И.В. Лаврентьев, В.М. Гедьо, Е.И. Симонова, Е.Ю. Демьянцева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО КОМПОЗИТА

Введение. Для производства целлюлозы-основы, перерабатываемой в одноразовые водопоглощающие санитарно-гигиенические изделия (СГИ), используется целлюлоза сульфатная беленая из хвойной древесины по ГОСТ 9571–89. Целлюлоза – как природный гидрофильный полимер, остается главным видом сырья для СГИ. Однако все возрастающие требования по водопоглощению и снижению массоемкости сердцевинных слоев изделий, актуализируют задачу новых научных и технических решений в этой области. Руководствуясь государственным документом «Приказ Минпромторга России от 23 августа 2022 г. № 3561», который определяет импортозамещение и развитие рынка флафф-целлюлозы в России, автор инициировал и выполняет НИР «Разработка инновационной технологии рулонного целлюлозного композита на основе целлюлозного волокна с целевыми показателями, обеспечивающими получение высоковолаговпитывающего распущенного сердцевинного слоя для санитарно-гигиенических изделий».

Теоретическими основами НИР стали закономерности зависимости водопоглощения целлюлозного композита от свойств технической целлюлозы, степени помола целлюлозы, соотношения хвойной неразмолотой (размолотой) и неразмолотой лиственной целлюлозы в композите, рассмотренные автором в труде [Лаврентьев, 2023]. В труде Лаврентьева дана теоретическая оценка пористости целлюлозного композита как главного фактора водопоглощения. Показано, что пористость, например, для образцов массой $1 \text{ м}^2=650 \text{ г}$ и толщиной, мм: 0,9; 1,0; 1,1, при плотности, кг/м^3 : 722; 650; 591, соответственно, равна, %: 52; 57; 61. При погружении образцов в воду получили низкую удельную впитываемость воды – В, соответственно, 1,08; 1,32 и 1,55 г/г а.с. композита.

Таким образом, теоретически водопоглощение целлюлозного композита из целлюлозы сульфатной беленой из хвойной древесины по ГОСТ 9571–89 не достигает величины 3–4 г/г, характерной лучшим продуктам. Решение актуальной задачи повышения удельного водопоглощения СГИ для их импортозамещения отечественными изделиями находится в области усовершенствования технологии.

Объекты исследования. Целлюлоза сульфатная беленая из хвойной древесины по ГОСТ 9571–89 и целлюлоза сульфатная беленая из лиственной древесины ГОСТ 14940–96, факторы технологии.

Методы и методики исследования. Применялись методики исследования, предусмотренные ГОСТ 9571–89 и ГОСТ 14940–96 и изложенные в работе [Дубовый, 2006]: определение степени помола; водопоглощение при полном погружении.

Результаты и обсуждения. Приведены исследования по влиянию факторов – степень помола целлюлозы (СП), °ШР, компонентный состав по волокну – целлюлоза сульфатная беленая из хвойных пород по ГОСТ 9571–89 (ЦСХБ) и целлюлоза сульфатная беленая из лиственных пород древесины (ЦСЛБ) по ГОСТ 14940–96, а также вид сушки (контактная и конвективная) целлюлозного композита.

Данные целлюлозы-основы для флафф-целлюлозы производства США представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества целлюлозы-основы производства США

Pulp quality indicators of the basis of US production

Производитель	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Разрушающее усилие, Н	Впитываемость при полном погружении, г/г
Основа для флафф целлюлозы производства США	1,12	0,62	230	2,4

Как видно из табл. 1, образец целлюлозы-основы производства США имеет высокое значение механического показателя (разрушающее усилие), однако показатель впитываемости при полном погружении остается низким, всего 2,4 г/г, что свидетельствует о недостаточно высоком качестве продукта.

