

УДК 676.16.022.32

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-161-169

## ПОЛУЧЕНИЕ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ВЫСОКОГО ВЫХОДА БИСУЛЬФИТНЫМ СПОСОБОМ

Т.А. Королева<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [ABB-5651-2020](https://orcid.org/0000-0002-9477-5864),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9477-5864>

Л.А. Миловидова<sup>1</sup>, канд. техн. наук, вед. инж. отдела планирования и сопровождения научных исследований; ResearcherID: [AAH-5551-2021](https://orcid.org/0000-0001-8035-5300),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8035-5300>

А.А. Дряхлицын<sup>1</sup>, инж. отдела планирования и сопровождения научных исследований; ResearcherID: [AAH-5772-2021](https://orcid.org/0000-0001-8218-8569), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8218-8569>

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: tataak@mail.ru, l.milovidova@narfu.ru

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова РАН, наб. Северной Двины, д. 23, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: tataak@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты разработки технологического режима получения бисульфитной лиственной целлюлозы высокого выхода на магниевом основании для производства различных видов тарного картона. Надежная и эффективная технология регенерации химикатов и тепла, реализуемая при бисульфитном способе варки, дает возможность применять его в условиях самостоятельного сульфитного производства. Исследовано влияние продолжительности стоянки на конечной температуре на выход целлюлозы и число каппа: стоянка на конечной температуре 160 °С более 40 мин приводит к нарушению избирательности варочного процесса; стоянка до 70 мин сопровождается снижением выхода целлюлозы на 6 % при постоянном значении числа каппа полуфабриката. В процессе варки использован гидромодуль 5, расход SO<sub>2</sub> – 15,0 %, рН варочного раствора – 4,3...4,5, продолжительность пропитки при 120 °С – 35 мин, варки при температуре 160 °С – 40 мин. Режим позволяет получить полуфабрикат высокого выхода 60...65 % с числом каппа 58...60 ед. без стадии горячего размола. В соответствии со стандартами Российской Федерации оценены характеристики механической прочности образцов, полученных в ходе эксперимента. Сопротивления продавливанию и плоскостному сжатию, разрывная длина и разрушающее усилие сопоставимы с показателями промышленного образца лиственной нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы при выходе полуфабриката 75...78 %. Показано, что присутствие коры в технологической щепе в количестве 7,5 % сопровождается снижением выхода бисульфитной лиственной полуцеллюлозы на 4,5 % и механической прочности – на 7,8 %.

**Для цитирования:** Королева Т.А., Миловидова Л.А., Дряхлицын А.А. Получение лиственной целлюлозы высокого выхода бисульфитным способом // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 3. С. 161–169. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-161-169

**Финансирование:** Работа выполнена в Инновационно-технологическом центре «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск.

**Ключевые слова:** лиственная древесина, бисульфитная целлюлоза, технологический процесс, свойства целлюлозы, нейтрально-сульфитная целлюлоза, тарный картон, флютинг.

*Введение*

По мнению ведущего мирового издания «Paper 360°», в настоящее время европейский рынок тарного картона переживает «золотое время». Спрос на данный товар высокий, что, безусловно, является причиной наращивания производственных мощностей бумажных фабрик и заводов, производящих полуфабрикаты высокого выхода [18]. В литературных источниках достаточно подробно освещены вопросы технико-экономического обоснования методов производства полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода (ЦВВ), предназначенных для изготовления различных видов тарного картона: режимы производства [1, 2, 10–13, 21], качественные характеристики [9, 10, 14–16], оборудование [1, 2, 11].

При изготовлении тарных видов картона выбор композиции по волокну становится залогом оптимального сочетания жесткости и прочности готовой продукции. Но предприятия зачастую ограничены в выборе полуфабрикатов, их качестве и затратах на производство готовой продукции.

На данный момент основным способом получения ЦВВ является сульфатный, а для производства полуцеллюлозы – нейтрально-сульфитный (НСПЦ) способ. Россия занимает 3-е место на мировом рынке по производству НСПЦ (в 2018 г. выпуск составил 349 тыс. т) и 1-е место по производству небеленой сульфитной целлюлозы (в 2016 г. выпуск – 390 тыс. т) [17].

