

*А.В. Мотрич, С.Г. Гумінецький, М.Ю. Сахновський*  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

## СПЕКТРОСКОПІЯ ДЕЯКИХ ТИПІВ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПАПЕРУ

*Встановленні показники поглинання  $\alpha$  і розсіяння  $\Sigma$  деяких типів поліграфічного паперу в спектральному інтервалі  $\lambda = 350 - 850$  нм.*

*Показано, що їх величина і спектральні залежності є різними для різних типів паперу. Дається фізичне обґрунтування такої поведінки  $\alpha$  і  $\Sigma$ .*

*Ключові слова: коефіцієнт відбивання, коефіцієнт пропускання, показник поглинання, показник розсіяння, поліграфічний папір.*

*Setting parameters of absorption and scattering of  $\alpha$   $\Sigma$  certain types of printing paper in the spectral range  $\lambda = 350 - 850$  nm.*

*It is shown that their magnitude and spectral dependence is different for different types of paper. We give a physical justification for the behavior of  $\alpha$  and  $\Sigma$ .*

*Keywords: reflection coefficient, transmittance, absorption rate, scattering rate, printing paper.*

### Вступ

В спектроскопії світлорозсіюючих, тобто оптично неоднорідних об'єктів, першочерговим завданням є роздільне визначення об'ємних показників поглинання ( $\alpha$ ) і розсіяння ( $\sigma$ ) речовини [1, 2]. Практично усі поліграфічні матеріали (папір, в тому числі і кольоровий, фарби, зв'язуючі, полімерні плівки та ін.) можна віднести до таких об'єктів. Тому їх спектроскопічні дослідження необхідно проводити з використанням методів оптики світлорозсіюючих середовищ, а визначені при цьому показники поглинання ( $\alpha$ ) і розсіяння ( $\sigma$ ) відповідного поліграфічного матеріалу можуть служити, поряд з прийнятими параметрами (білизна, густина товщина, прозорість), важливими оптичними характеристиками, що визначають його споживчу цінність.

### Обґрунтування методики досліджень

Завданням даної роботи є: проведення спектрофотометричних досліджень деяких типів поліграфічного паперу в спектральному інтервалі  $\lambda = 350 - 850$  нм, з подальшим розрахунком спектральних залежностей їх параметрів  $\alpha$  і  $\sigma$ , використовуючи при цьому методи абсорбційної спектроскопії плоских зразків розсіюючих об'єктів, обґрунтованих в роботі [3]. Більшість цих методів експериментально реалізуються шляхом вимірювання коефіцієнтів дифузного відбивання та пропускання випромінювання плоским зразком розсіюючої речовини, геометричної товщини  $l$  і оптичної  $\tau$ . Так в [3] показано, що при направленому опроміненні досліджуваного плоского зразка показник поглинання  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\Sigma}{4} (\ln R_{\infty})^2, \quad (1)$$

де  $\Sigma = \frac{\sigma}{4 \cdot q}$  - ефективний показник розсіювання;  $q$  - деякий параметр, величина якого

визначається типом розподілу яскравості в середині зразка (наприклад, для сферичної індикатриси  $q = 0,25$  і тоді  $\Sigma \equiv \sigma$ );  $R_\infty$  - коефіцієнт дифузного відбивання нескінченно товстого шару розсіюючої речовини (на практиці - це шар такої товщини  $l$ , для якої коефіцієнт пропускання  $T_l = 0$ ).

Коефіцієнти дифузного відбивання і пропускання шару певної товщини  $l$ ,  $R_l$  і  $T_l$ , а також  $R_\infty$  вимірювалися з допомогою методики сферичного фотометра [4, 5].

Методи визначення  $\Sigma$  також описані в [3]. Для цього при направленому опроміненні зразка використовується формула

$$\frac{R_\infty - R_l}{T_l} = e^{-x-y}, \quad (2)$$

$$\text{де } x = 2 \cdot l \cdot \sqrt{\alpha \cdot \Sigma}; \quad y = 2 \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\Sigma}}. \quad (3)$$

З відси отримуємо:

$$-\ln\left(\frac{R_\infty - R_l}{T_l}\right) = a + b \cdot l; \quad a = 2 \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\Sigma}}, \quad b = 2 \cdot \sqrt{\alpha \cdot \Sigma}; \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{a \cdot b}{4}; \quad \Sigma = \frac{b}{a}. \quad (5)$$

Для експериментального дослідження функції (4) треба мати зразки розсіюючого серидовища різної товщини.

