

## ИССЛЕДОВАНИЕ КРАСКОВОСПРИЯТИЯ БУМАГИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ МАССЫ ИЗ КОРЫ ВЕТОК ТУТОВОГО ДЕРЕВА

Х.А. Бабаханова<sup>1</sup>, З.К. Галимова<sup>1</sup>, М.М. Абдуназаров<sup>1</sup>, И.И. Исмаилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, 100100, Республика Узбекистан, Ташкент, ул. Шохжахон, д. 5

<sup>2</sup>Наманганский инженерно-технологический институт, 160115, Республика Узбекистан, Наманган, ул. Касансай, д. 7

halima300@inbox.ru

Представлены результаты исследования красковосприятости бумаги, в композицию которой включена целлюлозная масса из внутреннего слоя коры веток тутового дерева, при струйной печати. Установлена связь между оптической плотностью оттиска печати и структурой поверхности бумаги, в частности поверхностной впитываемостью и шероховатостью. Проведено изучение ступенчатого градиционного перехода и цветовоспроизведения оттисков, графической точности воспроизведения штрихового элемента изображения. Выполнен денситометрический и микроскопический анализ оттисков, отпечатанных на струйном принтере. Выявлено, что пигменты водных чернил в зависимости от микрогеометрии поверхности бумаги по-разному проникали вглубь. Установлено, что максимальную толщину красочного слоя, выраженную с помощью значений оптической плотности для основных цветов субстративного синтеза, и лучшую цветопередачу обеспечила поверхность образца бумаги при 100%-м добавлении в ее состав целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева, имеющей наименьшую шероховатость, по данным сканирующего зондового микроскопа Solver HV. Даны рекомендации по проведению тестирования данных бумаги на струйных принтерах, использующих пигментные чернила и менее требовательных к поверхностным свойствам бумаги, или посредством способов печати, не использующих маловязкие печатные краски.

**Ключевые слова:** красковосприятие, целлюлозная масса, кора веток тутового дерева, бумага, струйная печать, оптическая плотность, цветовоспроизведение

**Ссылка для цитирования:** Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Исследование красковосприятости бумаги с добавлением целлюлозной массы из коры веток тутового дерева // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 5. С. 97–105. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-97-105

В Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности выполнены работы по поиску доступного сырья для производства бумаги с использованием вторичных волокон, полученных из отходов хлопкоочистительной [1], шелковой [2, 3], текстильной [4, 5], сельскохозяйственной [6, 7] и фармацевтической промышленности [8–10]. Перспективность использования подобных отходов при производстве бумаги подтверждают увеличивающиеся объемы этих производств за счет ежегодной воспроизводимости и невысокой стоимости получаемой бумаги с различными свойствами.

Ежегодный прирост использования бумаги для печатания как с помощью традиционных, так и современных цифровых технологий объясняется увеличивающимся спросом на печатную продукцию. Для выпуска многокрасочной продукции малыми тиражами используется цифровая технология, одно из ведущих мест которой занимает технология струйной печати, обеспечивающая ее высокое разрешение, оперативность вывода изображения и невысокие затраты при печати малыми тиражами [11].

Бумагу для струйной печати условно можно подразделить на два класса: бумага без покрытия и с покрытием. Покрытие — это гидрофобный барьерный слой бумаги, позволяющий повысить

устойчивость к воде, устранить коробление и пробивание чернил на обратную сторону. Быстрое впитывание и закрепление чернил обеспечивается при наличии микропористой поверхности. Хорошая смачиваемость поверхности печатными чернилами улучшает качество изображения и цветопередачу. Оптимальное соотношение этих свойств в бумаге дает возможность получать качественные оттиски при струйной печати [12, 13].

Известно, что изменение композиционного состава бумажной массы за счет использования различного альтернативного сырья, правильно подобранного с учетом бумагообразующих свойств, позволяет получить бумагу с заданными свойствами [14].

### Цель работы

В данной работе для струйной печати протестированы образцы бумаги, в состав которых добавлена целлюлозная масса из внутреннего слоя коры веток тутового дерева.

### Материалы и методы

Физико-механические и поверхностные свойства бумаги уже были исследованы и опубликованы ранее [15–18].

В ходе выполнения исследовательских работ были поставлены следующие задачи:

– получение бумаги на основе хлопковой целлюлозы из линта с добавлением целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева;

– определение красковосприятости бумаги по разработанной тестовой шкале при печати на струйном принтере;

– с помощью денситометрического метода изучение ступенчатого градационного перехода и цветовоспроизведения оттисков печати для выявления связи между их оптической плотностью и структурой поверхности бумаги.

Для исследования влияния микрогеометрии поверхности на графическую точность воспроизведения штрихового элемента изображения на экспериментальных образцах бумаги был использован метод оптической микроскопии.

В качестве объектов исследования использовали пять образцов бумажных отливок, полученных из хлопковой целлюлозы со степенью помола 45 °ШР с 10-, 20-, 30- и 100%-м добавлением целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева со степенью помола 30 °ШР, и офисную бумагу SvetoCopy массой 80 г/м<sup>2</sup>, белизной 146 % (по ГОСТ Р ИСО 11476–2010) производства ЗАО «International Paper» (Светогорск, Россия), взятую для сравнения.

