

3. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.543.08

С.Д. Пименов, А.И. Сизов, Г.В. Мзиков, А.Д. Строителева

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЛИЗНЫ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАНШЕТНОГО СКАНЕРА

Введение. В последнее время получил широкое распространение новый оптический метод анализа альтернативной спектрофотометрии – цифровая цветометрия (Digital Color Analysis (DCA) – «цифровой анализ цвета»). Цифровым анализатором цвета может являться любое устройство – цифровой фотоаппарат, сканер, видео- или web-камера, позволяющее регистрировать изображение и сохранять его в цифровом формате. Полученную цифровую информацию о цвете можно рассматривать как аналитическую, и оперировать ею с помощью компьютера. Эта особенность выгодно отличает цифровую цветометрию от спектрофотометрии, так как делает процесс более информативным и доступным. Теоретическое обоснование и методологии применения цифровых технологий в цветометрических измерениях описаны достаточно полно в доступных научных публикациях [Байдичева и др., 2008; Зяблов, 2006; Иванов, Кузнецова, 2001; Кривошеев, Кустарев, 1989; Мзиков, 2019; Рудакова и др., 2012].

Наиболее часто в цифровых технологиях используется аддитивная цветовая модель RGB (red, green, blue), где цвета представляются сложением основных цветов с черным цветом (0,0,0). Базисный белый цвет оценивается как (255,255,255), модельный красный цвет – FR = (255,0,0), зеленый – FG = (0,255,0), синий – FB = (0,0,255), желтый – FY = (255,255,0) и т. д. [Иванов, Кузнецова, 2001; Мзиков, 2019]. Для компьютерной обработки изображений используют графические редакторы (Adobe Photoshop, Photo-paint, Gimp и др.), которые позволяют определять цветовые параметры пикселя.

В целлюлозно-бумажной, мукомольной и фармацевтической промышленности цвет (белизна) традиционно служил одним из критериев соответствия продукции требуемым нормам [ГОСТ 30437–96, 2001; ГОСТ 26361–2013,

2014]. Для определения белизны листовых материалов (целлюлоза, бумага) используются лейкометры Карл-Цейсс, для порошковых материалов (мука) – лейкометры Блик РЗ и Скиб-М. Определение белизны на этих приборах, помимо их высокой стоимости, требует довольно больших по массе образцов 5–10 г, что при проведении экспериментальных работ часто бывает затруднительным. Цель нашего исследования – разработка методики определения белизны образцов с использованием метода цифровой цветометрии.

Методика исследования. В качестве основного варианта нами опробован метод определения степени белизны различных образцов бумаги, картона, целлюлозы, порошкообразных и таблетированных лекарственных средств путем цифровой цветометрии образцов на планшетных сканерах различных производителей с контактным датчиком изображения (CIS, Contact Image Sensor).

Использовался цветовой режим True Color (16,5 млн цветовых оттенков), оптическое разрешение – 600 dpi (увеличение разрешения до 1200 dpi не дало каких-либо улучшений характеристик изображений).

Количественную оценку белизны осуществляли в рамках цветовой модели RGB, где яркость измеряется от 0 (min) до 255 (max) условных единиц, а цвет определяется смешиванием каналов *R*, *G*, *B*. Белому цвету соответствует триплет значений *R*, *G*, *B* (255; 255; 255) [Рудакова и др., 2012].

Для анализа и обработки изображений использовали графический редактор GIMP 2.8, позволяющий по выделяемой области получать усредненные значения яркостей красного *R*, зеленого *G* и синего *B* каналов. Для количественного выражения белизны, т. е. степени приближения к идеально белому цвету, использовали значение относительной белизны [Мзоков, 2019; Рудакова и др., 2012]:

$$W_c = \frac{R + G + B}{R_0 + G_0 + B_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где W_c – относительная белизна образца по показаниям сканера, %; *R*, *G*, *B* – яркость соответствующего канала; $R_0 = G_0 = B_0 = 255$ – яркость соответствующих каналов абсолютно белого вещества.

