

УДК 655.531

Т.Ю. Киричок, Н.Л. Талімонова, В.І. Заріцька, А.І. Денисюк

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОНИКНЕННЯ ФАРБИ В ПАПІР З ВОДЯНИМИ ЗНАКАМИ ПІД ЧАС ОФСЕТНОГО ДРУКУ

In this paper, we propose the model of ink fixing on paper with watermarks: properties of positive watermark areas are similar to high-calender paper and properties of areas beyond positive watermark and areas of negative watermark are similar to paper of machine smoothness. It causes difference of ink pigment and binding agent penetration into paper. Colorimetric evaluation of the difference between area of positive watermark and beyond it for offset printed paper with watermark shows the essential distinction: the value of colour shift ΔE^* is 6,5–20,0 and it depends on ink thickness. The technique of preparing paper cross sections is developed relying on microtome cuts. The light microscopic study of paper cross sections demonstrate a big difference of ink penetration depth in zone of positive watermark (9–16 μm) and beyond this zone (22–40 μm). Therefore, through experiments conducted by employing colorimetry as well as microscopic study of printed paper with watermarks cross sections, we prove the feasibility of the proposed model.

Вступ

Друковане зображення утворюється в результаті перенесення фарби з друкарської форми та подальшого її закріплення на папері. Друкування є складним колоїдним процесом, суть якого полягає в тому, що рідкий або пластичний матеріал (друкарська фарба) з великою швидкістю наноситься на колоїдний волокнистий шар (папір) з метою отримання на папері певного оптичного ефекту. Незначні відмінності у фарбі, папері чи умовах друку змінюють процес [1]. Зокрема, такі відмінності проявляються під час задруковування паперу з локальними неоднорідностями, якими є водяні знаки.

Одними з найважливіших напрямів досліджень і розробок у сфері захисту цінних паперів та документів суворого обліку (ЦПДСО) є методи, що пов'язані із захистом паперового полотна, яким присвячено майже 20 % усіх розробок [2]. Виготовлення паперу з водяними знаками є одним із найбільш дієвих методів захисту паперового полотна [3].

Отже, папір з водяними знаками є основним матеріалом для виготовлення ЦПДСО. Однак питання закріплення фарби під час друку на такому папері, що, звичайно, має певні особливості через різні характеристики матеріалу на ділянках без водяного знаку та в області водяного знаку, вивчене недостатньо і тому є актуальним.

Дослідження структури поверхні паперу з водяними знаками виявили, що шорсткість паперу на ділянках з негативними водяними знаками є більшою, ніж на звичайній ділянці паперу, що впливає на процес перенесення та закріплення фарби [4, 5].

Аналіз процесу закріплення фарби під час офсетного друку на офсетному папері показав, що під час висихання фарби значна частина зв'язувальної речовини та частина пігменту проникають у структуру паперу [6, 7]. Ступінь такого проникнення залежить від властивостей паперу, насамперед шорсткості, всотуваності, пористості, поверхневої вбирності.

Також встановлено, що має місце різна оптична густина різних ділянок відбитків під час друку однією й тією ж фарбою на банкнотному (з водяними знаками) папері [8].

Таким чином, явища, що відбуваються під час висихання фарби на папері з водяними знаками, потребують вивчення.

Постановка задачі

Метою роботи є моделювання процесу закріплення фарби на папері з водяними знаками під час офсетного друку та експериментальне дослідження проникнення фарби в папір.

Модель закріплення фарби на папері з водяними знаками

Для поверхні паперу характерні нерівності, які поділяють на мікро- і макронерівності. Мікронерівності – це нерівності поверхні, пов'язані з первинними елементами структури: нещільним приляганням структурних елементів паперу (волокон, частинок наповнювача), розмірами самих волокон. Макронерівності – нерівності з великим кроком, які поширюються на великі ділянки поверхні паперу. Окремим випадком макронерівностей паперу є систематичні макронерівності, до яких відносять водя-

ні знаки [3]. У місці розташування водяного знака змінюється структура паперу, а отже, змінюються і характер переходу фарби в процесі друкування, і відповідність кольорових характеристик відбитка оригіналу [9].

