

УДК 676

О.А. Новосельская, ассистент; Д.В. Куземкин, мл. науч. сотрудник;  
Т.В. Соловьева, профессор

### ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА ВЫСОКОГО ВЫХОДА НА ОСНОВЕ ДЕФИБРАТОРНОЙ МАССЫ

In the article the optical properties of new product, i. e. the fibrous good of the high exit on the basis of defibrate mass, are described. The optical properties were examined with the help of color theory using method of weighed ordinates.

Все возрастающий интерес к производству бумаги для печати вызывает необходимость проведения разносторонних исследований.

Каждый вид печати предъявляет свои специфические требования к бумагам. В Республике Беларусь большинство предприятий полиграфической промышленности оснащено оборудованием для плоского офсетного печатания. При этом способе печатающие и пробельные элементы располагаются в одной плоскости. Рисунок наносится на основу за счет разной природы печатающих и пробельных элементов в соответствии с принципом избирательного смачивания. Поскольку толщина слоя свежей краски на оттиске при плоском офсетном способе печатания составляет всего 1,5—2,0 мкм, то к оптическим свойствам поверхности бумаги предъявляют повышенные требования.

Высокие показатели оптических свойств печатной бумаги определяют четкость, удобочитаемость издания, а также контрастность запечатанных и пробельных участков оттисков.

Как известно [1], оптические свойства бумаги определяются относительным количеством проникающего через нее света и характером его отражения, пропускания, поглощения (рис. 1).

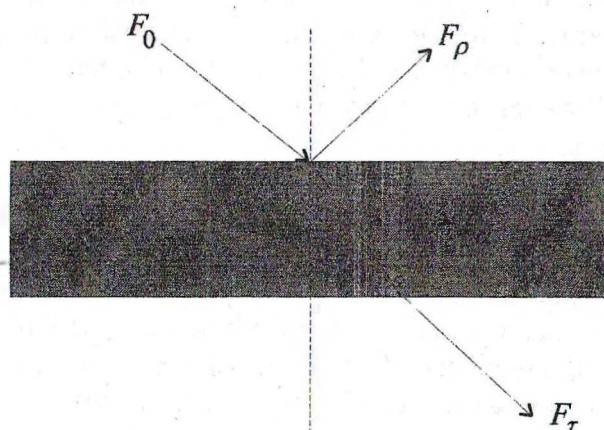


Рис. 1. Схема хода лучей в бумаге:  $F_0$  — падающий световой поток;  $F_\rho$  — отраженный от поверхности световой поток;  $F_\alpha$  — поглощенный слоем бумаги световой поток;  $F_\tau$  — пропущенный световой поток

Эти величины принято выражать через световые коэффициенты:

$$\rho = \frac{F_\rho}{F_0} \text{ — коэффициент отражения;}$$

$$\alpha = \frac{F_{\alpha}}{F_0} \text{ — коэффициент поглощения;}$$

$$\tau = \frac{F_{\tau}}{F_0} \text{ — коэффициент пропускания.}$$

Оптические свойства бумаги во многом зависят от оптических свойств исходных материалов. В качестве исходных волокнистых материалов для печатных видов бумаги применяют сульфитную и сульфатную беленую целлюлозу, белую и бурую древесную массу, термомеханическую массу, химико-термомеханическую массу, макулатуру. В данной работе изучаются оптические свойства принципиально нового сырья в виде волокнистого полуфабриката высокого выхода (ВПВВ), полученного на основе дефибраторной массы.

Для проведения исследования были изготовлены образцы бумаги из ВПВВ следующих древесных пород: березы, сосны, ели, осины, получивших наибольшее распространение в Республике Беларусь. Щепу этих пород пропаривали в течение 10 мин при температуре 190°C, затем размалывали до волокон на ЦРА. В качестве модифицирующей добавки в часть образцов добавляли раствор карбамида. После чего были изготовлены отливки бумаги стандартной плотности на листоотливном аппарате ЛОА-1.

Оптические свойства ВПВВ изучали с привлечением анализа величин цветности поверхности и интегрального показателя отражения поверхности отливок бумаги.

Измерение данных показателей основано на сравнении отражательной способности образца с эталоном в условиях, когда и эталон, и исследуемый образец освещены специальным источником света и осматриваются при заданных условиях. В системе освещения, предложенной Международной комиссией по освещению (СМ), в качестве эталона применяется оксид магния, отражательная способность которого принята за 100.

Для анализа спектральных характеристик поверхности ВПВВ вырезались окружности диаметром 42 мм и помещались в гнездо спектрофотометра СФ-18. Результирующие кривые на миллиметровом бланке, построенные самописцем спектрофотометра, представляли собой спектральные кривые отражения  $\rho = f(\lambda)$  (рис. 2, 3).