Переменным фактором технологии, комплексно влияющим на все показатели качества целлюлозы, является размол [Гораздова, 2018], который проводится в режиме «фибриллирующего» помола либо в режиме «саджого» помола. Результат размола характеризуется показателем «Степень помола» (СП). При совершенствовании технологии целлюлозы-основы с целью повышения качества, СП имеет определенное значение. Поэтому был проведен эксперимент по изучению влияния СП целлюлозы на основные показатели качества, включая впитываемость воды. Результаты исследования представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

**Влияние степени помола на качественные показатели целлюлозы-основы
(Хвойная целлюлоза)**

**The effect of the degree of grinding on the quality indicators of the pulp base
(Coniferous pulp)**

Показатель	Целлюлоза сульфатная хвойная беленая		
	степень помола, °ШР		
	15	20	25
Масса, г/м ²	700±5	700±5	700±5
Толщина, мм	1,24	1,22	1,21
Плотность, г/см ³	0,56	0,57	0,58
Разрушающее усилие, Н	235	268	275
Впитываемость при полном погружении, г/г	2,80	3,05	2,95

Таблица 3

**Влияние степени помола на качественные показатели целлюлозы-основы
(Лиственная целлюлоза)**

**The effect of the degree of grinding on the quality indicators of the pulp base
(Deciduous cellulose)**

Показатель	Целлюлоза сульфатная лиственная беленая		
	степень помола, °ШР		
	18	20	25
Масса, г/м ²	700±5	700±5	700±5
Толщина, мм	1,30	1,28	1,25
Плотность, г/см ³	0,53	0,54	0,56
Разрушающее усилие, Н	168	230	250
Впитываемость при полном погружении, г/г	2,9	3,2	3,1

Данные, представленные в табл. 2 и 3, показывают, что плотность и механическая прочность с увеличением СП изменяются. Плотность увеличивается, в пределах 0,56–0,58 г/см³, а прочность растет в пределах 235–

275 Н (Хвойная целлюлоза) и в пределах 168–250 Н (Лиственная целлюлоза). Это характерная закономерность влияния СП на качество целлюлозы и материалов из нее. Впитываемость при полном погружении изменяется незначительно, в пределах 0,2–0,5 г/г. Можно предположить, что СП целлюлозы мало влияет на впитываемость сформированного изделия из целлюлозы, то есть на целлюлозу-основу. Хотя степень помола собственно целлюлозы (не изделия) впитывает и удерживает большую долю воды, и чем больше СП, тем больше впитывание и удержание [Дулькин, 2011]. Это объясняется тем, что высушенная целлюлоза-основа представляет собой целлюлозную структуру, в которой подавляющее число ОН-групп вовлечены в обширную систему водородных связей [Ковернинский, 2006]. Межфазное взаимодействие целлюлозы с водой ограничено и не дает столь значительного эффекта, как это имеет место в системе с размолотой целлюлозой [Ковернинский и др., 2017]. Целлюлоза-основа в распущенном виде впитывает воды в 3–5 раз больше, по сравнению с целлюлозным полотном, сформованным традиционным способом [Алешина, 2014]. Вероятно происходит высвобождение большого числа ОН-групп и многократное увеличение пористости, увеличивающие адсорбцию.

Известно влияние композиции по волокну на свойства целлюлозных материалов [Ковернинский и др., 2006]. Это влияние является одним из основных приемов технологии для управления качеством продукции. Было проведено исследование по выяснению влияния композиции по волокну и соотношения компонентов при различной степени помола на качество целлюлозного композита. Данные представлены в табл. 4.

Анализ данных, представленных в табл. 4, подтверждает, что состав композиции по волокну оказывает влияние на потребительские свойства целлюлозы-основы. Сульфатная хвойная беленая целлюлоза и сульфатная беленая лиственная целлюлоза при исходной степени помола имеют сопоставимую впитываемость и плотность, прочностные характеристики для сульфатной лиственной целлюлозы, существенно ниже, чем у хвойной сульфатной беленой целлюлозы. Композиция с БХТММ позволяет увеличивать впитываемость и плотность образца, однако с возрастанием доли в композиции БХТММ, происходит существенное снижение прочностных показателей. Если судить по впитываемости воды, то экспериментально подтвержденные лучшие составы по волокну – это образцы № 6, 7, 9 и 10 (табл. 4). Учитывая низкую прочность образца 7–144 Н, против 205 образца 6, можно говорить о приемлемости композиции образца 6. Образцы композиций целлюлозы «Х» и «Л», при соотношении 50×50%, примерно одинаковые по показателям. При этом, лиственную требуется размалывать до 20–25 °ШР.