### Результаты и обсуждение

Авторами ранее проведены исследования свойств целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева [15] и микрогеометрии поверхности бумаги [16–17]. Обобщенные данные физико-механических показателей исследованных образцов бумаги на основе хлопковой целлюлозы приведены в табл. 1.

Учитывая специфические особенности используемых в струйной печати чернил, основным компонентом которых является вода, и лишь незначительную долю составляют растворители, исследована поверхностная впитываемость исследуемых бумаг [18].

Результаты показали, что гигроскопичность поверхности исследуемых бумаг, определенная по ГОСТ 12605-97 (ИСО 2470–77) меньше, чем у офсетной бумаги, согласно СТО 05711131-002–2014.

При струйной печати чернильные капельки на поверхности бумаги образуют пятна, размеры которых зависят от впитывающих свойств и микрогеометрии поверхностного слоя бумаги. Образованная красочная пленка после печати на поверхности бумажного листа будет гладкой и однородной только тогда, когда толщина пленки превысит шероховатость поверхности бумаги. Повышение шероховатости бумаги способствует увеличению рассеяния света.

В настоящее время для оценки качества поверхности бумаги и картона во всем мире используются такие косвенные методы, как гладкость по Бекку, шероховатость по Бендстену, шероховатость по Шеффилду, шероховатость по Паркеру (PPS), по которым можно получить усредненную (брутто) характеристику состояния поверхности анализируемого материала. Они основаны на измерении расхода воздуха между измерительным элементом прибора и поверхностью анализируемого материала.

Для исследования материалов на целлюлозной основе с 2010 г. начали применять прямые методы количественного анализа, а именно метод сканирующей электронной микроскопии [19, 20].

Т а б л и ц а 1

#### Физико-механические показатели бумаги с вариацией композиционного состава с добавлением целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева

Physical and mechanical parameters of paper with a variation of the composite with the addition of cellulose pulp from the inner layer of the bark of mulberry tree branches

Показатели	Состав бумаги, ХЦ:ТЦ, %					
	100:0	90:10	80:20	70:30	0:100	
Масса 1 м <sup>2</sup> , г (ГОСТ 13199–88)	84,8	80,5	86,1	82,3	82,1	
Толщина, мкм (ГОСТ 27015–86)	101	93	150	127	106	
Плотность, г/см <sup>3</sup> (ГОСТ 27015–86)	0,79	0,85	0,83	0,77	0,75	
Белизна, % (ГОСТ 30113–94, ИСО 2470–77)	82,3	80,2	79,6	78,7	74,0	
Впитываемость при одностороннем смачивании по методу Кобба 30 г/м <sup>2</sup> (ГОСТ 12605–97, ИСО 2470–77)	21,5	20,0	18,5	16,0	12,0	
Шероховатость $R_a$ образцов для кадров, нм (ГОСТ 2789–73):	750	26,95	12,69	18,25	9,76	11,73
	1500	32,61	17,64	57,01	20,81	16,26
	3500	67,54	26,82	60,91	42,39	23,56

*Примечание.* Здесь и далее: ХЦ — хлопковая целлюлоза, ТЦ — целлюлозная масса из внутреннего слоя коры веток тутового дерева.

Высокоточное отображение параметров шероховатости бумаг в нанометровом диапазоне возможно при использовании метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) [21-22]. Исследование шероховатости исследуемых образцов бумаги при использовании сканирующего зондового микроскопа Solver HV (ЗАО NT-MDT, Зеленоград, Россия) в Институте химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН (Москва, Россия) показало, что среди образцов, отличающихся по композиционному составу, наименьшей шероховатостью поверхности обладает образец бумаги при 100%-м содержании целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева ( $R_a = 23,56$  нм), затем при добавлении 10 % целлюлозной массы из коры веток тутового дерева ( $R_a = 26,82$  нм) [17].

Метод определения печатных свойств бумаги (ГОСТ 24356–80) распространяется на типографскую, офсетную и мелованную бумагу. Он заключается в запечатывании образца бумаги на пробопечатном устройстве типов FOGRA, Prufbau с последующим измерением оптической плотности оттиска печати для количественной оценки красковосприятости бумаги. Пробопечатные станки, реализующие принцип печати цилиндр — плоскость, позволяют полностью имитировать процесс печати стандартной офсетной печатной машины. Вследствие последовательного нанесения красок триады СМΥК на поверхность бумаги при офсетном способе печати происходит взаимодействие не только между бумагой и краской, но и между увлажняющим раствором и бумагой, что невозможно создать при проведении лабораторных испытаний в соответствии с ГОСТ 24356, ГОСТ 9094. При контроле отклонений печатных свойств бумаги от номинальных используется печатная форма, содержащая тестовую шкалу, что позволяет провести анализ печатных свойств в совокупности и прогнозировать поведение бумаги в печатном процессе [23].

В работе [12] для исследования печатных свойств бумаги при струйном способе печати использован струйный принтер HP Desk Jet 4163 и тестовая шкала. Для оценки граничной четкости белого и черного на тестовой шкале размещены негативные и позитивные точечные элементы с линейным размером сторон от 0,1 мм до 1,3 мм и само изображение.