Для некрейдованого паперу існує взаємозалежність між масою 1 м^2 , товщиною та ступенем каландрування. Жодна з цих властивостей не може бути змінена без зміни однієї чи двох інших. Так, якщо маса 1 м^2 зменшується, а товщина зберігається без змін, то волокниста структура має вийти більш пористою, з кращою абсорбцією фарби, оскільки менша кількість волокон міститься в тій самій товщині на одиницю площі. Це призводить до того, що папір виходить більш шорстким. Подібний взаємозв'язок спостерігається на ділянках паперу із негативними водяними знаками. На місці, де розташовані позитивні водяні знаки, маса 1 м^2 збільшується, товщина аркуша зберігається без змін, пористість і абсорбція фарби зменшуються, а поверхня аркуша стає більш гладкою [10, 11].

Досить важливим є розподіл складових частин фарби у поверхневих та об'ємних шарах паперу. Глибина проникнення всієї фарбової системи для різних видів паперу різниться незначно, але глибина проникнення зв'язувальної речовини та пігменту різниться істотно [9]. В папір машинної гладкості пігмент проникає значно глибше, ніж у каландрований. Різний характер проникнення окремих компонентів істотно впливає на оптичні характеристики відбитка і на характер закріплення фарби [12].

Висококаландрований папір має значно менш шорстку поверхню порівняно з папером машинної гладкості, а також меншу пористість, що сприяє збільшенню концентрації пігменту у верхньому шарі внаслідок часткової фільтрації зв'язувальної речовини. Крупнопориста структура низькокаландрованого паперу призводить як до більш глибокого проникнення фарбової си-

стеми в цілому, так і до зниження поверхневої концентрації пігменту, а отже, і до зниження оптичної густини відбитка [1, 9].

Оскільки при формуванні водяного знака на папероробній машині змінюється товщина паперу, а каландрування неоднаково впливає на різні ділянки аркуша, можна припустити, що різний характер проникнення окремих компонентів фарби спостерігається і для паперів з водяними знаками. Каландри чинять найбільший тиск на позитивні водяні знаки і мінімальний – на негативні. Каландрування різко зменшує розміри пор і збільшує їх загальну кількість. Тому ділянки з позитивними водяними знаками матимуть властивості, подібні до висококаландрованих паперів, а основний папір і негативні водяні знаки – до друкерських паперів машинної гладкості.

На основі викладеного нами розроблено модель закріплення фарби на папері з водяними знаками (рис. 1). Відповідно до запропонованої моделі на негативних водяних знаках оп-

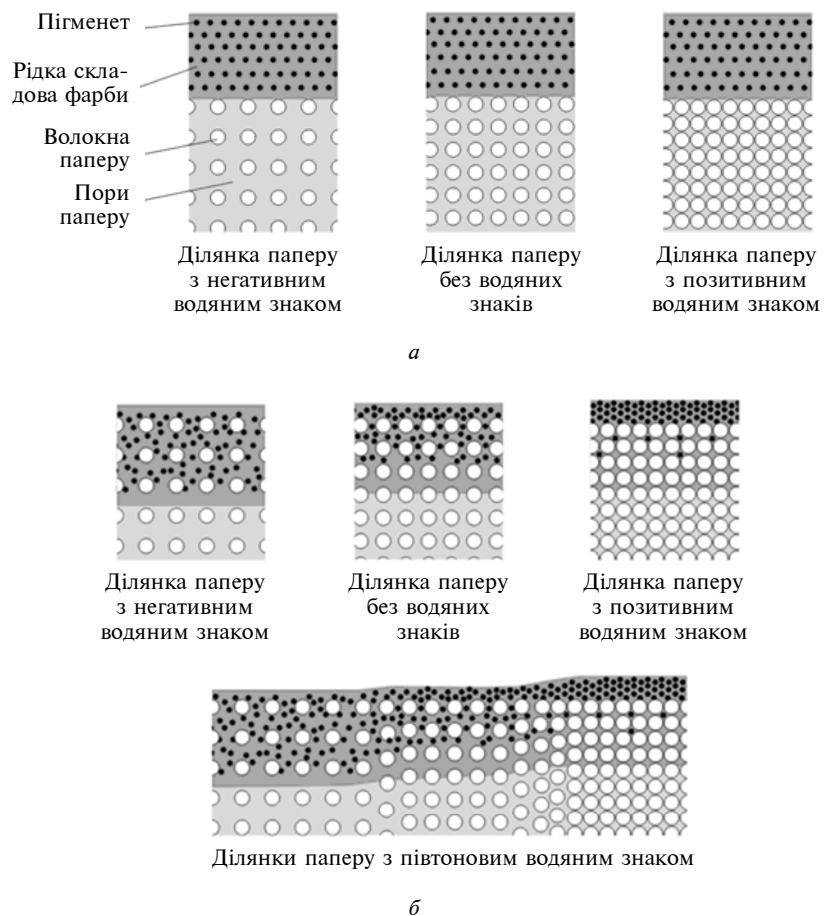


Рис. 1. Модель закріплення фарбового шару на папері, захищеному водяними знаками: *a* – шар фарби відразу після нанесення, *б* – шар фарби після поглинання її папером

тична густина відбитку буде нижчою, ніж на позитивних, тобто чим темніший водяний знак на просвіт, тим більшої насиченості кольору можна на ньому досягти.