Таблица 4

**Влияние степени помола и композиции по волокну
на показатели качества целлюлозы-основы**

**The effect of the degree of grinding and fiber composition
on the quality of the pulp base**

№ п/п	Композиция по волокну	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Разрушающее усилие, Н	Впитываемость при полном погружении, г/г
1	100% хвойная (X)	1,24	0,56	235	2,80
2	100% лиственная (Л)	1,30	0,53	168	2,90
3	50% X / 50% Л	1,27	0,55	180	2,78
4	75% X / 25% Л	1,25	0,56	196	2,85
5	25% X / 75% Л	1,32	0,53	165	2,82
6	50% X / 50% БХТММ	1,38	0,51	202	2,78
7	75% X / 25% БХТММ	1,30	0,54	215	3,67
8	50% Л / 50% БХТММ	1,46	0,48	144	3,33
9	75% Л / 25% БХТММ	1,43	0,49	184	2,85
10	50% X (15°ШР) / 50% X (20°ШР)	1,25	0,56	269	3,03
11	50% X (15°ШР) / 50% X (25°ШР)	1,25	0,56	275	3,0

Образцы № 6, 9 и 10 по комплексу основных показателей соответствуют качеству целлюлозы-основы для флафф-целлюлозы.

Для определения влияния способа высушивания, на потребительские свойства целлюлозы-основы лабораторные образцы одного композиционного состава, подвергали контактной сушке на листоотливном аппарате, под вакуумом, при температуре 97 °С и конвективной сушке. Свойства лабораторных образцов с различным методом высушивания представлены в табл. 5.

Таблица 5

Влияние метода высушивания образцов на потребительские свойства материала-основы для флафф-целлюлозы

The effect of the sample drying method on the consumer properties of the base material for puff cellulose

Показатель	100% СФЛБЦ сушка под вакуумом	100% СФЛБЦ конвективная сушка
Масса, г/м ²	700±5	700±5
Толщина, мм	1,30	1,63
Плотность, г/см ³	0,53	0,42
Разрушающее усилие, Н	168	153
Впитываемость при полном погружении, г/г	2,90	5,50

Как видно из табл. 5, метод высушивания образца существенно влияет на потребительские свойства целлюлозы-основы для флафф-целлюлозы. При конвективном методе высушивания возрастает показатель толщины и заметно снижается плотность целлюлозы-основы. Изменение взаимосвязанных показателей «толщина» и «плотность» увеличивают впитываемость воды с 2,90 г/г до 5,5 г/г (на 90%).

Ранее указывалось, распушенная целлюлоза-основа имеет впитываемость в несколько раз выше целлюлозы-основы. Учитывая, что впитываемость воды целлюлозой-основой не является однозначным критерием впитываемости воды «пушенкой», определяли удельное впитывание воды образцами целлюлозы-основы в распушенном виде. Распушивание проводили в лаборатории методом сухого аэродинамического формования по Пат. 2100508 РФ (Терентьев, Дробосюк, 1997). Полученные образцы целлюлозы-основы и полученной из нее распушенной целлюлозы исследовали по двум параметрам: впитываемость воды при полном погружении по ГОСТ12604–77 и впитываемость при одностороннем смачивании ($K_{об60}$) данные представлены в табл. 6.

За критерий качества распушенной целлюлозы берем удельную впитываемость воды, которая для СГИ личной гигиены должна быть в пределах 11–13 г/г. Тогда все приведенные в табл. 6 продукты соответствуют данному критерию. Рассматривая впитываемость отдельных продуктов, отметим различную величину впитываемости, в пределах 17,5–20,7 г/г. Отличие примерно 3 г/г воды. Относительно требуемой впитываемости воды для СГИ, это составляет 25%.