В настоящей работе для определения красковосприятости бумаги, в композиции которой есть целлюлозная масса из внутреннего слоя коры веток тутового дерева, при струйном способе печати был разработан тест-объект, содержащий такие элементы контроля, как позитивный и негативный текст шрифтом, не имеющем засечек и контрастности, размером от 2 до 11 пунктов, ступенчатый градиционный цветовой переход,

элементы контроля бинарных наложений красок, а также растровое изображение с трудновоспроизводимыми цветами (рис. 1).

На поверхность исследуемых образцов бумаги бесконтактным способом было нанесено изображение тест-объекта с помощью струйного принтера Epson Stylus Photo R270. Для печати использовались оригинальные красочные материалы производства фирмы Epson Inkbank. В целях получения оттисков без искажения и потери информации, одной из причин которых является деформация бумажного листа при изменении его влажности, выполняли необходимые процедуры по акклиматизации бумаги, поддержанию постоянных климатических условий и времени стабилизации печатного изображения. Печать выполнена при соблюдении постоянного режима печати без использования системы управления цветом. Используемый принтер пригоден для печати на карточках, пленках, этикетках, фотобумаге, CD/DVD, глянцевого бумаге, конвертах, матовой бумаге массой от 64 до 300 г/м<sup>2</sup>. Технология печати — пьезоструйная, ее разрешение — 5760×1440 dpi.

Бумагу испытывали на высыхание чернил, отмарывание и стойкость к воде напечатанного изображения. Высыхание чернил оценивали визуально прижатием пальца к изображению сразу после выхода листа из принтера. Для оценки отмарывания чернил на напечатанное изображение сразу после выхода листа из принтера помещали стопку из 10 листов бумаги и дважды прокатывали резиновым валиком массой 1,5 кг. Стойкость к воде определяли визуально, нанося на изображение каплю воды и удаляя ее после 5 мин выдержки (табл. 2).

Качество воспроизведения элементов шкалы оценивали по значениям оптической плотности на основе 20-польной линейной градиционной шкалы от 5 до 100 % с шагом 5 % для желтого, пурпурного, голубого и черного колорантов, измеренных при использовании денситометра. Среднеквадратическое отклонение в измерениях оптической плотности составило 0,05 Б (табл. 2).

Анализ воспроизведения позитивного и негативного текста и микролиний осуществляли визуально и при использовании лупы с 10-кратным увеличением.

Исследование влияния микрогеометрии поверхности на графическую точность воспроизведения штрихового элемента изображения на экспериментальных образцах бумаги проводили с помощью метода оптической микроскопии на микроскопе Motic BA210.

Микрофотографии воспроизведения штрихового элемента, отпечатанные на разных видах бумаги при масштабе 1:200 мкм, представлены на рис. 2.



**Рис. 1.** Контрольные элементы на тест-объекте: *I* — позитивный и негативный текст шрифтом от 2 до 11 пунктов; *II* — ступенчатый градиционный цветовой переход от 5 до 100 %; *III* — элементы контроля бинарных наложений красок; *IV* — изображение с трудновоспроизводимыми цветами

**Fig. 1.** Control elements on the test object: *I* — positive and negative text in a font from 2 to 11 points; *II* — a step-by-step gradation color transition from 5 to 100 %; *III* — control elements of binary color overlays; *IV* — an image with difficult-to-reproduce colors

Т а б л и ц а 2

**Результаты испытания качества исследуемых образцов бумаги с вариацией композиционного состава для струйного способа печати**

**The results of testing the quality of the studied paper samples with a variation of the composite composition for the inkjet printing method**

Композиционный состав ХЦ:ТЦ, %	Значения оптической плотности				Показатели		
	голубой	пурпурный	желтый	черный	высыхание чернил	отмарывание чернил	стойкость к воде
100:0	0,76	1,20	1,15	1,39	+	–	+
90:10	0,69	1,13	1,38	1,31	+	–	+
80:20	0,56	0,91	1,33	1,31	+	–	+
70:30	0,65	1,13	1,38	1,35	+	–	+
0:100	0,72	1,32	1,48	1,48	+	–	+

Примечание. «+» — чернила высыхают и они стойки к воздействию воды, «–» — нет отмарывания чернил.

Микроскопический анализ оттисков печати, отпечатанных струйным способом, показал следующее: буква Т, относящаяся к рубленным шрифтам, т. е. не имеющая засечек, на образцах бумаги *a*, *b* и *e* (см. рис. 2) имеет четкий контур без потерь каких-либо мелких деталей. Расплывы краски вдоль волокон наблюдаются у образцов бумаги *в*, *г* и *д*. Поверхность штрихов матовая, блеск отсутствует, штрихи окрашены равномерно, точечная структура не наблюдается.