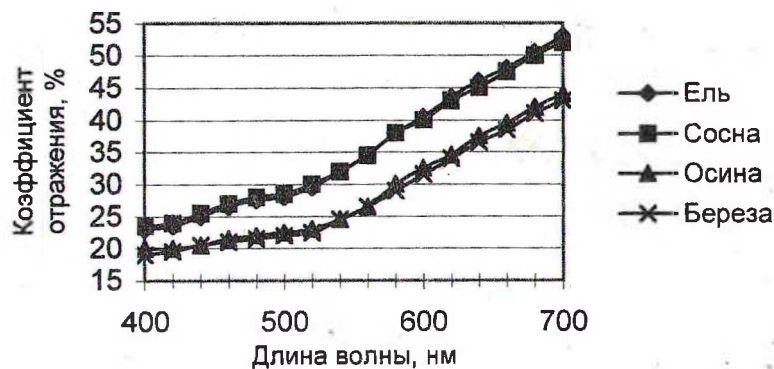


Рис. 2. Кривая спектрального отражения для немодифицированных волокон

Из формы кривых спектрального отражения следует, что немодифицированные ВПВВ (рис. 2) имеют наибольшее отражение в красной области спектра и отличаются друг от друга большей или меньшей степенью насыщенности. Наибольшим коэффициентом спектрального отражения, определенным при длине волны 457 нм, обладает сосна, что свидетельствует о некоторой степени глянцеvitости поверхности и большей сомкнутости волокон. Наибольшую насыщенность, определяемую как преобладание наибольшего цвета над наименьшим, имеет береза. Чуть меньше осина, затем ель и сосна. Если учитывать преобладание наибольшего цвета над средним, то оно в большей степени выражено для ели.

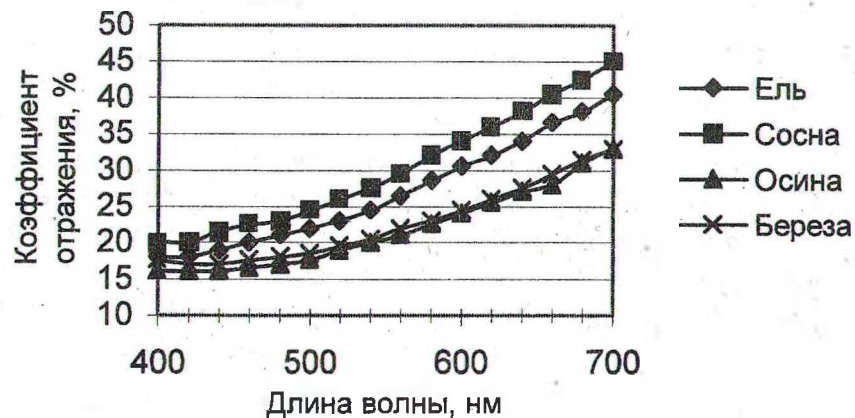


Рис. 3. Кривая спектрального отражения для модифицированных пород ВПВВ

Анализ влияния модифицирующей добавки на оптические свойства ВПВВ (рис. 3) показал, что карбамид несколько снижает показатель отражения для ели и осины, но улучшает спектральное отражение для березы. Если рассматривать преобладание наибольшего количества цвета над наименьшим, то оно становится менее заметным. Следовательно, модифицирующая добавка снижает насыщенность цвета, т. е. вносит больший вклад белой составляющей в ощущение цвета.

Чтобы более точно охарактеризовать цвет образцов, необходимо определить координаты цвета, цветности и соответствующие показатели по отношению к визуальной эффективности глаза с использованием метода взвешенных ординат [4]. При этом использовали уравнения, описывающие координаты цвета отражающей поверхности в системе XYZ.

$$X = \int_{400}^{700} \Phi_0(\lambda) \bar{x}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda;$$

$$Y = \int_{400}^{700} \Phi_0(\lambda) \bar{y}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda; \quad (1)$$

$$Z = \int_{400}^{700} \Phi_0(\lambda) \bar{z}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda,$$

где  $\Phi_0(\lambda)$  — спектральное распределение световой мощности источника света;  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  — спектральное распределение визуальной эффективности глаза;  $\rho(\lambda)$  — спектральный коэффициент отражения.

Функция  $\Phi_0(\lambda)$  заменялась одной из нормированных функций относительного распределения энергии в спектре соответствующего колориметрического источника.

Расчет заключался в численном интегрировании выражения (1), т. е. нахождении площадей под кривыми  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$ .