Таблица 6

Свойства образцов целлюлозы-основы и распушенной целлюлозы**Properties of basic and fluffed cellulose samples**

Композиция	Впитываемость г/г распушенной целлюлозы	Кобб ₆₀ , г/м ² целлюлозы- основы
Целлюлоза хвойная (Х) 100%	20,7	1398
Целлюлоза лиственная (Л) 100%	16,7	1468
Целлюлоза производства США	14,8	1298
Л 50%/ Х 50%	17,5	976
Хвоя 75%/ 25% БХТММ	18,6	1620

Представленные результаты исследования свидетельствуют о том, что различный компонентный состав по виду волокна (целлюлоза хвойная и лиственная, БХТММ) является существенным фактором для управления качеством целлюлозы-основы и распушенных продуктов.

Заключение.

1. Исследовано влияние основных технологических факторов: степень помола, композиция по волокну, метод сушки, на качество целлюлозы-основы, для получения распушенной целлюлозы в производстве СГИ.

2. Установлено, что, с повышением СП, плотность повышается в пределах 0,56–0,58 г/см³, а механическая прочность возрастает в пределах 235–275 (Хвойная целлюлоза) и плотность повышается в пределах 0,53–0,56 г/см³, прочностные показатели возрастают 168–250 Н (Лиственная целлюлоза). С увеличением СП впитываемость изменяется незначительно, в пределах 0,2–0,5 г/г.

3. Экспериментальные данные показали, что различный компонентный состав по виду волокна (целлюлоза хвойная и лиственная, БХТММ) оказывает существенное влияние на показатели качества целлюлозы-основы и распушенных продуктов.

4. Все исследованные целлюлозные композиты соответствуют критерию впитываемость воды в пределах 11–13 г/г. Рассматривая впитываемость отдельных продуктов, отметим различную величину впитываемости, пределы 17,5–20,7 г/г, что на 25% выше требуемой впитываемости для СГИ.

5. Исследования компонентного состава по волокну позволяют рекомендовать использовать в композиции беленую химико-термомеханическую массу не более 25%, также по результатам исследования перспективными композициями по волокну можно считать 50% целлюлозы хвойной и 50% целлюлозы лиственной с определенной степенью помола.

6. Результаты исследования влияния метода высушивания целлюлозы-основы позволяют заключить, что с точки зрения потребительских свойств целлюлозы основы, более эффективной является конвективная сушка, так как образцы, высушенные таким методом, существенно превосходят по потребительским свойствам вакуумную контактную сушку. Изменение взаимосвязанных показателей «толщина» и «плотность» увеличивают впитываемость воды с 2,90 г/г до 5,5 г/г (на 90%).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Алешина Л.А. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокомпозитов на их основе / под ред. Л.А. Алешиной, В.А. Гуртова, Н.В. Мелех. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 240 с.

Гораздова В.В., Дернова Е.В., Дулькин Д.А., Окулова Е.О. Влияние фибрилляции и укорочения волокон при размоле на характеристики прочности, деформативности и трещиностойкости целлюлозных материалов // ИВУЗ. Лесной журнал 2018. № 2. С. 262–265.

Дубовый В.К. и др. Лабораторный практикум по технологии бумаги и картона: учебное пособие для студентов вузов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 229 с.

Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И., Блинова Л.А. Свойства целлюлозных волокон и их влияние на физико-механические характеристики бумаги и картона. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2011. 176 с.

Ковернинский И.Н., Дубовой Е.В. Значение межфазного взаимодействия в гетерогенной системе «волокно-вода» для управления механической прочностью целлюлозных композитных материалов // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: матер. VII Всерос. конф. с междунар. участием (24–28 апреля 2017 г.). Барнаул: Алтайский, гос. ун-т, 2017. С. 342–344.

Комплексная химическая переработка древесины: учебник для вузов/*И.Н. Ковернинский, В.И. Комаров, С.И. Третьяков, Н.И. Богданович, О.М. Соколов, Н.А. Кутакова, Л.И. Селянина, Е.В. Дьякова*; под ред. проф. И.Н. Ковернинского. 3-е изд., испр. и доп. Архангельск: Изд-во Арх. гос. техн. ун-та, 2006. 374 с.

Лаврентьев И.В. Исследование свойства волокна для целлюлозных водоабсорбирующих материалов // Современная целлюлозно-бумажная промышленность, актуальные задачи и перспективные решения : матер. 5 Междунар.