Для підтвердження коректності розробленої моделі було проведено дослідження величини колірної зсуву на ділянках водяного знака і поза його межами [13], для чого було виміряно координати кольору ділянок з водяним знаком і без нього та визначено величину колірної зсуву ΔE^* між ними. Встановлено, що мають місце істотні колірні відмінності між ділянкою з водяним знаком і без нього – ΔE^* між цими ділянками становить 6,5–20,0 залежно від товщини фарбового шару (при збільшенні шару фарби колірні відмінності зменшуються). Однак значення колірної зсуву між різними ділянками дуже істотне, що підтверджує коректність запропонованої моделі.

Вимірювання колірних відмінностей є непрямим методом підтвердження коректності моделі закріплення фарбового шару на папері з водяними знаками. Тому було вирішено дослідити проникнення фарби, нанесеної офсетним друком на папір з водяними знаками, за допомогою світлової мікроскопії.

Методика досліджень

Як об'єкт дослідження було вибрано папір з позитивними водяними знаками для друку цінних паперів (рис. 2).



Рис. 2. Папір з позитивними водяними знаками, що використовувався під час досліджень

За допомогою лабораторного друкарського приладу IGT Reptest B.V.C1 на вибраній вид паперу наносилися сумішеві фарби, виготовлені за допомогою програми Ink Formulation на основі базових фарб серії Irocart фірми Hartman. На зразки наносилася різна товщина фарбового шару, яка визначалась ваговим методом.

Для вивчення за допомогою світлової мікроскопії процесів дифузії фарби, нанесеної на папір офсетним друком, розроблено методику приготування зрізів паперу, яка базується на методиках приготування гістологічних препаратів [14], модифіковану з урахуванням природи зразків. Так, зразки паперу, на відміну від матеріалів біологічного походження, не потребують фіксації (обробки для запобігання розкладенню) та дегідратації. Також з урахуванням того, що метою досліджень є вивчення дифузії офсетної фарби в папір, не виконується фарбування зрізів. Розроблена методика включає розрізування задрукованих зразків паперу на смужки розміром 25×5 мм, їх заливання в парафін (процес створення блока, достатньо твердого, щоб бути придатним для подальшого різання на мікротомі), мікротомування (різання на препарати товщиною до 5–7 мкм) та поміщення отриманих препаратів на предметне скло під покривне скло.

Заливання зразків виконувалося в кілька етапів:

1) обробка отриманих смужок у суміші ксилолу та парафіну (“каша” – 50 % ксилолу, 50 % парафіну) протягом 1 год у термостаті за $t = 37^\circ\text{C}$;

2) обробка отриманого на етапі 1 матеріалу в чистому парафіні протягом 1 год у термостаті за $t = 56^\circ\text{C}$;

3) обробка отриманого на етапі 2 матеріалу в новому чистому парафіні протягом 4 год у термостаті за $t = 56^\circ\text{C}$;

4) заливання отриманого матеріалу гарячим парафіном з $t = 60^\circ\text{C}$ у заливальних касетах, у результаті чого отримують парафінові блоки;

5) охолодження парафінових блоків у морозильній камері протягом не менш як 40 хв.

Використовувався спеціальний парафін високого ступеня очистки для гістологічних досліджень Paraplast, який містить пластифікуючу домішку (диметилсульфоксид). Далі за допомогою санного мікротому Точмедприбор МС-2 з охолоджених парафінових блоків отримано зрізи зразків паперу товщиною 5–7 мкм. Потім після перенесення зразків на предметне скло для мікропрепаратів (розмір скла 25×75×1,1 мм) здійснено депарафінування (видалення парафіну ксилолом протягом 10–15 хв за $t = 37^\circ\text{C}$ у термостаті, потім 3–5 хв за кімнатної температури, у результаті чого відбувається розчинення парафіну і отримується тільки зріз паперу). На

отримані депарафіновані препарати наносять канадський бальзам (натуральна смола ялиці бальзамічної, що вирізняється дуже високим ступенем прозорості та нормованим показником заломлення) і покривають покривним склом для мікропрепаратів.