Результаты исследования. Наибольшей практической значимостью обладает величина абсолютной белизны объекта, определяемая сравнением с эталонным образцом. С целью получения абсолютных значений белизны на сканере, проведена сравнительная оценка показаний относительной белизны с эталонными образцами и построение калибровочного графика. Для калибровки проведено сканирование эталонных образцов различной белизны лейкометра Карл-Цейсс. Сканирование проводилось на планшетном сканере HP 1120 ML (Китай). На рис. 1 приведен характерный вид сканированных изображений эталонных образцов. Полученные изоб-

ражения загружались в графический редактор GIMP 2.8 (возможно использование альтернативного графического редактора), где измерялся сигнал каждого цветового канала и рассчитывалась относительная белизна W_c .

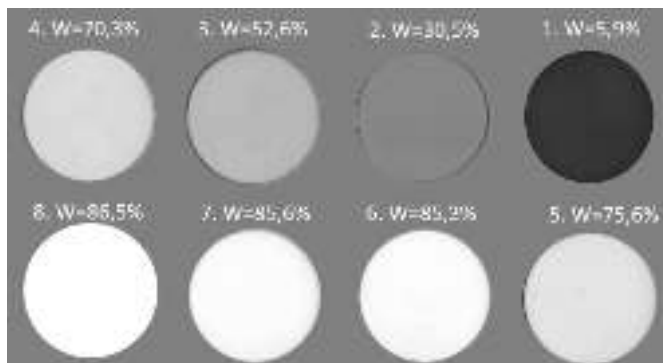


Рис. 1. Сканированные изображения эталонных образцов белизны (сканер HP 1120 ML)

Fig. 1. Scanned images of reference samples of whiteness (scanner HP 1120 ML)

На рис. 2 приведен характерный вид калибровочного графика для пересчета относительной белизны, полученной на сканере HP 1120 ML, в абсолютную белизну эталонных образцов. Как видим из рис. 2, калибровочный график достаточно хорошо описывается линейным уравнением, коэффициент достоверности аппроксимации $R^2 = 0,987$.

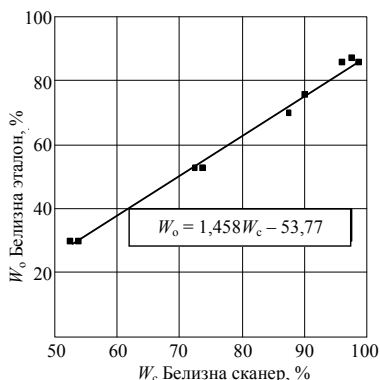


Рис. 2. Калибровочный график относительной белизны для сканера HP 1120 ML

Fig. 2. Calibration graph of relative whiteness for the HP 1120 ML scanner

Далее была проведена работа по оценке возможности использования сканеров различных производителей для оценки белизны образцов. В табл. 1 приведены уравнения регрессии калибровочных графиков для различных марок сканеров. Как видим из данных таблицы, наименьшее стандартное отклонение от экспериментальных данных имеет уравнение регрессии сканера HP 1120 ML, т. е. этот сканер позволяет получать наиболее точные данные истинной белизны. Что касается сканеров SCX-3400 (Samsung, Ю. Корея) и, в особенности, Kyocera (Тайвань), то для них характерна малая чувствительность фотодиодной матрицы в области высокой цветовой яркости. В связи с этим, такие сканеры не пригодны для оценки образцов с высокой белизной.

Таблица 1

**Уравнения регрессии калибровочных графиков белизны
для различных типов сканеров**

Regression Equations for Whiteness Calibration Plots for various types of scanners

Марка сканера	Вид уравнения регрессии	Коэффициент достоверности аппроксимации R^2
HP 1120 ML	$W = 1,46W_c - 53,8$	0,987
Kyocera	$W = 1,21W_c - 38,5$	0,942
SCX 3400	$W = 1,52W_c - 66,8$	0,975
HP Photosmart PLus	$W = 1,47W_c - 54,8$	0,983

В табл. 2 приведены результаты сравнения белизны различных образцов целлюлозы и картона, определенных на лейкометре Карл-Цейсс испытательной лаборатории ВНИИБ и на сканере HP 1120 ML. При расчете абсолютной белизны использовано уравнение 1 табл. 1 [Мзоков, 2019]. Как видим из данных табл. 2, относительная ошибка в определении белизны по ГОСТ 30437 на лейкометре и сканере HP 1120 ML для образцов белой целлюлозы не превышает 2,6%, что является достаточным для оценочной характеристики белизны образцов.