### Результати досліджень та їх аналіз

Об'єктом дослідження був поліграфічний папір: білий (щільністю  $56 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$  і товщиною  $l = 0,065$  мм), сірий (щільністю  $25 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$  і товщиною  $l = 0,04$  мм) і світложовтий (щільністю  $48 \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$  і товщиною  $l = 0,06$  мм). Товщина кожного об'єкту змінювалася шляхом щільного накладання один на одного декількох шарів паперу.

Вимірювалися спектри дифузного відбивання  $R_l$  і пропускання  $T_l$  спочатку для одного шару, потім двох шарів і т. д. до отримання шару нескінченної товщини. Значення коефіцієнтів дифузного відбивання  $R_\infty$  для такого шару приведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Значення  $R_\infty$  для досліджених типів паперу.

$\lambda$ , нм	папір білий	папір світложовтий	папір сірий
350	0,335	0,353	0,465
400	0,596	0,480	0,533
450	0,718	0,583	0,591
500	0,766	0,666	0,630
550	0,740	0,737	0,670
600	0,764	0,779	0,691
650	0,846	0,815	0,705
700	0,866	0,821	0,715
750	0,865	0,820	0,712
800	0,847	0,814	0,700
850	0,829	0,807	0,695

В [3] встановлено, що розглянута методика визначення  $\alpha$  і  $\Sigma$  є достовірною, якщо для розсіюючого об'єкту  $R_\infty \geq 0,65$ . При менших значеннях  $R_\infty$  похибка у визначенні  $\alpha$  і  $\Sigma$  швидко зростає. Виходячи із даних табл. 1 заключаємо, що вказані умови не відповідають значенню  $R_\infty$  для  $\lambda = 350$  і  $400$  нм (папір білий); для  $\lambda = 350 - 450$  нм (папір світложовтий); для  $\lambda = 350 - 500$  нм (папір сірий). Тому в подальшому ці довжини хвиль не розглядаються.

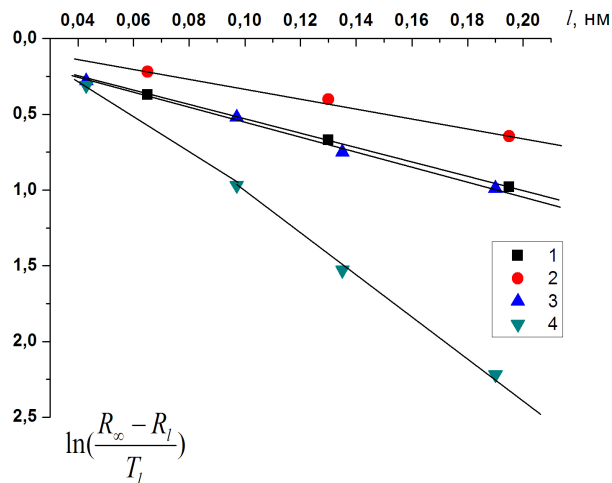


Рис. 1 Залежність величини  $\ln\left(\frac{R_\infty - R_l}{T_l}\right)$  від  $l$  для паперу при  $\lambda = 650$  нм: 1 – білий; 2 – світложовтий; 3 – сірий; 4 – сірий при  $\lambda = 450$  нм.

На рис. 1 в якості прикладу представлено результати експериментального дослідження функції (4) для  $\lambda = 650$  нм для трьох досліджених типів паперу; приведена також аналогічна залежність для  $\lambda = 450$  нм для сірого паперу.

Видно, що дійсно в області  $R_{\infty} > 0,7$  функція (4) реалізується добре, а якщо  $R_{\infty} < 0,6$  ( $\lambda = 450$  нм для сірого паперу) функція (4) у вигляді прямої лінії не реалізується (рис. 1, крива 4). На основі прямих 1 – 3 (рис. 1), розраховуються параметри  $a$  і  $b$ , а за формулами (5) величини  $\alpha$  і  $\Sigma$ . Результати цих розрахунків приведені в табл. 2.

Таблиця 2.

Значення спектроскопічних параметрів для  $\lambda = 650$  нм досліджених типів паперу.

параметр	папір білий	папір світложовтий	папір сірий
$a$	0,025	0,03	0,1
$b, \text{см}^{-1}$	67,7	30	54,2
$\alpha, \text{см}^{-1}$	0,42	0,225	1,36
$\Sigma, \text{см}^{-1}$	2708	1000	542

Аналогічні графіки побудовані і відповідні розрахунки проведені для всіх довжин хвиль досліджених типів паперу. Їх результати у вигляді спектрів показника поглинання  $\alpha$  і розсіяння  $\Sigma$  приведені на рис. 2 і рис. 3.

