

УДК 676.014

СВОЙСТВА ПРОКЛЕЕННОЙ БУМАГИ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ МАССЫ КОРЫ ВЕТОК ТУТОВОГО ДЕРЕВА

© *Х.А. Бабаханова¹, А.А. Садриддинов¹, З.К. Галимова^{1*}, М.Г. Абдухалилова²*

¹ *Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
ул. Шохжахон, 5, Ташкент, 100100 (Республика Узбекистан),
e-mail: halima300@inbox.ru*

² *Наманганский инженерно-строительный институт, ул. Ислама Каримова,
12, Наманган, 160100 (Республика Узбекистан)*

В статье для исследования влияния проклеивающего вещества и наполнителя на структурные особенности бумаги из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева изучены механическая прочность, впитывающая способность и сорбционные свойства. Прочность на разрыв при растяжении определяли на разрывной машине по усилению, вызывающему разрушение образца. Поверхностную впитываемость при одностороннем смачивании определяли по методу Кобб₍₃₀₎, путем определения массы воды, поглощенной поверхностью бумаги при смачивании одной стороны испытуемого образца. Сорбционные свойства исследовали на высоковакуумной установке с ртутными затворами и кварцевыми весами Мак-Бена по данным сорбции паров воды. Выявлено, что внутренняя 2%-ная проклейка бумажной массы клеем из живицы черешневого дерева способствует упрочнению структуры бумаги, что подтверждается значениями механической прочности и поверхностной впитываемостью при одностороннем смачивании водой, относительно значений, полученных при проклейке канифольным клеем из сосновой живицы. При использовании клея из живицы черешневого дерева целесообразно к 100 г целлюлозной массы из внутреннего слоя коры веток тутового дерева добавлять каолин в количестве 2 г, так как увеличение отрицательно влияет на механическую прочность и гидрофобность.

Ключевые слова: бумага, целлюлозная масса, внутренний слой коры веток, проклейка, канифольный клей, механическая прочность, впитывающая способность, сорбционные свойства.

Введение

Рост объема потребления бумаги (бумажной продукции) характеризуется бурным развитием полиграфической отрасли и наличием в достаточном количестве альтернативных материалов, используемых в качестве основного и вспомогательного сырья при их производстве [1, 2].

При производстве бумаги использование наряду с первичными вторичных волокнистых материалов [3–5] и активных химических добавок [6–8] комплексно направлено на решение сырьевой и экологической проблем, а также способствуют увеличению номенклатуры и ассортимента выпускаемой продукции с заданными потребительскими свойствами.

Авторами ранее исследованы возможность использования в качестве дополнительного сырья с целью частичной замены хлопковой целлюлозы, производимой в Республике Узбекистан, целлюлозной массы из

Бабаханова Халима Абишевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов, e-mail: halima300@inbox.ru

Садриддинов Акмал Абдулло угли – докторант кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов, e-mail: sadriddinovakmal0777@mail.ru

Галимова Зулфия Камировна – PhD, доцент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов, e-mail: z.galimova8282@mail.ru

Абдухалилова Мухлиса Ганижон кизи – докторант, e-mail: muhlisa88@mail.ru

внутреннего слоя коры веток тутового дерева при их различном процентном добавлении для получения бумаги для печатания [9, 10].

Для получения бумаги с ограниченной впитывающей способностью по отношению к воде, чернилам, типографской краске и другим жидкостям, в бумажную массу добавляют гидрофобизирующие проклеивающие вещества, а гидрофиль-

* Автор, с которым следует вести переписку.

ные органические коллоиды используют для повышения механической прочности. Применение их вместе способствует значительному улучшению проклейки в массе [11–13].

При проклейке в массе вводимые вещества склеивают волокна, заполняются пустотелые капилляры клеевыми растворами, при этом улучшается прочность бумаги и ее гидрофобность [14, 15].

Наиболее распространенным гидрофобизирующим веществом для проклейки бумаги является канифольный клей, изобретенный немецким фабрикантом Фрицем Иллигом в 1807 году. Канифольный клей получают из сосновой смолы (живицы), она не растворяется в воде, поэтому для проклейки используется не сама канифоль, а различные виды клея, которую получают путем ее взаимодействия со щелочами. Канифольная проклейка способствует повышению водостойкости, жесткости, но при этом снижает белизну, долговечность и механическую прочность. При производстве типографской, обойной и афишной бумаги добавляют канифольный клей в бумажную массу от 0.5 до 1.0%. Для производства писчей, тетрадной, картографической бумаги расход канифоли составляет от 1.5 до 4% от массы волокна.

