemicellulose, cellulose and ligninpyrolysis, *Fuel*, vol. 86 (12–13), pp. 1781-1788.

Стаття надійшла до редакції 15 лютого 2019 р.