научн.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ЦБП. СПб., 13–14 ноября 2023 г. СПб., 2023. С. 36–40.

Лаврентьев И.В. Влияние пористости целлюлозного материала на абсорбцию воды сердцевинным слоем одноразовых санитарно-гигиенических изделий // Актуальные вопросы лесного хозяйства : матер. 7 Междунар. молодежной научн.-практ. конф. Санкт-Петербург, 9–10 ноября 2023 г. СПб., 2023. С. 31–34.

Пат. 2100508 РФ. Способ аэродинамического изготовления картона, писчей или печатной бумаги / *О.А. Терентьев, В.М. Дробосюк*; заявл. 08.12.1994; опубл. 27.12.1997, Бюл. № 36].

References

Alyoshina L.A. Structure and physico-chemical properties of celluloses and nanocomposites based on them / ed. L.A. Alyoshina, V.A. Gurtova, N.V. Melekh. Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU, 2014. 240 p. (In Russ.)

Complex chemical processing of wood: textbook for universities/*I.N. Koverninsky, V.I. Komarov, S.I. Tretyakov, N.I. Bogdanovich, O.M. Sokolov, N.A. Kutakova, L.I. Selyanina, E.V. Dyakova*; edited by Prof. I.N. Koverninsky. 3rd ed., ispr. and additional. Arkhangelsk: Publishing House of the Arch. State Technical University. Unita, 2006. 374 p. (In Russ.)

Dubovy V.K. et al. Laboratory workshop on paper and cardboard technology: a textbook for university students. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University. Unita, 2006. 229 p.

Dulkin D.A., Spiridonov V.A., Komarov V.I., Blinova L.A. Properties of cellulose fibers and their effect on the physical and mechanical characteristics of paper and cardboard. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University, 2011. 176 p. (In Russ.)

Gorazdova V.V., Dernova E.V., Dulkin D.A., Okulova E.O. The effect of fibrillation and shortening of fibers during grinding on the characteristics of strength, deformability and crack resistance of cellulose materials. *IVUZ. Lesnoy zhurnal*, 2018, no. 2, pp. 262–265. (In Russ.)

Koverninsky I.N., Dubovoy E.V. The importance of interfacial interaction in the heterogeneous fiber-water system for controlling the mechanical strength of cellulose composite materials. *New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the VII All-Russian Conference with international participation* (April 24–28, 2017). Barnaul: Altai, State University, 2017, pp. 342–344. (In Russ.)

Lavrentiev I.V. Investigation of fiber properties for cellulose water-absorbing materials. *Modern pulp and paper industry, current challenges and promising solutions* : матер. 5 Interd. Scientific and technical conf. young scientists and specialists of the Central Bank. St. Petersburg, November 13–14, 2023. St. Petersburg, 2023, pp. 36–40. (In Russ.)

Lavrentiev I.V. The effect of porosity of cellulose material on the absorption of water by the core layer of disposable sanitary products. *Topical issues of forestry* : матер. 7 interd. youth scientific-practical conference. St. Petersburg, (November 9–10, 2023). St. Petersburg, 2023, pp. 31–34. (In Russ.)

Pat. 2100508 of the Russian Federation. A method for the aerodynamic manufacture of cardboard, writing or printed paper / O.A.Terentyev, V.M. Drobosyuk; application 08.12.1994; publ. 27.12.1997, Bul. No. 36]. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 13.08.2023

Лаврентьев И.В., Гедьо В.М., Симонова Е.И., Демьянцева Е.Ю. Исследование влияния факторов на водопоглощение целлюлозного композита // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 248. С. 317–328. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.317-328