При отработке режимов отбеливания целлюлозы и других материалов в лабораторных условиях важно быстрое получение данных по белизне образцов и возможность использования образцов малой массы [Мзоков, 2019]. По стандартным методикам определения белизны образцы должны быть сухие, а их масса должна быть не менее 5–10 г [ГОСТ 30437–96, 2001; ГОСТ 26361–2013, 2014] Эти обстоятельства весьма затрудняют проведение экспериментальных работ. Применение планшетного сканера и возможность увеличения изображений в графическом редакторе позволяет при оптическом разрешении 600 dpi определять яркости цветовых каналов для изображений с линейными раз-

мерами до 10 мм, т. е. для образцов массой около 0,5 г использовать влажные отливки образцов целлюлозы, порошковые материалы и таблетки. Анализ порошкообразных образцов микрокристаллической целлюлозы на планшетном сканере проводили с использованием рамки высотой 2–3 мм, которую помещали на стекло сканера, внутрь насыпали порошок, разравнивали, накрывали листом бумаги и прижимали крышкой сканера.

Таблица 2

Сравнительная оценка белизны различных видов целлюлозных материалов, выполненных различными методами

Comparative evaluation of the whiteness of various types of cellulosic materials made by various methods

Вид образца	Сканер HP 1120		Лейкометр Карл Цейсс	Относительная ошибка, %
	W_c %	W , %		
Целлюлоза сульфатная беленая листовая, Братский ЦБК	99,1	90,0	87,7±0,54	2,6
Целлюлоза сульфатная беленая хвойная, Братский ЦБК	98,8	89,8	87,9±0,65	2,2
Картон упаковочный	70,5	52,5	55,2±0,25	4,9

Влажные образцы порошковой микрокристаллической целлюлозы анализировались после фильтрации суспензии на фильтре Шотта №1, подсушки полученного «кека» между листами фильтровальной бумаги до полного исчезновения влажного следа. Таблетки МКЦ массой 0,5 г получали после сушки и прессования соответствующих образцов в матрице.

В табл. 3 приведены данные по белизне микрокристаллической целлюлозы в виде сухих таблетированных образцов, влажных образцов после фильтрации суспензии и порошковой формы, полученных с использованием сканера HP 1120 ML.

Таблица 3

Белизна образцов микрокристаллической целлюлозы после фильтрации и после таблетирования

The whiteness of microcrystalline cellulose samples after tableting

Название образца МКЦ	Белизна образцов W , %		
	влажного ($w = 65-67\%$)	таблетированного	порошкового
Vivapur (JRS, Германия)	90,1±0,79	90,1±0,66	91,4±0,79
Prosolv (JRS, Германия)	91,8±0,61	91,8±0,70	91,1±0,76
МКЦ D102 D+ (Индия)	90,8±0,37	90,8±0,70	90,9±0,44

Как видим из данных табл. 3, белизна всех форм микрокристаллической целлюлозы не превышает относительной ошибки в 2,6%, что позволяет рекомендовать этот метод как экспрессный при проведении исследований по отбелке различных видов целлюлозы.

Помимо белизны, для визуальной оценки внешнего вида материала большое значение имеет характеристика цветовых оттенков. Целлюлозе и материалам на ее основе, как правило, свойственен желтый оттенок, который воспринимается как негативный элемент внешнего вида. Для его компенсации применяются различные добавки, увеличивающие синюю составляющую в спектре отраженного света (ультрамарин, оптические отбеливатели).

Количественную характеристику желтого оттенка целлюлозных материалов нами предложено определять как разницу между средней яркостью всех каналов и относительной яркостью синего канала:

$$K_{\text{ж}} = \left(\frac{R + G + B}{3} \right) - B, \quad (2)$$

где $K_{\text{ж}}$ – интенсивность желтого оттенка, ед.; R, G, B – яркость соответствующего канала, ед.

В табл. 4 приведены данные по белизне и интенсивности желтого оттенка таблеток из различных марок микрокристаллической целлюлозы, полученные с использованием сканера HP 1120 ML.