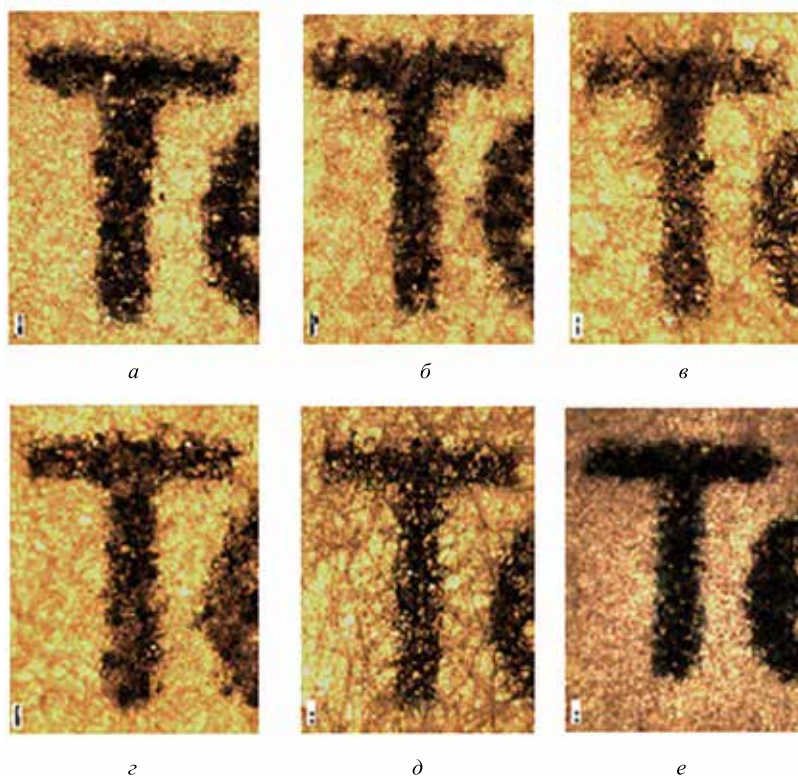
Ступенчатый градиционный цветовой переход характеризовали по значениям оптической плотности, измеренной с помощью денситометра Techkon (режим измерения — на отраженном свете; диапазон измерения плотности — 0,00–2,50 D ± 0,01 D; апертура — стандартная 3 мм (опционально:

1,5 × 1,5 мм и 2,5 × 1 мм); источник света — газовая лампа, тип А (2856 ± 100 К), значения оптической плотности для основных цветов представлены в табл. 3.

Значения оптической плотности для основных цветов субстративного синтеза (голубого, пурпурного, желтого) характеризовали максимальную толщину красочного слоя на поверхности образцов бумаги *д* — при 100%-м ТЦ, *б* — при 10%-м добавлении ТЦ и *г* — при 30%-м добавлении ТЦ (рис. 3).

Объясняется это тем, что микрогеометрия поверхности этих образцов бумаги, определенная с помощью метода атомно-силовой микроскопии, который является достаточно универсальным и дает объективную характеристику шероховатости





**Рис. 2.** Микрофотографии оттисков печати, полученных при струйном способе печати для различных образцов бумаги: *a* — 100 % ХЦ; *б* — 90 % ХЦ;10 % ТЦ; *в* — 80 % ХЦ;20% ТЦ; *г* — 70 % ХЦ;30 % ТЦ; *д* — 100 % ТЦ; *е* — офисная бумага, взятая для сравнения

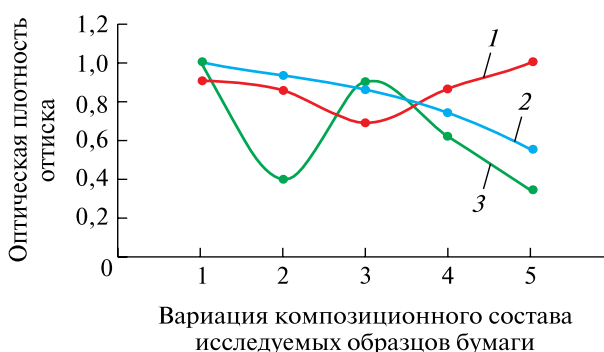
**Fig. 2.** Micrographs of print impressions obtained by the inkjet printing method for various paper samples: *a* — 100 % CC; *б* — 90 % CC:10 % MC; *в* — 80 % CC:20 % MC; *г* — 70 % CC:30 % MC; *д* — 100 % MC; *е* — office paper taken for comparison

**Т а б л и ц а 3**  
**Результаты испытания качества офисной бумаги, взятой для сравнения**  
**The results of testing the quality of office paper taken for comparison**

Цвет краски	Значения оптической плотности
Голубой	0,83
Пурпурный	0,87
Желтый	1,04
Черный	0,96

(см. табл. 1), способствовала передаче печатной информации без потерь и искажений.