Исследовано влияние основных технологических факторов – степень помола, композиция массы по волокну и вид сушки. Установлено, что, с повышением СП, плотность снижается в пределах 0,64–0,55 г/см³, а механическая прочность растет в пределах 235–275 (Хвойная целлюлоза) и в пределах 168–250 Н (Лиственная целлюлоза). Впитываемость изменяется незначительно, в пределах 0,2–0,5 г/г, и мало влияет на этот показатель. Различные виды волокна (целлюлоза хвойная и лиственная, БХТММ) являются действенными факторами для управления качеством целлюлозного композита и распушенных продуктов. Все исследованные целлюлозные композиты соответствуют критерию впитываемость воды в пределах 11–13 г/г. Рассматривая впитываемость отдельных продуктов, отметим различную величину впитываемости, пределы 17,4–20,7 г/г. Отличие примерно 3 г/г воды. По отношению к требованию, 11–13 г/г, – это примерно 25%, существенная величина. Рекомендуются использовать в композиции химико-термомеханическую массу – не более 25%, также по результатам исследования перспективными композициями по волокну можно считать 50% целлюлозы хвойной и 50% целлюлозы лиственной с определенной степенью помола. Оценивая влияние контактной и конвективной сушки, установлено, что значительно более эффективной является конвективная сушка, так как образцы, высушенные таким методом, существенно превосходят по потребительским свойствам вакуумную контактную сушку. Изменение взаимосвязанных показателей «толщина» и «плотность» увеличивают впитываемость воды с 2,90 г/г до 5,5 г/г (на 90%).

Ключевые слова: целлюлоза, целлюлозный композит, размол, контактная, конвективная, сушка, водопоглощение, степень помола, композиция по волокну.

Lavrentyev I.V., Gedio V.M., Simonova E.I., Demyantseva E.Y. Investigation of the influence of factors on the water absorption of a cellulose composite. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoj Akademii*, 2024, iss. 248, pp. 317–328 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.317-328

The influence of the main technological factors – the grinding step, the composition of the fiber mass and the type of drying is investigated. It was found that, with an increase in SP, the density decreases, in the range of 0.64–0.55 g/cm³, and the mechanical strength increases in the range of 235–275 (Coniferous cellulose) and in the range of 168–250 N (Deciduous cellulose). The absorbency varies slightly, in the range of 0.2–0.5 g / g, and has little effect on this indicator. Various types of fiber (softwood and lithic cellulose, BHTMM) are effective factors for quality management of cellulose composite and fluffed products. All the cellulose composites studied meet the criterion of water absorbency in the range of 11–13 g/g. Considering the absorbency of individual products, we note a different amount of absorbency, the limits of 17.4–20.7 g/g. The difference is about 3 g/g of water. In relation to the requirement, 11–13 g/g is about 25%, a significant amount. It is recommended to use a chemical and thermomechanical mass in the composition – no more than 25%, and according to the results of the study, 50% of coniferous cellulose and 50% of deciduous cellulose with a certain degree of grinding can be considered promising fiber compositions. Evaluating the effect of contact and convective drying, it was found that convective drying is much more effective, since samples dried by this method significantly exceed vacuum contact drying in consumer properties. Changes in the interrelated parameters «thickness» and «density» increase the water absorbency from 2.90 g/g to 5.5 g/g (by 90%).

Key words: cellulose, cellulose composite, grinding, contact, convective, drying, water absorption, degree of grinding, fiber composition.

ЛАВРЕНТЬЕВ Игорь Владимирович – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: supersmesi@mail.ru

LAVRENTYEV Igor V. – PhD student, Saint-Petersburg State University of Technology and Design.

198095. Ivan Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: supersmesi@mail.ru

ГЕДЬО Василий Михайлович – доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: 9217407087@mail.ru

GEDIO Vasilii M. – PhD (Technical), Associate Professor, Department of Logging Technology, St.Petersburg State Forestry Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: 9217407087@mail.ru

СИМОНОВА Елена Игоревна – доцент кафедры технологии бумаги и картона Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, кандидат технических наук.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: bliznyakova1989@mail.ru

SIMONOVA Elena I. – PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Paper and Cardboard Technology at the Higher School of Technology and Energy of the St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.

198095. Ivan Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: bliznyakova1989@mail.ru

ДЕМЬЯНЦЕВА Елена Юрьевна – доцент кафедры физической и коллоидной химии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, кандидат химических наук.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: demyantseva@mail.ru

DEMYANTSEVA Elena Y. – PhD (Chemical), Associate Professor of the Department of Physical and Colloidal Chemistry of the Higher School of Technology and Energy of the St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.

198095. Ivan Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: demyantseva@mail.ru