Клей изготавливают главным образом на основе сосновой канифоли, материале дорогим и дефицитном. В связи с этим ведутся исследования по замене дефицитной канифоли различными видами органических и синтетических веществ [16–20].

Цель данной работы – исследование комплексного влияния проклеивающего вещества и наполнителя на механическую прочность и гидрофобность бумаги из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- на основе предварительных исследований получена бумага из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, проклеенные в массе (на стадии отлива) различными проклеивающими веществами при различном добавлении каолина;
- для выявления степени влияния проклеивающего вещества и наполнителя на свойства бумаги исследованы механическая прочность, впитывающая способность и сорбционные свойства;
- изучены характеристики полученных материалов и предложены рекомендации по их применению.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись образцы бумаги из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, отлитых для изучения влияния проклеивающего вещества и наполнителя на свойства бумаги. В качестве проклеивающего вещества использовали клей из черешневой смолы и клей из сосновой живицы, которые вводили в бумажную массу на стадии отлива при соотношении к 100 г сухого целлюлозного сырья – 2 г.

Исследуемый клей получали из сырой смолы (живицы) черешневого дерева. Затем при температуре 85–95 °С выпаривали для очистки от скипидара и других летучих веществ, которых в сырой смоле 25% (табл. 1). В полученном без использования химических средств натуральном продукте содержание воды не более 0.5% при остаточной кислотности последней не более 0.3%.

На листоотливном аппарате в лабораторных условиях из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева получали бумажные отливки массой 100 г/м², в качестве наполнителя использовали каолин, расход которого 2,4 г, по отношению к 100 г сухого сырья, для осаждения клея на волокнах использовали сернокислый алюминий.

Экспериментальные исследования проводились по следующим методикам: определение массы по ГОСТ Р ИСО 536-2013, определение толщины, плотности – по ГОСТу 27015-86.

Таблица 1. Свойства канифоли в зависимости от вида сырья

Основные показатели канифоли	Канифоль, получаемая из следующего сырья	
	сосновой живицы [21]	живицы черешневого дерева
Смоляные кислоты, %	83–94	70–78
Кислотное число	150–180	134
Неомыляемые вещества, %	6.5–10.5	17.5
Температура размягчения, °С	54–72	85–95

Для выявления степени влияния проклеивающего вещества и наполнителя на механические свойства определили прочность на разрыв при растяжении на разрывной машине по ГОСТУ 13525.1-79. Сущность данного метода заключается в определении усилия, вызывающего разрушение образца и его удлинение до момента разрыва. При этом образец закрепляли в зажимах разрывной машины, не касаясь его испытуемой части, с силой натяжения не более 0.3 Н (0.03 кгс) так, чтобы он не скользил во время испытания, и чтобы прилагаемая сила имела направление, параллельное его краям.

Разрывную длину L в метрах вычисляли по формуле

$$L = \frac{l_0 \cdot F}{m},$$

где F – разрушающее усилие, Н; l_0 – номинальное расстояние между зажимами, мм; m – масса образца, г.

Предел прочности при растяжении, σ МПа (кгс/мм), вычисляли по формуле

$$\sigma = \frac{F}{b \cdot h},$$

где F – разрушающее усилие, Н; b – ширина образца, мм; h – толщина образца, мм.

Относительная погрешность определения предела прочности при растяжении не превышает $\pm 10\%$ при доверительной вероятности 0.95.

Для выявления степени влияния проклеивающего вещества и каолина на гидрофильные свойства бумаги определили поверхностную впитываемость при одностороннем смачивании (ГОСТ 12605-97 (ISO535-91)) по методу Кобб₍₃₀₎, путем определения массы воды (г), поглощенной поверхностью бумаги при смачивании одной стороны испытуемого образца по формуле

$$\text{Кобб}_{(30)} = 100 \times (m_2 - m_1),$$

где m_2 – масса образца после испытания, г; m_1 – масса образца до испытания, г.

Результаты исследований зависимости свойств бумаги от природы проклеивающего вещества и содержания наполнителя приведены в таблице 2.

Для выявления степени влияния проклеивающего вещества и содержания наполнителя на структурные особенности полимера исследовали сорбцию паров воды на высоковакуумной сорбционной установке с ртутными затворами и кварцевыми весами Мак-Бена. Подача величины равновесного количества сорбированной воды на 1 г полимера не превышала 3%, относительная погрешность в измерении давления пара – 0.1%. Основное преимущество данного метода заключается в том, что главные параметры пористой структуры рассчитываются по изотерме адсорбции – десорбции [22].