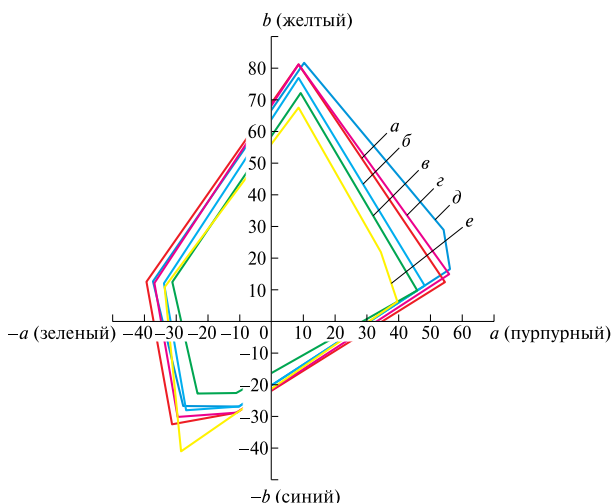
Оценка качества цветовоспроизведения осуществлялась по методу классической колориметрии (МКО). Для каждого образца шкалы вычислялись координаты цвета в системе XYZ с помощью МКО. Измерения проводились спектрофотометром Gretag Macbeth Eye-One. Ввиду нелинейности цветового пространства XYZ был осуществлен перевод координат цвета в систему CIE L\*a\*b\* МКО. Цветовоспроизведение оценивали путем сравнения площадей шестиугольника,



**Рис. 3.** Зависимость красковосприятости исследуемых образцов бумаги с вариацией композиционного состава: *1* — оптической плотности; *2* — от впитывающей способности; *3* — шероховатости поверхности бумаги  
**Fig. 3.** The dependence of the color perception of the studied paper samples with a variation of the composite composition: *1* — the optical density; *2* — the absorbency; *3* — the roughness of the paper surface

отображенного на диаграмме цветности a\*b\* по стандартной методике.

Вершинами шестиугольника являются точки основных цветов субстративного синтеза (голубой,



**Рис. 4.** Цветовой охват оттисков, отпечатанных на струйном принтере Epson R270: *a* — 100 % ХЦ; *б* — 90 % ХЦ:10 % ТЦ; *в* — 80 % ХЦ:20 % ТЦ; *з* — 70 % ХЦ:30 % ТЦ; *д* — 100 % ТЦ; *е* — офисная бумага (для сравнения)

**Fig. 4.** Color coverage of prints printed on an Epson R270 inkjet printer: *a* — 100 % CC; *б* — 90 % CC:10 % MC; *в* — 80 % CC:20 % MC; *з* — 70 % CC:30 % MC; *д* — 100 % MC; *е* — office paper (for comparison)

пурпурный, желтый) и точки цветов, образующихся при их попарном наложении (синий, зеленый, красный). Показатели цветового охвата позволяют оценить максимальное количество цветов, которые способна воспроизводить печатная система и поверхность бумаги: чем больше площадь фигуры, тем больше число получаемых цветов.

По измеренным данным в системе координат цветового пространства CIE L\*a\*b\* по МКО строилось тело цветового охвата (рис. 4).

Как видно из рис. 4, поверхность экспериментального образца бумаги *д*, где композиционный состав на 100 % из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, обладает наименьшими впитывающей способностью и шероховатостью, у него степень воспроизведения цветов лучше, чем у остальных образцов. Затем по уменьшению цветового охвата следуют образцы бумаги *з* при 30%-м, *б* при 10%-м добавлении целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, шероховатость поверхности которых привела к незначительному ослаблению цвета краски на оттиске печати.

### Выводы

Изучение процесса переноса водных чернил Epson Inkbank на примере пяти образцов бумаги на основе хлопковой целлюлозы из линта с добавлением целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева, и образца офисной бумаги, взятой для сравнения, показало, что пигменты водных чернил в зависимости от

микрогеометрии поверхности бумаги по-разному проникали вглубь. Максимальную толщину красочного слоя, выраженную через значения оптической плотности для основных цветов субстративного синтеза, и лучшую цветопередачу обеспечила поверхность образца бумаги *д* (см. рис. 2) при 100%-м составе из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, обладающей наименьшей впитывающей способностью и шероховатостью, затем образец бумаги *б* при 10%-м и бумаги *з* при 30%-м добавлении целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева.

По результатам микроскопического и денситометрического анализа рекомендуем протестировать данные образцы бумаги на струйных принтерах, использующих пигментные чернила, менее требовательные к поверхности бумаги или при способах печати, не использующих маловязкие печатные краски.

### Список литературы

- [1] Умаров Ф.Н. Способ получения хлопковой целлюлозы: Патент РУз. № 4565 / Расмий ахборотнома, 1997. № 3.
- [2] Алимова Х.А. Основы безотходной технологии переработки натурального шелка: дис. ... д-ра техн. наук. Ташкент: Изд-во Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 1994. 264 с.
- [3] Бабаханова Х.А. Печатно-технические свойства бумаг с компонентами волокон шелка и кенафа: дис. ... канд. техн. наук. Ташкент: Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, 2000. 132 с.
- [4] Бабаханова Х.А., Алимова Х.А. Бумага из отходов текстильной промышленности // Полиграфия, 2000. № 1. С. 96–97.
- [5] Камалова С.Р., Ешбаева У.Ж., Камилова С.Д. Разработка оптимальных условий подготовки отходов кокономотального производства для изготовления бумаги // Проблемы текстиля, 2010. № 3. С. 66–67.
- [6] Мирзаева М.Б., Бабаханова Х.А. Факторы, влияющие на специфические свойства бумаги конкретного назначения // Проблемы полиграфии и издательского дела, 2013. № 2. С. 13–17.
- [7] Усманов А., Худойбердиева Д.Б. Изучение возможностей получения целлюлозы из однолетних растений // Проблемы текстиля, 2010. № 2. С. 80–81.
- [8] Бабаханова Х.А. Система «сырье — бумага — оттиск», обеспечивающая заданные печатные свойства бумаги из вторичных волокнистых материалов. Ташкент: Узбекистан, 2014. 152 с.
- [9] Набиев Д.С., Набиева И.А., Бабаханова Х.А., Шахидова Ф.Н. Способ получения целлюлозы: Патент РУз № IAP 04879 / Расмий ахборотнома, 2014.
- [10] Набиев Д.С., Набиева И.А., Бабаханова Х.А., Шахидова Ф.Н., Галимова З.Д. Состав для изготовления бумаги: Патент РУз № IAP 04981 / Расмий ахборотнома, 2014. № 4.
- [11] Фентон Ховорд М. Основы цифровой печати. М.: Изд-во Московского государственного университета печати, 2004. 144 с.
- [12] Мартыянова О.С., Кононов Г.Н., Говязин И.О. Исследование свойств бумаги для струйной печати // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2008. № 6. С. 88–92.