Таблица 4

Белизна и интенсивность желтого оттенка образцов микрокристаллической целлюлозы различных производителей (сканер HP 1120 ML)

Whiteness and yellow intensity of microcrystalline cellulose samples from various manufacturers

Номер образца	Марка образца МКЦ	RGB _{ср}	Blue	$K_{\text{ж}}$	Белизна, %
1	Образец из СПбХФУ (импорт)	253,1	251	2,1	90,9
2	Prosolv «JRS pharma» Германия	253,5	252	1,5	91,2
3	MCC 102 D ⁺ «JRS pharma» Германия	252,5	250	2,5	90,8
4	Vivapur 101 «JRS pharma» Германия	251,7	250	1,7	90,1
5	HiCel «Sigachi Industries» Индия	252,3	249	3,3	90,5

Как видим из данных табл. 4, несмотря на высокую белизну всех образцов, интенсивность желтого оттенка у образцов 4 и 5 различается почти в два раза. Визуально это отличие достаточно хорошо заметно.

В качестве примера использования метода цифровой цветометрии на рис. 3 приведены графики динамики изменения белизны и интенсивности желтого оттенка микрокристаллической целлюлозы в процессе отбеливки гипохлоритом натрия. Отбеливка образцов микрокристаллической целлюлозы, полученной методом газофазного гидролиза хлористым водородом, проводилась при перемешивании в периодических условиях с использованием гипохлорита натрия. Параметры отбеливки: рН 2,0, температура 23 °С, концентрация суспензии 10%, исходная концентрация активного хлора 1000 мг/л.

Образец суспензии 15 мл фильтровали на фильтре Шотта №1, промывали водой до нейтральной реакции по метилоранжу. Фильтрованный образец подсушивали прессованием между листами фильтровальной бумаги до полного отсутствия «мокрого следа» и сканировали на сканере HP 1120 ML.

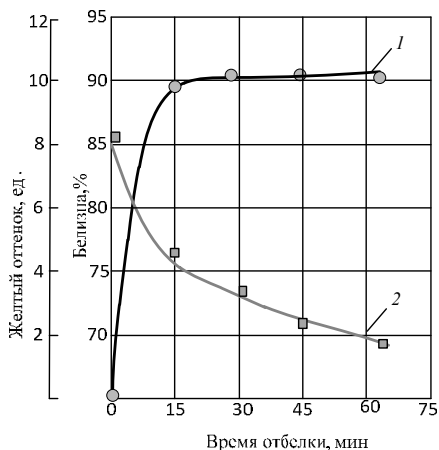


Рис. 3. Динамика изменения белизны и желтого оттенка микрокристаллической целлюлозы при отбеливке гипохлоритом натрия:

1 – белизна, %; 2 – желтый оттенок, ед.

Fig. 3. Dynamics of changes in the whiteness and yellow tint of microcrystalline cellulose during bleaching with sodium hypochlorite:

1 – whiteness, %; 2 – sodium hypochlorite

Как видим из данных, приведенных на рис. 3, предложенный метод позволяет проводить контроль за ходом отбеливки с использованием планшетного сканера.

Вывод. Предложенный упрощенный метод определения белизны продукции целлюлозно-бумажной промышленности путем цифровой цветометрии образцов на планшетных сканерах позволяет получать сравнимые с лейкометрами значения белизны листовых и порошковых материалов, в том числе порошковых и влажных, с относительной погрешностью измерения не более 2,6%.

Библиографический список

Байдичева О.В., Хрипушин В.В., Рудакова Л.В., Рудаков О.Б. Цветометрия – новый метод контроля качества пищевой продукции // Пищевая промышленность. 2008. № 5. С. 20–22.

Зяблов А.Н. Цифровая обработка изображений. Достоинства и недостатки // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6, вып. 6. С. 1424–1429.

Иванов В.М., Кузнецова О.В. Химическая цветометрия: возможности метода, области применения и перспективы // Успехи химии. Т. 70. 2001. № 5. С. 411–428.

Кривошеев М.И., Кустарев А.К. Цветовые измерения. М.: Энергоатомиздат, 1989. 241 с.

Мзиков Г.В. Разработка способа получения микрокристаллической целлюлозы фармакопейного назначения из целлюлозной гидролизат-массы // Выпускная квалификационная работа бакалавра по специальности 18.04.02. СПб.: СПбГЛТУ, 2019. 68 с.

Рудакова Л.В., Шведов Г.И., Васильева А.П., Фисунова М.К., Поплавская Б.В. Цифровые технологии для определения цвета и белизны лекарственных средств // Фармацевтическая технология и упаковка. 2012. № 1.

Mathews K.R., Stickle D.F., Landmark Y.D. Quantitative Assay for Starch by Colorimetry Using a Desktop Scanner // J. Chem. Educ. 2004. 81 (5). P. 617.