Для определения цветовых координат использовался приближенный метод интегрирования по формуле прямоугольников:

$$X = \int_{400}^{700} \Phi_0(\lambda) \bar{x}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \approx \Delta\lambda \sum_i \Phi_{0\lambda_i} \bar{x}_{\lambda_i} \rho_{\lambda_i}.$$

Измерялись площади прямоугольников, высотами которых являются произведения  $\Phi_{0\lambda_i} \bar{x}_{\lambda_i} \rho_{\lambda_i}$ , а основаниями —  $\Delta\lambda$ . Спектральный интервал был взят в пределах 20 нм. Результирующие данные по расчету координат цвета и цветности представлены в табл. 1.

Качественными и количественными характеристиками цвета поверхности выступают интегральный коэффициент отражения и показатели хроматичности. Интегральный коэффициент отражения выражает истинную яркость бумаги. Хроматичность бумаги определяет доминирующую длину волны и колориметрическую чистоту.

Таблица 1

Данные координат цвета и цветности

Порода ВПВВ	Уравнение цвета в его координатах	Уравнение цвета в координатах цветности
Немодифицированные волокна		
Ель	$C = 37,68 X + 35,37 Y + 37,68 Z$	$C^{cd} = 0,396 X + 0,371 Y + 0,233 Z$
Сосна	$C = 37,46 X + 35,34 Y + 22,56 Z$	$C^{cd} = 0,393 X + 0,370 Y + 0,237 Z$
Осина	$C = 30,03 X + 27,79 Y + 18,05 Z$	$C^{cd} = 0,396 X + 0,366 Y + 0,238 Z$
Береза	$C = 29,39 X + 27,31 Y + 17,76 Z$	$C^{cd} = 0,395 X + 0,367 Y + 0,238 Z$
Модифицированные волокна		
Ель	$C = 28,30 X + 26,87 Y + 16,88 Z$	$C^{cd} = 0,393 X + 0,373 Y + 0,234 Z$
Сосна	$C = 31,68 X + 30,08 Y + 18,90 Z$	$C^{cd} = 0,393 X + 0,373 Y + 0,234 Z$
Осина	$C = 22,53 X + 21,48 Y + 13,94 Z$	$C^{cd} = 0,388 X + 0,370 Y + 0,242 Z$
Береза	$C = 23,20 X + 22,15 Y + 14,87 Z$	$C^{cd} = 0,385 X + 0,368 Y + 0,247 Z$

Для расчета интегрального коэффициента отражения  $\rho_{\text{инт}}$  необходимо его разделить по отношению к нормированной координате. В системе XYZ такой координатой является Y, поскольку она идентична функции стандартной видимости.

Доминирующая длина волны показывает значение окраски (собственные спектральные свойства предмета независимо от условий освещения) образца или его цветовой тон. Она находится по хроматической диаграмме x—у единичных спектральных цветов осветителя C (рис. 4).

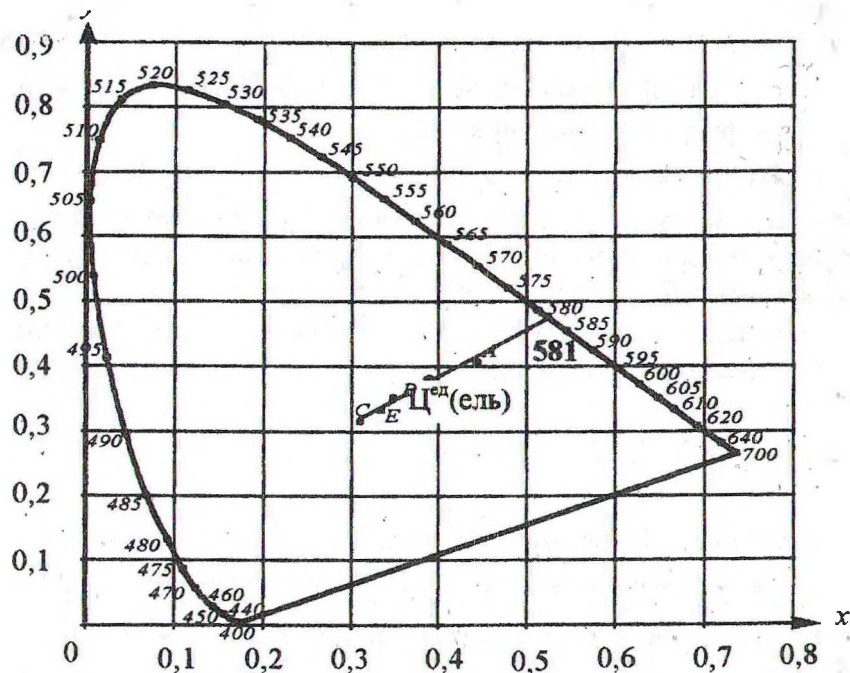


Рис. 4. Хроматическая диаграмма  $x$ — $y$  единичных цветов

Колориметрическая чистота отвечает за насыщенность цвета, принадлежащего к данной длине волны, и указывает на степень его разбелки.