Обсуждение результатов

Нами изучено влияние проклеивающего вещества и наполнителя на свойства бумаги из целлюлозной массы внутренней коры веток тутового дерева.

Таблица 2. Свойства бумаги при 2% внутренней проклейке

Показатели бумаги	Канифоль из живицы черешневого дерева		Канифоль из сосновой живицы	
	Масса вводимого каолина на 100 г сырья			
	2	4	2	4
Номер образцов	№1	№2	№3	№4
Толщина, мм	0.408	0.404	0.402	0.400
Масса, г/м ²	99.75	100.6	99.51	99.63
Плотность, г/см ³	0.247	0.251	0.241	0.251
Разрушающее усилие, Н	50.96	45.08	37.24	35.28
Разрывная длина, м	2600	2300	1900	1800
Предел прочности, Мпа	40.57	35.89	29.65	28.09
Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	41	41	54	31

По значениям таблицы 2 выявлено, что при 2%-ном добавлении в бумажную массу на стадии отлива клея из смолы черешневого дерева механическая прочность бумаги выше на 37%, впитывающая способность меньше на 31.7% относительно значений, полученных при проклейке клеем из сосновой живицы. Увеличение содержания наполнителя отрицательно влияет на механическую прочность, что можно объяснить снижением эффективности действия сил межволоконного сцепления за счет увеличения расстояния между растительными волокнами.

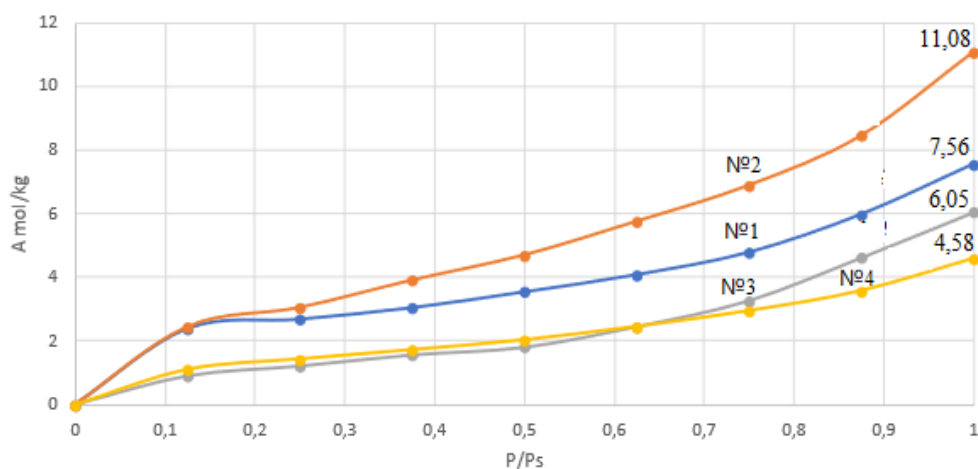
По параметрам сорбции паров воды определяется связь молекул воды с гидроксильными группами макромолекул целлюлозы, находящихся в аморфных участках, т.е. можно судить о физической структуре бумажного листа [18].

Сравнивая изотермы адсорбции паров воды между собой (рис.), по количеству связанной воды в аморфных областях, где слабое межмолекулярное взаимодействие, выявлена доступность активных центров волокон молекулам воды и степень разупорядоченности образца бумаги №2 относительно образца №1. Увеличение добавление каолина при использовании клея из смолы черешневого дерева нежелательно, так как приведет к деформации размеров бумажного листа, что способствует несовмещению контуров красок при печати.

На основе изотерм сорбции паров воды (рис.) с помощью теории БЭТ определили параметры капиллярно-пористой структуры образцов: емкость монослоя (a_m), удельную поверхность (S), адсорбцию насыщенности (a_s), суммарный объем пор (W_0), мезопоры $W_{me}=V_s-W_0$ и объем насыщенности адсорбции (V_s). Результаты вычислений представлены в таблице 3.

По значениям емкости монослоя a_m определили количество адсорбата, который содержался в целомом заполненном монослое молекул на поверхности твердого тела, и вычислили удельную поверхность $S_{уд}$.