Отримані в результаті зрізи паперу, задрукованого офсетним друкком, було досліджено у світлому полі за допомогою світлового мікроскопа виробництва "Carl Zeiss" (Німеччина) Axiostar Imager, обладнаного цифровою камерою AxioCam ERc5s та системою візуалізації з програмним забезпеченням AxioVision Rel. 4.8.2. У процесі досліджень використовувалося збільшення $\times 100$ – 1000 .

Результати експериментальних досліджень зрізів паперу

Дані мікроскопічного дослідження зрізів задрукованого офсетним способом паперу дають змогу зробити висновок про коректність моделі. Різний ступінь проникнення пігменту на ділянках паперу з позитивним водяним знаком та без нього можна чітко побачити на рис. 3–5, де видно явище більшої концентрації пігменту біля поверхні паперу, а також помітно різний ступінь проникнення як рідкої складової фарби, так і пігменту на ділянках паперу з водяним знаком та без нього. На ділянках з позитивним водяним знаком (більш щільні ділянки на фото) глибина проникнення як пігменту, так і зв'язувальної речовини фарби помітно менша. Так, глибина проникнення колоїдної системи пігмент–зв'язувальна речовина на ділянці позитивного водяного знака становить 9–16 мкм, тоді як на ділянці поза межами водяного знака – 22–40 мкм. Пігмент в області позитивного водяного знака концентрується на

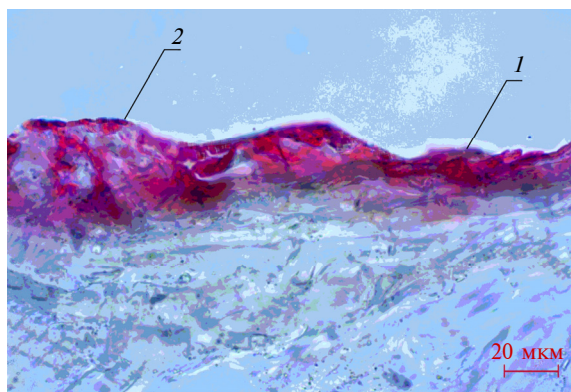


Рис. 3. Фарбовий шар на ділянці з позитивним водяним знаком (1) та поза його межами (2), $\times 400$

поверхні паперу, меншою мірою проникаючи в його товщу, що підвищує оптичну щільність відбитка.

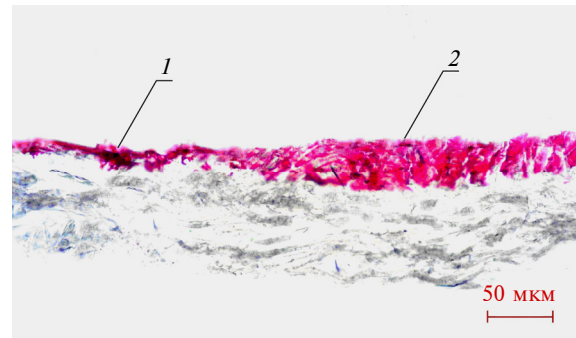


Рис. 4. Фарбовий шар на ділянці з позитивним водяним знаком (1) та поза його межами (2), $\times 200$

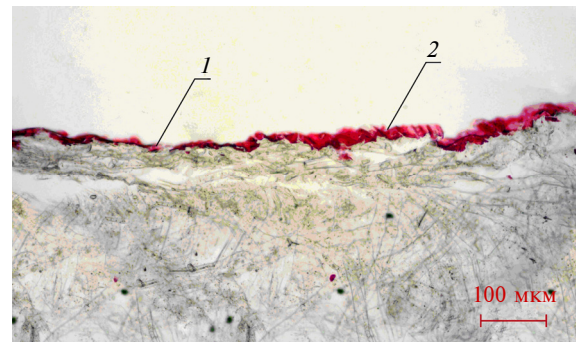


Рис. 5. Фарбовий шар на ділянці з позитивним водяним знаком (1) та поза його межами (2), $\times 100$

Висновки

Відповідно до запропонованої моделі закріплення фарби на папері з водяними знаками, ділянки паперу з позитивними водяними знаками за властивостями подібні до висококаландрованих паперів, ділянки поза межами позитивних водяних знаків і ділянки з негативними водяними знаками – до друкарських паперів машинної гладкості. Тому має місце різний характер проникнення в папір пігменту та зв'язувальної речовини фарби.