$$P = \frac{x_{\text{ц}} - x_{\text{Б}}}{x_{\lambda} - x_{\text{Б}}} \frac{y_{\lambda}}{y_{\text{ц}}}, \quad (2)$$

$$P = \frac{y_{\text{ц}} - y_{\text{Б}}}{y_{\lambda} - y_{\text{Б}}} \frac{x_{\lambda}}{x_{\text{ц}}}, \quad (3)$$

где  $x_{\text{ц}}$ ,  $y_{\text{ц}}$  — координаты цветности данного цвета в системе XYZ;  $x_{\text{Б}}$ ,  $y_{\text{Б}}$  — координаты цветности белой точки (они имеют стандартные значения и для осветителя С — нормы рассеянного дневного света);  $x_{\text{Б}} = 0,31$ ,  $y_{\text{Б}} = 0,316$ );  $x_{\lambda}$ ,  $y_{\lambda}$  — координаты цветности доминирующей длины волны, найденной по хроматической диаграмме.

Из двух формул используют ту, которая имеет большие разности в числителе и знаменателе. Так как на кривых спектрального отражения показано, что цвет находится в красной области спектра, то наибольшие разности имеет колориметрическая чистота, выраженная по (2).

Расчет характеристик цветности и яркости поверхности образцов бумаги производился в математическом пакете Mathcad Professional 2001. Данные по расчету представлены в табл. 2.

Из анализа значений таблицы 2 видно, что интегральный коэффициент отражения наибольший у хвойных пород и несколько снижен у лиственных. Причем модифицирующая обработка образцов карбамидом значительно сказывается на ели и почти не снижается у березы и сосны — имеет наименьшее влияние на яркость бумаги.

Характеристики цветности образцов ВПВВ

Вид волокнистого полуфабриката высокого выхода	Интегральный коэффициент отражения $\rho_{\text{инт}}$ , %	Доминирующая длина волны $\lambda_{\text{дом}}$ , нм	Колориметрическая чистота $1 \geq P \geq 0$
Немодифицированные волокна			
Осина	27,8	593	0,128
Береза	27,3	590	0,208
Сосна	35,3	583	0,165
Ель	35,4	590	0,263
Модифицированные волокна			
Осина	21,5	582	0,145
Береза	22,2	586	0,168
Сосна	30,1	581	0,180
Ель	26,9	581	0,180

Значения доминирующей длины волны всех образцов находятся в желто-красном спектральном диапазоне. Для немодифицированной сосны окраска менее красная по сравнению с остальными породами древесины. Модификация позволяет перейти в желтую область спектра, не затрагивая красной его части.

Показатель колориметрической чистоты указывает на степень разбелки цветового тона. Чем ниже колориметрическая чистота, тем более белым кажется цвет поверхности образцов бумаги. Т. е. окраска поверхности ВПВВ вносит меньшее влияние в ощущение цвета и почти не сказывается на готовой бумаге. По данному показателю нет ярко выраженного деления на хвойные и лиственные породы древесины. Наименьшее значение имеют немодифицированные осина и сосна, модификация отрицательно влияет на колориметрическую чистоту. Но модификация березы и, в особенности, ели повышает степень разбелки цветового тона и способствует избавлению от желтого оттенка.

Как показано выше, расчет оптических характеристик поверхности по методу взвешенных ординат дает более полную оценку влияния модификации на оптические свойства и позволяет выявить пути к снижению хроматического компонента.

Анализ описанных выше оптических свойств волокнистых полуфабрикатов высокого выхода позволяет рекомендовать для изготовления бумаги для офсетной печати древесину сосны. Именно она имеет наилучшие оптические свойства и не требует дополнительной модификации в силу того, что смещение цветового тона для нее незначительно.

#### ЛИТЕРАТУРА \*

1. Фляте Д.М. Свойства бумаги. — М.: Лесная промышленность, 1986. — С. 442—450.
2. Березин Б.И. Полиграфическое материаловедение. — М., 1984. — 288 с.
3. Кейси Д.П. Свойства бумаги и ее переработка. — Т. 2. — М.: Гослесбумиздат, 1960. — С. 79—99.
4. Шашлов Б.А. Цвет и цветовоспроизведение. — М., 1995. — 256 с.