Удельная поверхность бумаги – это суммарная площадь поверхности единицы ее массы или объема, так же, как и пористость бумаги, характеризовало внутреннее состояние структуры бумажного листа. Для расчета удельной поверхности сорбентов, для которых характерны S-образные изотермы сорбции (рис.), использовали уравнение БЭТ.



Изотермы адсорбции паров воды на образцах бумаги

Таблица 3. Параметры капиллярно-пористой структуры образцов по данным сорбции паров воды при степени помола 55 °ШР

Характеристики	Образец бумаги			
	№1	№2	№3	№4
Радиус пор, нм	2.18	2.54	3.61	2.40
Удельная поверхность, $S_{уд}$, м ² /г	124.89	157.31	60.30	68.79
Адсорбция насыщенности, a_s , моль/кг	7.56	11.08	6.05	4.58
Суммарный объем пор, $W_0 \cdot 10^3$, м ³ /кг	0.0877	0.1243	0.0583	0.0530
Объем мезопор, $W_{me} \cdot 10^3$, м ³ /кг	0.05	0.08	0.05	0.03
Объем насыщенности, $V_s \cdot 10^3$, м ³ /кг	0.1361	0.1999	0.1089	0.0824

Как следует из таблицы 3, изменение проклеивающего вещества и количества наполнителя повлияло на значение параметров капиллярно-пористой структуры образца. При этом удельная поверхность изменяется от 124.89 до 157.31 м²/г с увеличением содержания каолина, а суммарный объем микропор – от 0.0877 до 0.1243 м³/кг у бумаг, проклеенных канифолью из смолы черешневого дерева.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что увеличение добавления каолина при использовании клея из смолы черешневого дерева нежелательно, так как отрицательно влияет на сорбционную способность, что нежелательно для бумаг, предназначенных для печати различными способами при использовании красок низкой вязкости.

Выводы

Таким образом, изучено влияние вида проклеивающего вещества и наполнителя на механическую прочность, впитывающую способность и сорбционные свойства бумаги из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева.

Добавление на стадии отлива в бумажную массу клея из смолы черешневого дерева способствовало увеличению механической прочности бумажного листа на 37% и уменьшению впитывающей способности на 31.7% относительно значений, полученных при проклейке клеем из сосновой живицы.

На основе изотерм сорбции паров воды, имеющих S-образную форму, определили, что самыми высокими сорбционными свойствами обладает образец бумаги №2, благодаря наличию аморфных участков, где доступность молекулам воды более высокая. Образец бумаги №4, проклеенной канифольным клеем из сосновой смолы, имеет относительно низкую сорбционную способность, что объясняется внутренним состоянием структуры, т.е. степенью упорядоченности.

Для получения бумаги с достаточной впитывающей способностью целесообразно при внутренней проклейке канифолью из смолы черешневого дерева 2%-ное добавление каолина в бумажную массу из целлюлозной массы внутреннего слоя коры веток тутового дерева, дальнейшее добавление нежелательно для бумаг, предназначенных для традиционных и современных способов печати, где используются печатные краски с низкой вязкостью.

Список литературы

1. Керманян Х. Новый композиционный клей для проклейки целлюлозных материалов: дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2001. 22 с.
2. Ешбаева У.Ж., Исмаилова Г.И., Нишинов А.М., Абдуалимова Л.З. Свойства бумаги, содержащей проклеивающее вещество полиакриламида // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. №7 (88).
3. Махотина Л.Г. Современные тенденции в технологии бумаги для печати // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* 2008. №3. С. 52–55.
4. Кулешов А.В., Смолин А.С. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон // *Химия растительного сырья.* 2008. №2. С. 109–112.
5. Бабаханова Х.А. Печатно-технические свойства бумаг с компонентами волокон шелка и кенафа: дисс. ... канд. техн. наук. Ташкент, 2000. 132 с.
6. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н. Роль новых гидрофобизирующих материалов в производстве бумаги и картона // *Научные труды.* М.: МГУЛ, 2002. Вып. 319. С. 83–88.
7. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н., Азаров В.И. Современные тенденции в развитии технологии производства бумаги и картона // *Лесной вестник.* 2003. №5. С. 89–92.
8. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Влияние химической природы проклеивающих компонентов на гидрофильные и гидрофобные свойства целлюлозных материалов // *Современные проблемы науки и образования.* 2014. №6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16572>.
9. Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Структура бумаги с добавлением целлюлозной массы из коры веток тутового дерева // *Химия растительного сырья.* 2020. №4. С. 261–266. DOI: 10.14258/jcrm.2020047761.
10. Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Абдуназаров М.М., Исмаилов И.И. Целлюлозная масса из коры веток тутовника для бумажной отрасли // *Лесной журнал.* 2020. №5. С. 193–200. DOI:10.37482/0536-1036-2020-5-193-200.
11. Мишурина О.А., Тагаева К.А. Исследование влияния композиционного состава по волокну на влагопрочностные свойства исходного сырья при производстве картонных втулок // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования.* 2013. Т. 1. №71. С. 286–289.
12. Мишурина О.А., Ершова О.В., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Технологические решения по производству упаковочного картона с улучшенными влагопрочностными свойствами // *Фундаментальные исследования.* 2015. № 2–19. С. 4166–4170.