- [13] Трачук А.В., Павлов Ю.В., Натеткова Г.Я., Артемов В.В., Андрионов Д.Н., Тихонов А.В. Способ изготовления бумаги для струйной печати с пигментированным покрытием: Патент RU № 2264493, 20.11.2005.
- [14] Дунаев Д.В. Системный подход к обеспечению требуемых печатных свойств бумаги на основе информации о качестве печати: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного технического университета растительных полимеров, 2006. 20 с.
- [15] Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Целлюлозная масса из коры веток тутовника для бумажной отрасли // ИВУЗ Лесной журнал, 2020. № 5. С. 193–200.  
DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-193-200
- [16] Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Свойства бумаги, в составе которой целлюлозная масса из веток туты // Межвузовский научный конгресс. М.: Высшая школа, 2020. С. 118–122.
- [17] Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Исследование шероховатости бумаги из вторичного сырья методом атомно-силовой микроскопии // Научно-технический вестник Информационных технологий, механики и оптики, 2020, Т.20, № 5. С. 661–666. DOI: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-661-666
- [18] Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Структура бумаги с добавлением целлюлозной массы из коры веток тутовника // Химия растительного сырья, 2020. № 4. С. 261–266.  
DOI: 10.14258/jcrpm.2020047761
- [19] Михалева М.Г., Втюрина Д.Н., Политенкова Г.Г., Сарвадий С.Ю., Никольский С.Н., Стовбун С.Н., Жолиерович Н.В., Герман Н.А., Николайчик И.В. Макро- и микроскопический подход к измерению шероховатости поверхности бумажных материалов // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы V Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти профессора В.И. Комарова, Архангельск 11–14 сентября 2019. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2019. С. 54–59.
- [20] Михалева М.Г., Втюрина Д.Н., Никольский С.Н., Стовбун С.В., Жолнерович Н.В., Герман Н.А., Николайчик И.В. Атомно-силовая микроскопия — современный метод определения шероховатости целлюлозно-бумажной продукции // Междунар. науч.-техн. конф. «Химия и химическая технология переработки растительного сырья», Минск, 10–12 октября 2018. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2018. С. 126–130.
- [21] Жуков М.В. Контроль структуры различных видов бумаги методом атомно-силовой микроскопии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2014. № 1 (89). С. 44–49.
- [22] Кирсанкин А.А., Михалева М.Г., Никольский С.Н., Мусохранова А.В., Стовбун С.В. Прямой метод контроля качества поверхности мелованных видов бумаги // Химия растительного сырья, 2016. № 4. С. 157–161. DOI: 14258/jcrpm.2016041415.
- [23] Новосельская О.А., Темрук В.И., Пенкин А.А., Соловьева Т.В. Способ контроля отклонений печатных свойств бумаги от номинальных. Патент BY 15509 C1 2012.02.28. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9076/1/15509.pdf> (дата обращения 05.03.2021).

## Сведения об авторах

**Бабаханова Халима Абишевна** — д-р техн. наук, профессор кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, [halima300@inbox.ru](mailto:halima300@inbox.ru)

**Галимова Зулфия Камиловна** — ассистент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, [z.galimova8282@mail.ru](mailto:z.galimova8282@mail.ru)

**Абдуназаров Мансур Мехридинович** — ст. преподаватель кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, [abdunazarov.1977@mail.ru](mailto:abdunazarov.1977@mail.ru)

**Исмаилов Икромжон Икромжон угли** — докторант кафедры химической технологии Наманганского инженерно-технологического института, [ikromzhon.ismailov@bk.ru](mailto:ikromzhon.ismailov@bk.ru)

Поступила в редакцию 19.03.2021.

Принята к публикации 23.08.2021.

