

УДК 676.017.46+676.064

## РЕНТГЕНОСТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ «ПАПІР–ПОЛІМЕР»

С. Ф. Гавенко, М. С. Кадиляк, Л. Й. Кулік

Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

*Проаналізовано умови зберігання друкованих видань і фактори, які впливають на довговічність стародруків в бібліотеках та архівосховищах. Виявлені проблеми забезпечення довговічності друкованих видань, які є актуальні і щораз більше загострюються та ускладнюються з плином часу. Збільшення довговічності друкованих видань для їх зберігання можливе завдяки впровадженню новітніх наукових досягнень, зокрема застосуванню технології спеціальної обробки паперової друкованої продукції. Для підвищення довговічності паперу запропоновано спосіб обробки паперу зміцнювальними розчинами.*

*Досліджено вплив зміцнювальних розчинів на властивості паперу, для виявлення особливості взаємодії системи «папір–полімер» використали метод рентгеноструктурного аналізу. Для дослідження взаємодії розчину з папером зроблені мікрофотографії поперечних зрізів паперів. Зазначено, що полімерний розчин всотується у структуру паперу, зміцнюючи структуру, і частково залишається на поверхні. Нанесення поверхневої проклейки збільшує міцність паперу, захищає паперову основу документа від пилу, світла, вологості і здебільшого від цвілі, знижує шкідливий вплив перепадів вологості повітря.*

*Зазначено, що найефективнішим для використання у практиці консервативних робіт є ЕТС-ПВП. Такий спосіб обробки паперових носіїв інформації можна розглядати як періодичне відновлення довговічності і механічної міцності документа.*

**Ключові слова:** папір, довговічність видань, захист друкованих видань, консервація та реставрація стародруків, рентгеноструктурний аналіз.

**Постановка проблеми.** Проблема забезпечення довговічності друкованих видань, що зберігаються в бібліотеках, архівах, музеях, актуальна на сьогодні й щораз більше загострюється та ускладнюється з плином часу.

Фізичне зберігання паперу забезпечується комплексом заходів. Якщо є умови для підтримки оптимальних значень температури і вологості, очищення повітря і приміщень від пилу і мікроорганізмів, відсутність випадкових затоплень та пожеж, запобігання проникненню гризунів і комах, то буде і гарантія фізичного збереження паперу. На жаль, умови зберігання книг та документів в архівах і книгосховищах є незадовільними, а тому потребують проведення профілактичних заходів. Весь обсяг профілактичних заходів передбачає принцип «превентивної консервації», який

базується на різних способах створення оптимальних умов сповільнення процесів фізико-хімічного та біологічного старіння, виключаючи можливість пошкодження книги. Для підвищення довговічності паперу науковці УАД (Львів) запропонували спосіб обробки паперу біоцидними розчинами, які дають змогу нейтралізувати кислотність паперу, надати йому антисептичних властивостей із прийнятими показниками міцності. Саме тому проклеїлка зразків паперу зміцнювальними розчинами за тривалого зберігання потребувала перевірки і аналізу [1, 2].

**Мета статті** — дослідження особливостей взаємодії системи «папір–полімер» за допомогою рентгеноструктурного аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для досліджень використовували зразки чистого бавовняного паперу (1) та модифікованого обробкою його поверхні з однієї сторони 0,01 % розчином в ацетоні етилтіосульфанілату (2), 0,1 % розчином в ацетоні суміші етилтіосульфанілату ПВП (3), чистого ПВП (4) [3, 4].

Для рентгенографічних дослідження використовували метод ширококутового розсіювання рентгенівських променів за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-4-07. Рентгенооптична схема дифрактометра була виконана в одному випадку за схемою Брегга-Брентано (на «відбиття» рентгенівських променів від поверхні досліджуваного зразка), а в другому за схемою Шеррера (на «проходження» рентгенівських променів через досліджуваний зразок) [5]. Дослідження виконували в  $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванні, монохроматизованому  $\text{Ni}$ -фільтром.