13. Мишурина О.А., Жерякова К.В., Муллина Э.Р. Химические аспекты влияния гидрофильных и гидрофобных компонентов на эффективность проклейки бумаги // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №6–1. С. 83–85.
14. Мишурина О.А., Муллина Э.Р., Жерякова К.В., Корниенко Н.Д., Фёдорова Ю.С. Анализ влияния сорбционных свойств бумаги-основы на процесс адгезии при получении различных видов бумажной упаковки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №6–2. С. 200–202.
15. Фляте Д.М. Технология бумаги: учеб. для вузов. М., 1988. 440 с.
16. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. Т. I.: Сырье и производство полуфабрикатов. СПб., 2002. 419 с.
17. Куркова Е.В., Иванов Г.Е. Бумага с повышенной влагопрочностью // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов. Материалы I Международной научно-технической конференции. Архангельск, 2011. С. 207–209.
18. Ешбаева У.Ж., Рафиков А.С. Печатно-технические свойства бумаг из хлопковой целлюлозы с добавлением синтетических полимеров // Полиграфия. 2013. №8. С. 52–56.
19. Фролов М.В. Структурная механика бумаги. М., 2002. 274 с.
20. Черная И.В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона: монография. Минск, 2009. 394 с.
21. Вураско А.В., Шаповалова И.О. Проклейка бумажной массы: учебно-методическое пособие. Екатеринбург, 2015. С. 4.
22. Гаврилова Н.Н., Назаров В.В. Анализ пористой структуры на основе адсорбционных данных: учеб. пособие. М., 2015. 132 с.

Поступила в редакцию 14 апреля 2022 г.

После переработки 6 мая 2022 г.

Принята к публикации 8 мая 2022 г.

Для цитирования: Бабаханова Х.А., Садриддинов А.А., Галимова З.К., Абдухалилова М.Г. Свойства проклеенной бумаги из целлюлозной массы коры веток тутового дерева // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 361–367. DOI: 10.14258/jcprm.20220411282.

Babakhanova H.A.¹, Sadriddinov A.A.¹, Galimova Z.K.^{1}, M.G. Abdukhalilova M.G.² PROPERTIES OF GLUED PAPER FROM CELLULOSE MASS OF MULBERRY TREE BRANCHES*

¹ Tashkent Institute of Textile and Light Industry, ul. Shokhzhakhon, 5, Tashkent, 100100 (Republic of Uzbekistan), e-mail: halima300@inbox.ru

² Namangan Civil Engineering Institute, ul. Islama Karimova, 12, Namangan, 160100 (Republic of Uzbekistan)

In an article to study the effect of sizing agent and filler on the structural features of paper from the cellulose mass of the inner layer of the bark of mulberry tree branches, mechanical strength, absorbency and sorption properties were studied. Tensile strength was determined on a tensile testing machine by the force causing the destruction of the sample. Surface absorbency at one side wetting was determined by the method of Cobb₍₃₀₎, by determining the mass of water absorbed by the surface of the paper when wetting one side of the test sample. Sorption properties were studied on a high-vacuum setup with mercury gates and McBain quartz balances according to water vapor sorption data. It was found that the internal 2% sizing of the paper pulp with cherry tree resin glue contributes to the strengthening of the paper structure, which is confirmed by the values of mechanical strength and surface absorbency when unilaterally wetted with water, relative to the values obtained when sizing with pine oleo-resin rosin glue. When using glue from cherry resin, it is advisable to add 2 g of kaolin to 100 g of pulp from the inner layer of the bark of mulberry tree branches, since the increase negatively affects mechanical strength and hydrophobicity.

Keywords: paper, pulp, inner bark layer of branches, sizing, rosin glue, mechanical strength, absorbency, sorption properties.

* Corresponding author.