## PAPER TRAPPING RESEARCH AFTER ADDING MULBERRY TREE BRANCHES BARK CELLULOSE PULP

Kh.A. Babakhanova<sup>1</sup>, Z.K.Galimova<sup>1</sup>, M.M.Abdunazarov<sup>1</sup>, I.I. Ismailov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, 5, Shokhzhakhon st., 100100, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Namangan Technology Institute, 7, Kasansay st., 160115, Namangan, Uzbekistan

halima300@inbox.ru

The paper presents the study results of paper trapping during inkjet printing which contains cellulose pulp from the inner bark layer of mulberry branches. The connection between the print density and the paper surface structure, in particular, water absorption and raggedness, is established. The study of the stepwise gradation transition and color rendition, the graphic accuracy of reproduction of the slur element of the image is carried out. Densitometric and microscopic analysis of the impressions printed on an inkjet printer was performed. It was revealed that the pigments of water ink, depending on the microgeometry of the paper surface, penetrated deeper in different ways. It was found that the maximum thickness of the paint layer, expressed using the optical density values for the primary colors of the subtractive synthesis, and the best color reproduction were provided by the surface of the paper sample with 100 % addition of cellulose pulp from the inner layer of the bark of mulberry tree branches, which has the least roughness, according to the scanning probe microscope Solver HV. Recommendations are given for testing paper data on inkjet printers that use pigment inks and are less demanding on the surface properties of paper, or by printing methods that do not use low-viscosity printing inks.

**Keywords:** color perception, cellulose pulp, mulberry tree branch bark, paper, inkjet printing, optical density, color reproduction

**Suggested citation:** Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Issledovanie kraskovospriyatosti bumagi s dobavleniem tsellyuloznoy massy iz kory vetok tutovogo dereva* [Paper trapping research after adding Mulberry tree branches bark cellulose pulp]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 5, pp. 97–105. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-97-105

### References

- [1] Umarov F.N. *Sposob polucheniya khlopkovoy tsellyulozy* [Method for producing cotton cellulose]. Patent RUz. No. 4565. Rasmiy Akhborotnoma, 1997, no. 3.
- [2] Alimova Kh.A. *Osnovy bezotkhodnoy tekhnologii pererabotki natural'nogo shelka* [Fundamentals of waste-free technology for processing natural silk] Dis. Dr. Sci. (Tech.). Tashkent: TITLP, 1994, 264 p.
- [3] Babakhanova Kh.A. *Pechatno-tekhnicheskie svoystva bumag s komponentami volokon shelka i kenafa* [Printing and technical properties of papers with components of silk and kenaf fibers]. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Tashkent: TITLP, 2000, 132 p.
- [4] Babakhanova Kh.A., Alimova Kh.A. *Bumaga iz otkhodov tekstil'noy promyshlennosti* [Paper made from wastes of the textile industry]. *Polygraphy*, 2000, no. 1, pp. 96–97.
- [5] Kamalova S.R., Eshbaeva U.Zh., Kamilova S.D. *Razrabotka optimal'nykh usloviy podgotovki otkhodov kokonomotal'nogo proizvodstva dlya izgotovleniya bumagi* [Development of optimal conditions for the preparation of waste cocoon-winding production for the manufacture of paper]. *Problemy tekstilya* [Problems of textiles], 2010, no. 3, pp. 66–67.
- [6] Mirzaeva M.B., Babakhanova Kh.A. *Faktory, vliyayushchie na spetsificheskie svoystva bumagi konkretnogo naznacheniya* [Factors Affecting the Specific Properties of Paper for a Specific Purpose]. *Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [Problems of Printing and Publishing], 2013, no. 2, pp. 13–17.
- [7] Usmanov A., Khudoyberdieva D.B. *Izuchenie vozmozhnostey polucheniya tsellyulozy iz odnoletnikh rasteniy* [Study of the possibilities of obtaining cellulose from annual plants]. *Problemy tekstilya* [Problems of textiles], 2010, no. 2, pp. 80–81.
- [8] Babakhanova Kh.A. *Sistema «syr'e — bumaga — ottisk», obespechivayushchaya zadannye pechatnye svoystva bumagi iz vtorichnykh voloknistykh materialov* [The system «raw material – paper – print», providing the specified printing properties of paper from recycled fibrous materials]. Tashkent: Uzbekistan, 2014, 152 p.
- [9] Nabiev D.S., Nabieva I.A., Babakhanova Kh.A., Shakhidova F.N. *Sposob polucheniya tsellyulozy* [Method of obtaining cellulose]. Patent RUz No. IAP 04879. Rasmiy akhborotnoma, 2014.
- [10] Nabiev D.S., Nabieva I.A., Babakhanova Kh.A., Shakhidova F.N., Galimova Z.D. *Sostav dlya izgotovleniya bumagi* [Composition for making paper]. Patent RUz No. IAP 04981. Rasmiy akhborotnoma, 2014.
- [11] Fenton Howord M. *Osnovy tsifrovoy pechati* [Fundamentals of digital printing]. Moscow: Print-Media Center, 2004, 144 p.
- [12] Mart'yanova O.S., Kononov G.N., Govyazin I.O. *Issledovanie svoystv bumagi dlya struynoy pechati* [Investigation of the properties of paper for inkjet printing]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2008, no. 6, pp. 88–92.
- [13] Trachuk A.V., Pavlov Yu.V., Natatkova G.Ya., Artemov V.V., Andriyev D.N., Tikhonov A.V. *Sposob izgotovleniya bumagi dlya struynoy pechati s pigmentirovannym pokrytiem* [A method of manufacturing inkjet paper with a pigmented coating]. Patent RU no. 2264493, 2005.
- [14] Dunaev D.V. *Sistemnyy podkhod k obespecheniyu trebuyemykh pechatnykh svoystv bumagi na osnove informatsii o kachestve pechati* [A systematic approach to ensuring the required printing properties of paper based on information about the print quality]. Dis. Cand. Sci. (Tech.). St. Petersburg: SPGTURP, 2006, 20 p.
- [15] Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Tsellyuloznaya massa iz kory vetok tutovnika dlya bumazhnoy otrasli* [Pulp from the bark of mulberry branches for the paper industry]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2020, no. 5, pp. 193–200. DOI: 10.37482 / 0536-1036-2020-5-193-200