Мікрофотографування поверхні зразків паперу здійснювалося в системі, яка складається з оптичного мікроскопа «Ломо» (об'єктив \*10, окуляр \*15), перехідника-адаптера, цифрової камери «Olympus» та периферійних пристроїв телевізійного монітора, а також пульта дистанційного управління камерою. У системі використовується серійна цифрова камера марки «Olympus», яка дає змогу записувати інформацію через мікроскоп зображення в цифровому форматі та в реальному час виводити зображення на монітор. У системі 55 передбачено можливість зміни фокусної віддалі об'єктива та висоти трубки адаптера і використання функції цифрового збільшення, що в результаті призводить до можливості широких варіацій величини лінійного збільшення, якості та чіткості зображення [6, 7].

Для виявлення особливості взаємодії системи «папір–полімер» використали метод рентгеноструктурного аналізу (рис. 1). Дослідження структурної організації вихідного зразка бавовняного паперу (крива 3), модифікованого шляхом обробки його поверхні (з однієї або з обох сторін) 1 % розчином в ацетоні етилтіосульфанілату (крива 1) або 10 % розчином в ацетоні етилтіосульфанілату (крива 1), або 10 % розчином в ацетоні етилтіосульфанілату (крива 1), або 10 % розчином в ацетоні суміші етилтіосульфанілату ПВП (крива 3), проводили методом ширококутового розсіювання рентгенівських променів [5].

Встановлено, що внаслідок значної структурованості та волокнистості поверхні бавовняного паперу дослідження за схемою Брегга-Брентано (рис. 1, а) не дають певного результату, при цьому на дифрактограмах видно лише аморфно-кристалічну структуру целюлозної основи паперу.

Дослідження за схемою Шеррера (рис. 1, б) є результативними, оскільки на дифрактограмі зразка бавовняного паперу, обробленого 0,1 % розчином в ацетоні суміші ПВП етилтіосульфанілатом, є прояв двох малоінтенсивних дифракційних максимумів (на кривій 3 вказані стрілками), що характеризують аморфну структуру ПВП, яка знаходиться не на поверхні паперу, а в його об'ємі, оскільки капілярна будова паперу має властивість втягувати рідину (розчин).

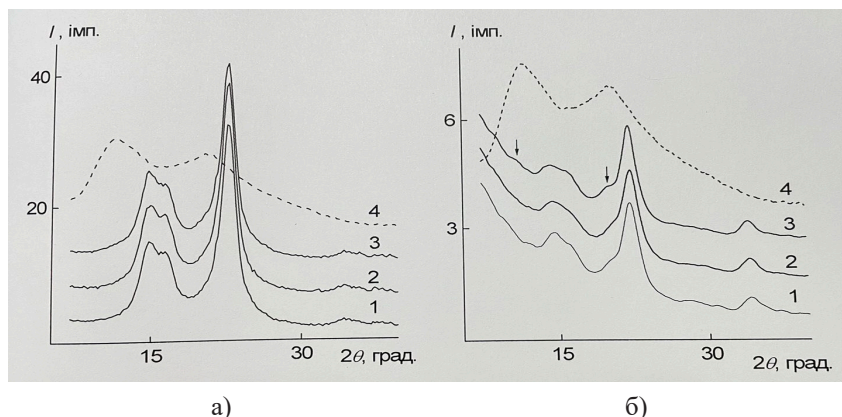


Рис. 1. Ширококутові рентгенівські дифрактограми зразків чистого бавовняного паперу (1) та модифікованого обробкою його поверхні з однієї сторони 0,01 % розчином в ацетоні етилтіосульфанілату (2) чи 0,1 % розчином в ацетоні суміші етилтіосульфанілату ПВП (3), крива 4 дифрактограма чистого ПВП: а) — дослідження за схемою Бреґга-Брентано; б) — за схемою Шеррера

Структура полімеру має здатність «зшивання» ланцюгів макромолекул і переходу речовини в нерозчинний стан. Для того щоб переконатися, чи відбувається спонтанний процес «зшивання» і перехід полімеру в нерозчинний стан, ми перевіряли можливість видалення плівки, нанесеної на папір. Бавовняний папір, оброблений ЕТС-ПВП, після трьох років перебування в нормальних умовах, був занурений в ацетон, плівка розчинилася і видалилася цілком.