Soldat D.J., Barak Ph., Lepore B.J. Microscale Colorimetric Analysis Using a Desktop Scanner and Automated Digital Image Analysis // J. Chem. Educ. 2009. 86 (5). P. 617.

Shishkin Y.L., Dmitrienko S.G., Medvedeva O.M., Badakova S.A. Use of a Scanner and Digital Image-Processing Software for the Quantification of Adsorbed Substances // Journal of Analytical chemistry. 2004. Vol. 59, no. 2. P. 102–106.

ГОСТ 30437–96 (ИСО 3688–77) Целлюлоза. Метод определения белизны (с Поправкой) М.: Изд-во стандартов, 2001. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30437-96> (дата обращения: 15.06.2020).

ГОСТ 26361–2013 Мука. Метод определения белизны (с Поправками) М.: Стандартинформ, 2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103300> (дата обращения: 15.06.2020).

References

Baidicheva O.V., Khripushin V.V., Rudakova L.V., Rudakov O.B. Colorimetric – a new method of quality control of food products. *Food industry*, 2008, no. 5, pp. 20–22. (In Russ.)

Zyablov A.N. Digital image processing. Advantages and disadvantages. *Sorption and chromatographic processes*, 2006, vol. 6, pp. 1424–1429. (In Russ.)

Ivanov V.M., Kuznetsova O.V. Chemical colorimetry: Possibilities of the method, scope and prospects. *Uspechy himii*, 2001, vol. 70, no. 5, pp. 411–428. (In Russ.)

Krivosheev M.I., Kustarev A.K. Color measurements. Moscow: Energoatomizdat 1989. P. 241.

Mzokov G.V. Development of a method for producing microcrystalline cellulose for pharmacopeia purposes from cellulosic hydrolyzate mass. *Final qualification work of the bachelor in the specialty 04/18/02*. SPb.: SPbGLTU, 2019. P. 68.

Rudakova L.V., Shvedov G.I., Vasilyeva A.P., Fisunova M.K., Poplavskaya B.V. Digital technologies for determining the color and whiteness of medicines. *Pharmaceutical technology and packaging*, 2012, no. 1. (In Russ.)

Mathews K.R., Stickle D.F., Landmark Y.D. Quantitative Assay for Using Desktop Scanner. *J. Chem. Educ.*, 2004, 81 (5), p. 617.

Soldat D.J., Barak Ph., Lepore B.J. Microscale Colorimetric Analysis Using Desktop Scanner and Automated Digital Image Analysis. *J. Chem. Educ.*, 2009, 86 (5), p. 617.

Shishkin Y.L., Dmitrienko S.G., Medvedeva O.M., Badakova S.A. Use of a Scanner and Digital Image-Processing Software for the Quantification of Adsorbed Substances. *Journal of Analytical chemistry*, 2004, vol. 59, no. 2, pp. 102–106. (In Russ.)

GOST 30437–96 (ISO 3688–77) Cellulose. Method for determination of whiteness (with Amendment) M.: ИПК Publishing house of standards, 2001. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30437-96> (Date of access: 15.06.2020)

GOST 26361–2013 Flour. Method for determining whiteness (with amendments) M.: Standartinform, 2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103300> (accessed June 15, 2020).

Материал поступил в редакцию 21.01.2020

Пименов С.Д., Сизов А.И., Мзоков Г.В., Строителева А.Д. Методика определения белизны целлюлозных материалов с использованием планшетного сканера // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 169–180. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.169-180

Белизна является одним из важнейших показателей качества продукции в целлюлозно-бумажной, мукомольной и фармацевтической промышленности. Количественное определение белизны производится с использованием