- [16] Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Svoystva bumagi, v sostave kotoroy tsellyuloznaya massa iz vetok tuta* [Properties of paper containing pulp from mulberry branches]. Mezhdunarodnyy nauchnyy kongress [Interuniversity scientific congress]. Moscow: Higher school, 2020, pp. 118–122.
- [17] Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Issledovanie sherokhovatosti bumagi iz vtorichnogo syr'ya metodom atomno-silovoy mikroskopii* [Investigation of the roughness of recycled paper by atomic force microscopy]. Nauchno-tehnicheskii vestnik Informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2020, v. 20, no. 5, pp. 661–666. DOI: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-661-666
- [18] Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Struktura bumagi s dobavleniem tsellyuloznoy massy iz kory vetok tutovnika* [The structure of paper with the addition of cellulose mass from the bark of mulberry branches]. Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of vegetable raw materials], 2020, no. 4, pp. 261–266. DOI: 10.14258/jcpm.2020047761
- [19] Mikhaleva M.G., Vtyurina D.N., Politenkova G.G., Sarvadiy S.Yu., Nikol'skiy S.N., Stovbun S.N., Zholnerovich N.V., German N.A., Nikolaychik I.V. *Makro- i mikroskopicheskiy podkhod k izmereniyu sherokhovatosti poverkhnosti bumazhnykh materialov* [Macro- and microscopic approach to measuring the surface roughness of paper materials]. Problemy mekhaniki tsellyulozno-bumazhnykh materialov: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati professora V.I. Komarova [Problems of the mechanics of pulp and paper materials: materials of the V International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Professor V.I. Komarova], Arkhangel'sk 11–14.09.2019. Arkhangel'sk: NARFU, 2019, pp. 54–59.
- [20] Mikhaleva M.G., Vtyurina D.N., Nikol'skiy S.N., Stovbun S.V., Zholnerovich N.V., German N.A., Nikolaychik I.V. *Atomno-silovaya mikroskopiya — sovremennyy metod opredeleniya sherokhovatosti tsellyulozno-bumazhnoy produktii* [Atomic force microscopy is a modern method for determining the roughness of pulp and paper products]. Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya pererabotki rastitel'nogo syr'ya» [International Scientific and Technical Conference «Chemistry and Chemical Technology of Processing Plant Raw Materials»], Minsk, October 10–12, 2018. Minsk: Belarusian State Technological University, 2018, pp. 126–130.
- [21] Zhukov M.V. *Kontrol' struktury razlichnykh vidov bumagi metodom atomno-silovoy mikroskopii* [Control of the structure of various types of paper by atomic force microscopy]. Nauchno-tehnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics], 2014, no. 1 (89), pp. 44–49.
- [22] Kirsankin A.A., Mikhaleva M.G., Nikol'skiy S.N., Musokhrapova A.V., Stovbun S.V. *Pryamoy metod kontrolya kachestva poverkhnosti melovannykh vidov bumagi* [Direct method of surface quality control of coated types of paper]. Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of vegetable raw materials], 2016, no. 4, pp. 157–161. DOI: 14258/jcpm.2016041415
- [23] Novosel'skaya O.A., Temruk V.I., Penkin A.A., Solov'eva T.V. *Sposob kontrolya otkloneniy pechatnykh svoystv bumagi ot nominal'nykh* [Method of controlling deviations of the printing properties of paper from the nominal]. Patent BY 15509 C1 2012.02.28. Available at: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9076/1/15509.pdf> (accessed 05.03.2021).

## Authors' information

**Babakhanova Khalima Abishevna** — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Technology of printing and packaging production of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, [halima300@inbox.ru](mailto:halima300@inbox.ru)

**Galimova Zulfya Kamilovna** — Assistant of the Department of Technology of printing and packaging production of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, [z.galimova8282@mail.ru](mailto:z.galimova8282@mail.ru)

**Abdunazarov Mansur Mekhridinovich** — Senior Lecturer of the Department of Technology of printing and packaging production of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, [abdunazarov.1977@mail.ru](mailto:abdunazarov.1977@mail.ru)

**Ismailov Ikromzhon Ikromzhon ugli** — Doctoral Cand. of the Department of Chemical technology of the Namangan Technology Institute, [ikromzhon.ismailov@bk.ru](mailto:ikromzhon.ismailov@bk.ru)

Received 19.03.2021.

Accepted for publication 23.08.2021.