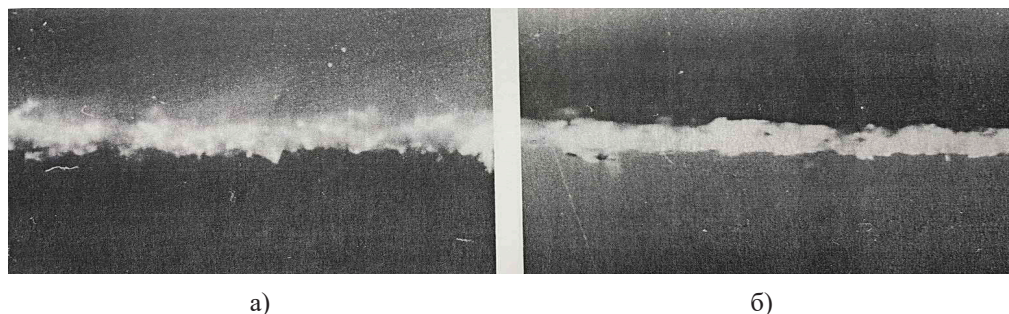


Рис. 2. Мікрофотографії поперечних зрізів бавовняного паперу: а) — чистого паперу; б) — паперу з полімером (зб. х 100)

Для дослідження взаємодії розчину з папером зроблені мікрофотографії поперечних зрізів паперів (рис. 2). З мікроскопічних досліджень видно, що полімер частково всотується в товщину паперового аркуша, а основна його маса залишається на поверхні паперу і утворює плівку. Полімер виконує функції поверхневої проклейки. Саме завдяки цьому зростає механічна міцність паперу. На ламкому, крихкому папері і після його обробки полімером при перегибах утворюються тріщини, але фрагменти, що відриваються, тримаються за допомогою поверхневої плівки.

**Висновки.** Полімерний розчин всотується в структуру паперу, зміцнюючи структуру паперу, і частково залишається на поверхні. Нанесення поверхневої проклейки збільшує міцність паперу, захищає паперову основу документа від пилу, світла, вологості і здебільшого від цвілі, знижує шкідливий вплив перепадів вологості повітря. Найбільш ефективним для використання у практиці консервативних робіт є ЕТС-ПВП. Такий спосіб обробки паперових носіїв інформації можна розглядати як періодичне відновлення довговічності та механічної міцності документа.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Використання методів термоаналізу для визначення стабільності паперу / Кадиляк М., Кочубей В., Онищенко Т., Єлічева В. *Технологія і техніка друкарства*. 2004. Вип. 4. С. 105–110.
2. Кадиляк М. С., Онищенко Т. І. Ефективність автоматизованого пристрою для хімічного оброблення паперу. *Поліграфія і видавнича справа*. 2009. Вип. 41. С. 20–24.
3. Патент України D21H 25/00, A01N 31/00, A01N 25/02, C07C 309/006. Сірковмісна біоцидна композиція для захисту паперу / Кадиляк М. С., Комаровська-Порохнявець О. З., Онищенко Т. І., Швед О. В., Новіков В. П. ; заявник і патентовласник Українська академія друкарства. № 20031110091 ; заявл. 10.11.2003 ; опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2. 75. Пат. 76229 С2. Патент України D21H 25/00.
4. Біоцидна композиція для захисту паперу / Кадиляк М. С., Комаровська-Порохнявець О. З., Онищенко Т. І., Скорохода В. Й., Суберляк О. В., Швед О. В., Новіков В. П. ; заявник патентовласник Українська академія друкарства. 20040503904 ; заявл. 24.05.2004 ; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.
5. Мудрий С. І., Кулик Ю. О., Якимович А. С. Рентгеноструктурний аналіз у матеріалознавстві : навч.-метод. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 226 с.
6. Havenko S., Labetska M., Ohirko O., Mykhaylyshyn G. Investigation of the influencing factors on the strength of adhesive binding of book blocks. *PRZEGLĄD PAPIERNICZY*. Wrzesień, 2018. No 74. Pp. 1–5.
7. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону : навч. посіб. для вузів. Київ : ЕКМО, 2002. 396 с.