Коректність розробленої моделі підтверджено колориметричними дослідженнями, під час яких встановлено істотні колірні відмінності між ділянками з водяним знаком і без нього – величина колірного зсуву ΔE^* між ними становить 6,5–20,0 залежно від товщини фарбового шару.

Дослідження зрізів задрукованого офсетним способом паперу з водяними знаками за допомогою світлової мікроскопії виявило явище більшої концентрації пігменту біля поверхні

паперу, а також помітно різний ступінь проникнення як рідкої складової фарби, так і пігменту на ділянках паперу з водяним знаком та без нього: глибина проникнення колоїдної системи пігмент–зв’язувальна речовина на ділянці з позитивним водяним знаком становить 9–16 мкм, на ділянці поза його межами – 22–40 мкм. Тому за рахунок утримання значної кількості пігменту на поверхні паперу через ущільнення структури паперу в даній ділянці та зменшенням пористості досягається більша насиченість кольору на ділянках із позитивними водяними знаками. Дані проведені вперше мікроскопічних досліджень проникнення пігменту та зв’язувальної речовини фарби в товщу паперу з водяни-

ми знаками на якісному рівні свідчать про коректність моделі, підтвердженої колориметричними дослідженнями.

Урахування в технологічному процесі доведеного нами явища різного проникнення фарби в папір на ділянках з водяним знаком та без нього в процесі її закріплення на відбитку дасть можливість цілеспрямовано коригувати колірність ЦПДСО, зокрема банкнот.

У подальшому доцільно вивчити процеси проникнення фарби в папір для інших видів друку, зокрема для металографічного, оскільки цей вид друку також використовується в банкнотному виробництві та виробництві деяких інших видів ЦПДСО.

1. Кейси Дж.П. Свойства бумаги и ее переработка. Т. 2. – М.: Гослесбумиздат, 1960. – 650 с.
2. Киричок Т.Ю., Беспала К.М. Тенденції досліджень та розробок у сфері захисту цінних паперів та документів суворого обліку // Технологія і техніка друкарства. – 2010. – № 4 (30). – С. 51–59.
3. Киричок П.О., Коростіль Ю.М., Шевчук А.В. Методи захисту цінних паперів та документів суворого обліку: Монографія. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – 368 с.
4. Киричок Т.Ю., Клименко Т.Є., Малкуш Н.Л. Дослідження шорсткості паперу з водяними знаками // Вісник ММІ. – 2010. – С. 126–128.
5. Киричок Т.Ю., Клименко Т.Є., Малкуш Н.Л. Мікрогеометрія поверхні паперу з водяними знаками // Технологія і техніка друкарства. – 2009. – № 4. – С. 130–137.
6. Якущевич С., Назар И.М., Лазаренко Э.Т. Корреляционный анализ взаимосвязи свойств бумаги и качества оттисков офсетной листовой печати // Там же. – 2007. – № 1-2 (15-16). – С. 17–32.
7. Yong Gang Yang and Qiao Zhuo Gao, “Research on the ink penetration depth into offset paper”, Adv. Mater. Res., vols. 201-203, pp. 2492–2495, 2011.
8. Влияв технологічних параметрів на зміну кольорних та оптичних характеристик відбитків / Т.Ю. Киричок, Т.Є. Клименко, Н.Л. Малкуш, П.Р. Гаврилюк // Технологія і техніка друкарства. – 2010. – № 1. – С. 20–28.
9. Козаровицкий Л.А. Бумага и краска в процессе печатания. – М.: Книга, 1965. – 368 с.
10. Вилсон Л.А. Что полиграфист должен знать о бумаге. – М.: Принт-Медиа, 2005. – 376 с.
11. Шахельдян Б.Н., Загаринська Л.А. Полиграфические материалы. – М.: Книга, 1988. – 330 с.
12. Огірко І.В., Якущевич С. Дифузія фарби в папір під тиском друкарського контакту // Комп’ютерні технології друкарства. – 2002. – № 7. – С. 211–215.
13. Киричок Т.Ю., Талімонова Н.Л. Дослідження процесу закріплення фарби на папері, захищеному водяними знаками // 36. наук. праць Військового ін-ту телекомунікацій та інформатизації НТУУ “КПІ”. – 2011. – Вип. 1. – С. 71–75.
14. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии и гистологической техники. – М.: Медицина, 1982. – 304 с.

Рекомендована Радою
Видавничо-поліграфічного інституту
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
30 серпня 2012 року