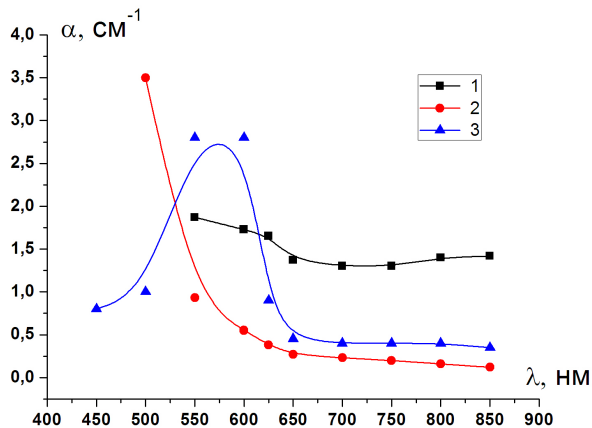


Рис. 2 Спектральна залежність показника поглинання  $\alpha$  для дослідженого паперу: 1 – сірий; 2 – світложовтий; 3 – білий.

Із них, а також даних табл. 2 випливає, що в області  $\lambda > 650$  нм значення  $\alpha$  і  $\Sigma$  практично незалежать від  $\lambda$ , проте їх величина є різною для різних типів паперу:  $\alpha$  найбільше для сірого і найменше для світложовтого паперу;  $\Sigma$  найбільше для білого паперу і найменше для сірого.

В області  $\lambda < 650$  нм  $\alpha$  і  $\Sigma$  суттєво змінюються в залежності від  $\lambda$ : так, для білого паперу в області  $\lambda \approx 550$  нм,  $\alpha$  приймає максимальні, а  $\Sigma$  – мінімальні значення; для світложовтого паперу  $\alpha$  зростає, а  $\Sigma$  зменшується, для сірого паперу  $\alpha$  і  $\Sigma$  в залежності від  $\lambda$  змінюються найменше.

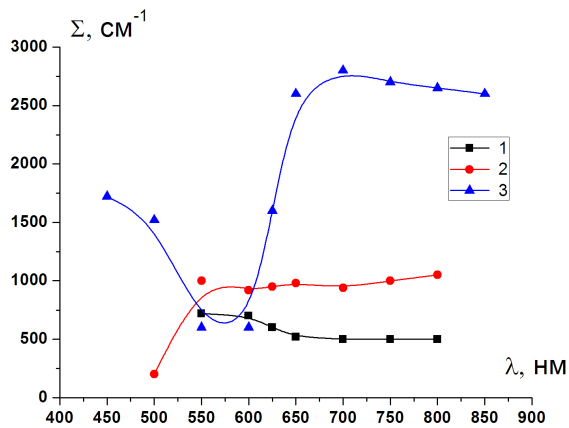


Рис. 3 Спектральна залежність ефективного показника розсіяння  $\Sigma$  для дослідженого паперу: 1 – сірий; 2 – світложовтий; 3 – білий.

Крім того, видно (рис. 3, крива 3), що білий папір володіє найкращою розсіюючою здатністю і в усіх випадках  $\alpha \ll \Sigma$ , що згідно [3] також є необхідною умовою використання формул (4) і (5).

### Висновки

Із отриманих в роботі результатів можна зробити наступні висновки:

- Встановлену поведінку спектральних залежностей  $\alpha$  і  $\Sigma$  можна пояснити, враховуючи характер спектральної чутливості ока. Відомо, що крива видимості ока для денного зору має максимум при  $\lambda \approx 555$  нм. Тому суб'єктивна оцінка оком досліджених типів паперу як «білий», «сірий» і «світложовтий» цілком відповідає характеру приведених на рис. 2 і рис. 3 кривих.

- Спектроскопічні дослідження поліграфічного паперу можуть давати важливу інформацію при його виборі для цілей поліграфічного виробництва.

1. Иванов А.П. *Оптика рассеивающих сред*. Изд. «Наука и техника» Минск, 1969, 591 с.
2. Иванов А.П. *Физические основы гидрооптики*. Изд. «Наука и техника» Минск, 1975, 503 с.
3. Розенберг Г.В. *О методах абсорбционной спектроскопии плоских образцов слабо поглощающих светорассеивающих веществ* / Розенберг Г.В., Сахновский М.Ю., Гуминецкий С.Г. // *Оптика и спектроскопия*. – 1967. - Т.23. - №5. - С. 797-809.
4. Гуминецкий С.Г. *О методе измерений коэффициента отражения на устройстве в виде спаренных фотометрических шаров* / Гуминецкий С.Г. // *Оптика и спектроскопия*. – 1995. - Т.78, №3. – С. 496 – 501.
5. Сахновський М.Ю. *О возможностях использования интегрального шарового фотометра в измерениях диффузного отражения по абсолютной методике*. / Сахновський М.Ю. - *Оптика и спектроскопия*. – 1987. - Т.62. - С.692–697.