лейкометров различных типов отдельно для листовых и порошковых материалов. Анализ белизны, помимо применения дорогостоящего оборудования, требует использования образцов массой 5–10 г, что при проведении исследовательских работ создает определенные трудности. Использование метода цифровой цветометрии значительно упрощает определение белизны за счет использования рядовых планшетных сканеров. В цифровой цветометрии используется аддитивная цветовая модель, где цвета представляются сложением основных цветов RGB (red, green, blue), при этом базисный белый цвет оценивается как (255, 255, 255). В свою очередь, графические редакторы позволяют по выделяемой области получать усредненные значения яркостей красного – R , зеленого – G и синего – B каналов сканированных изображений. Таким образом, используя сканер и графический редактор, можно определять белизну различных образцов. Возможности увеличения изображений графических редакторов позволяют при оптическом разрешении сканеров 600 dpi определять яркости цветовых каналов для изображений с линейными размерами 10 мм, т. е. для образцов массой около 0,5 г. При разработке методики получены сравнительные данные по белизне эталонных образцов и показателей белизны сканеров, которые хорошо описываются линейными уравнениями. Определены уравнения регрессии калибровочных графиков эталонных образцов белизны для различных сканеров. Наиболее высокую чувствительность показали сканеры фирмы Hewlett-packard (Китай). Показано, что сканеры Samsung (Ю. Корея) и Kyocera (Тайвань) обладают малой чувствительностью фотодиодной матрицы в области высокой цветовой яркости образцов, дают значительную погрешность измерения и не рекомендуются для определения белизны. Сравнение показателей белизны образцов целлюлозы, бумаги и картона с использованием полученных уравнений на сканерах HP позволяет получать сравнимые с лейкометрами значения белизны. Относительная погрешность измерения белизны при этом составляет около 2,6%, что вполне достаточно для оценочной характеристики образцов. Методика может быть использована для быстрого количественного определения белизны различных материалов на предприятиях и в лабораториях.

Ключевые слова: белизна определение, отбелка целлюлозы, цифровая цветометрия.

Pimenov S.D., Sizov A.I., Mzokov G.V., Stroiteleva A.D. Method for determining the whiteness of cellulosic materials using a scanner. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2020, is. 232, pp. 169–180 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.169-180

Whiteness is one of the most important indicators of product quality in the pulp and paper, milling and pharmaceutical industries. Quantitative determination of whiteness is performed using different types of meter, separately for sheet and powder materials. The

analysis of whiteness, in addition to the use of expensive equipment, requires the use of samples weighing 5–10 g, which creates certain difficulties when conducting research. Using the method of digital colorimetry greatly simplifies the definition of whiteness through the use of ordinary flatbed scanners. In digital colorimetry, an additive color model is used, where the colors are represented by the addition of the basic RGB colors (red, green, blue), while the base white color is estimated as (255, 255, 255). In turn, graphic editors allow to obtain averaged values of the red–*R*, green–*G* and blue–*B* channels of the scanned images over the selected area. Thus, using a scanner and graphics editor it is possible to determine the whiteness of various samples. The possibilities of increasing images of graphic editors allow determining the brightness of color channels for images with linear dimensions of 10 mm with an optical resolution of 600 dpi scanners, that is, for samples weighing about 0.5 g. Comparative data on the whiteness of reference samples and the whiteness of scanners obtained which are well described by linear equations. The regression equations for the calibration graphs of the whiteness reference samples for various scanners were determined. Scanners from Hewlett-packard (China) showed the highest sensitivity. It is shown that the Samsung (Y. Korea) and Kyocera (Taiwan) scanners have a low sensitivity of the photodiode array in the region of high color brightness of the samples, give a significant measurement error and are not recommended for determining whiteness. A comparison of the whiteness of cellulose, paper and cardboard samples using the obtained equations on HP scanners allows us to obtain whiteness values comparable with leykometry. The relative error of whiteness measurement is about 2,6%, which is quite enough for the evaluation characteristics of the samples. The technique can be used to quickly quantify the whiteness of various materials in factories and laboratories.

Key words: whiteness definition, cellulose bleaching, digital colorimetry.

ПИМЕНОВ Сергей Дмитриевич – аспирант кафедры химии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: chudopim@mail.ru

PIMENOV Sergey D. – PhD student, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: chudopim@mail.ru

МЗОКОВ Георгий Валерьевич – магистр кафедры химии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: хен-ос@inbox.ru

MZOKOV George V. – master`s degree, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: xen-os@inbox.ru

СИЗОВ Александр Иванович – доцент кафедры химии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия,. E-mail: sizov.alex@gmail.com

SIZOV Alexander I. – PhD (Technical), Associate Professor, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: sizov.alex@gmail.com

СТРОИТЕЛЕВА Анастасия Дмитриевна – магистр кафедры химии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nastya_st96@mail.ru

STROITELEVA Anastasia D. – master`s degree, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: nastya_st96@mail.ru