#### REFERENCES

1. Kadyliak, M., Kochubei, V., Onyshchenko, T., & Yelicheva, V. (2004). Vykorystannia metodiv termoanalizu dlia vyznachennia stabilnosti paperu. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 4, 105–110 (in Ukrainian).

2. Kadyliak, M. S., & Onyshchenko, T. I. (2009). Efektyvnist avtomatyzovanoho prystroiu dlia khimichnogo obrobлення paperu. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 41, 20–24 (in Ukrainian).
3. Patent Ukrainy D21H 25/00, A01N 31/00, A01N 25/02, C07C 309/006. Sirkovmisna biotsydna kompozytsiia dlia zakhystu paperu / Kadyliak M. S., Komarovska-Porokhniavets O. 3., Onyshchenko T. I., Shved O. V., Novikov V. P. ; zaiavnyk i patentovlasnyk Ukrainiska akademiiia drukarstva. № 20031110091 ; zaiavl. 10.11.2003 ; opubl. 15.02.2007, Biul. № 2. 75. Pat. 76229 S2. Patent Ukrainy D21H 25/00 (in Ukrainian).
4. Biotsydna kompozytsiia dlia zakhystu paperu / Kadyliak M. S., Komarovska-Porokhniavets O. 3., Onyshchenko T. I., Skorokhoda V. Y., Suberliak O. V., Shved O. V., Novikov V. P. ; zaiavnyk patentovlasnyk Ukrainiska akademiiia drukarstva. 20040503904 ; zaiavl. 24.05.2004 ; opubl. 17.07.2006, Biul. № 7 (in Ukrainian).
5. Mudryi, S. I., Kulyk, Yu. O., & Yakymovych, A. S. (2017). Renthenostrukturnyi analiz u materialoznavstvi. Lviv : LNU imeni Ivana Franka (in Ukrainian).
6. Havenko, S., Labetska, M., Ohirko, O., & Mykhaylyshyn, G. (Wrzesień, 2018). Investigation of the influencing factors on the strength of adhesive binding of book blocks. *PRZEGLĄD PAPIERNICZY*, 74, 1–5 (in English).
7. Prymakov, S. P., & Barbash, V. A. (2002). Tekhnolohiia paperu i kartonu. Kyiv : EKMO (in Ukrainian).

doi: 10.32403/2411-3611-2022-1-41-16-21

## **X-RAY STRUCTURAL ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE “PAPER - POLYMER” SYSTEM INTERACTION**

S. F. Havenko, M. S. Kadyliak, L. Yo. Kulik

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
kadelakmk@gmail.com*

*The storage conditions of printed editions and the factors that affect the durability of old prints in libraries and archives are analysed. The problems of ensuring the durability of printed publications are identified, which are relevant and increasingly aggravated and complicated over time. Increasing the durability of printed publications for their storage is possible thanks to the introduction of the latest scientific achievements, in particular, the use of technology for special processing of paper printed products. To increase the durability of paper, a method of treating paper with strengthening solutions is proposed.*

*The influence of strengthening solutions on the properties of paper is studied, and the method of structural analysis is used to reveal the peculiarities of the interaction of the “paper – polymer” system. To study the interaction of the solution with the paper, photomicrographs of the cross-sections of the papers are taken. It is noted that the polymer solution is absorbed into the structure of the paper, strengthening it, and par-*

tially remains on the surface. Applying surface gluing increases the strength of the paper, protects the paper basis of the document from dust, light, humidity and, in most cases, from mold, reduces the harmful effects of changes in air humidity.

It is noted that the most effective for use in the practice of conservative works is ETS-PVP. This method of processing paper media can be considered as periodic restoration of durability and mechanical strength of the document. The polymer solution is absorbed into the paper structure, strengthening the paper structure and partially remains on the surface. The polymer performs the functions of surface gluing. This increases the mechanical strength of the paper. Fragile, fragile paper and after its treatment with a polymer, cracks are formed at the bends, but the fragments that break off are held with the help of a surface film.

**Keywords:** paper, durability of publications, protection of printed publications, conservation and restoration of old prints, structural analysis.

*Стаття надійшла до редакції 10.02.2022.*

*Received 10.02.2022.*