References

1. Kermanyan Kh. *Novyy kompozitsionnyy kley dlya prokleyki tsellyuloznykh materialov: diss. ... kand. tekhn. nauk.* [New composite adhesive for sizing cellulose materials: diss. ... cand. tech. sciences]. Moscow, 2001, 22 p. (in Russ.).
2. Yeshbayeva U.Zh., Ismailova G.I., Nishonov A.M., Abdualimova L.Z. *Universum: tekhnicheskiye nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2021, no. 7 (88). (in Russ.).
3. Makhotina L.G. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*, 2008, no. 3, pp. 52–55. (in Russ.).
4. Kuleshov A.V., Smolin A.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2008, no. 2, pp. 109–112. (in Russ.).
5. Babakhanova Kh.A. *Pechatno-tekhnicheskiye svoystva bumag s komponentami volokon shelka i kenafa: diss. ... kand. tekhn. nauk.* [Printing and technical properties of papers with components of silk and kenaf fibers: diss. ... cand. tech. sciences]. Tashkent, 2000, 132 p. (in Russ.).
6. Tarasov S.M., Koverninskiy I.N. *Nauchnyye trudy.* [Scientific works]. Moscow, 2002, vol. 319, pp. 83–88. (in Russ.).
7. Tarasov S.M., Koverninskiy I.N., Azarov V.I. *Lesnoy vestnik*, 2003, no. 5, pp. 89–92. (in Russ.).
8. Mullina E.R., Mishurina O.A., Chuprova L.V., Yershova O.V. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16572>. (in Russ.).
9. Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 261–266. DOI: 10.14258/jerm.2020047761. (in Russ.).
10. Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K., Abdunazarov M.M., Ismailov I.I. *Lesnoy zhurnal*, 2020, no. 5, pp. 193–200. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-193-200. (in Russ.).
11. Mishurina O.A., Tagayeva K.A. *Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya*, 2013, vol. 1, no. 71, pp. 286–289. (in Russ.).
12. Mishurina O.A., Yershova O.V., Chuprova L.V., Mullina E.R. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, no. 2–19, pp. 4166–4170. (in Russ.).
13. Mishurina O.A., Zheryakova K.V., Mullina E.R. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 6–1, pp. 83–85. (in Russ.).
14. Mishurina O.A., Mullina E.R., Zheryakova K.V., Korniyenko N.D., Fodorova Yu.S. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 6–2, pp. 200–202. (in Russ.).
15. Flyate D.M. *Tekhnologiya bumagi: ucheb. dlya vuzov.* [Paper technology: textbook. for universities]. Moscow, 1988, 440 p. (in Russ.).
16. *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva. Spravochnyye materialy. T. I.: Syr'ye i proizvodstvo polufabrikatov.* [Technology of pulp and paper production. Reference materials. Vol. I.: Raw materials and production of semi-finished products]. St. Petersburg, 2002, 419 p. (in Russ.).
17. Kurkova Ye.V., Ivanov G.Ye. *Problemy mekhaniki tsellyulozno-bumazhnykh materialov. Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii.* [Problems of mechanics of pulp and paper materials. Materials of the I International Scientific and Technical Conference]. Arkhangelsk, 2011, pp. 207–209. (in Russ.).
18. Yeshbayeva U.Zh., Rafikov A.S. *Poligrafiya*, 2013, no. 8, pp. 52–56. (in Russ.).
19. Frolov M.V. *Strukturnaya mekhanika bumagi.* [Structural mechanics of paper]. Moscow, 2002, 274 p. (in Russ.).
20. Chernaya I.V. *Teoriya i tekhnologiya kleyenykh vidov bumagi i kartona: monografiya.* [Theory and technology of glued types of paper and cardboard: monograph]. Minsk, 2009, 394 p. (in Russ.).
21. Vurasko A.V., Shapovalova I.O. *Prokleyka bumazhnoy massy. Uch.-met. pos.* [Paper pulp gluing. Teaching aid]. Yekaterinburg, 2015, p. 4. (in Russ.).
22. Gavrilova N.N., Nazarov V.V. *Analiz poristoy struktury na osnove adsorbtsionnykh dannykh: ucheb. posobiye.* [Analysis of the porous structure based on adsorption data: a tutorial]. Moscow, 2015, 132 p. (in Russ.).

Received April 14, 2022

Revised May 6, 2022

Accepted May 8, 2022

For citing: Babakhanova H.A., Sadriddinov A.A., Galimova Z.K., Abdukhalilova M.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 361–367. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpr.20220411282.