Лиственная полуцеллюлоза, полученная нейтрально-сульфитным способом и его модификациями, имеет высокие показатели прочности даже при выходе 73...75 % [9]. При степени помола полуфабриката 30 °ШР и массе 1 м<sup>2</sup> 125 г разрывная длина составляет 9000 м, сопротивление излому – 1000 двойных перегибов, продавливанию – 700 кПа, раздиранию – 1070 мН. Сопротивление плоскостному сжатию служит основным показателем, определяющим пригодность полуфабриката для получения бумаги-основы для гофрирования. НСПЦ при выходе выше 75 % имеет максимальное значение сопротивления плоскостному сжатию и считается наилучшим материалом для производства тарного картона. Однако общепринятой технологией в этом случае является совместная регенерация черного сульфатного и красного нейтрально-сульфитного щелоков, а их совместная переработка создает ряд трудностей. Нейтрально-сульфитный щелок отличается высоким содержанием серы, вследствие чего обеспечить допустимый уровень сульфидности в белом щелоке достаточно сложно. Решить данную проблему можно только за счет трудно выполнимого условия – обеспечения строго определенного соотношения производительностей заводов по выработке ЦВВ и НСПЦ.

В качестве альтернативного решения производственных затруднений, возникающих при выработке НСПЦ, может быть предложен способ бисульфитной варки на магниевом основании. Для этого способа существует надежная технология регенерации щелока, в котором отсутствует избыточный диоксид серы, что значительно упрощает эксплуатацию оборудования и снижает капитальные затраты [11]. Кроме того, бисульфитный способ варки может быть реализован в условиях самостоятельного сульфитного производства.

Ранее бисульфитную целлюлозу на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности России производили только из хвойной древесины, о возмож-

ности использования в качестве сырья лиственных пород древесины существуют лишь упоминания [11].

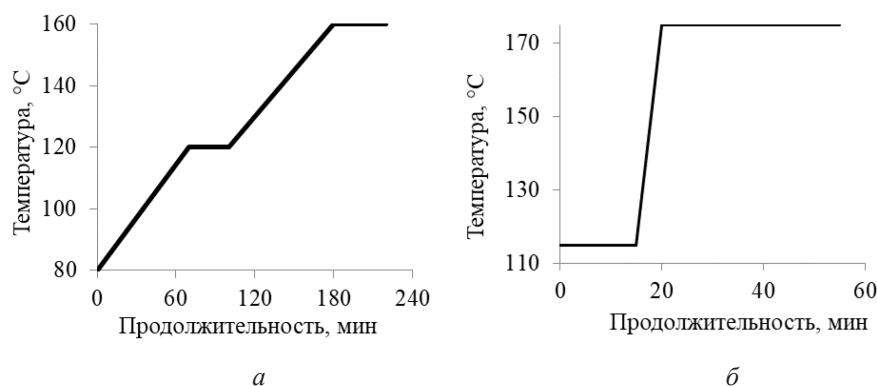
Таким образом, цель исследования заключалась в разработке оптимальных условий варки бисульфитной лиственной ЦВВ из щепы с содержанием коры 7,5 % и сравнение физико-механических характеристик бисульфитной ЦВВ и НСПЦ.

#### Объекты и методы исследования

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях были проведены бисульфитные и нейтрально-сульфитные варки щепы лиственной древесины. Технологическая щепка была отобрана на одном из российских предприятий. Породный состав древесины не определяли, но предприятием регламентировалось соотношение пород осина/береза как 70...80/20...30, соответственно. Наличие гнили в щепе выявлено не было. Содержание коры в щепе составило 7,5 %, что значительно превышает требования ГОСТа [6].

Для варок использовали щепу нормальной фракции с корой и без нее – остатки на ситах 20 и 10 мм с ситового анализатора щепы АЛГ-М. Варку проводили в стационарных автоклавах на глицериновой бане (температурный режим – см. рисунок). Выход целлюлозы и количество непровара определяли весовым методом. Сваренную массу промывали на ссече, в процессе чего на сетке оставался непровар, который затем был доведен до абсолютно сухого состояния. Промытую целлюлозу кондиционировали и далее определяли коэффициент влажности. Выход целлюлозы и количество непровара рассчитывали в процентах по отношению абсолютно сухой массы целлюлозы и абсолютно сухой массы непровара к массе исходной абсолютно сухой древесины.

Из полученных образцов целлюлозы были изготовлены лабораторные отливки, у которых определяли: число каппа полуфабриката [3], сопротивление продавливанию ( $BST$ ) [7], разрывную длину ( $L$ ) [5], разрушающее усилие при сжатии кольца ( $RCT$ ) [8], сопротивление плоскостному сжатию ( $CMT$ ) [4].



Температурный режим бисульфитной (а) и нейтрально-сульфитной (б) варки  
Temperature regime of bisulfite (a) and neutral sulfite (b) cooking

Технология получения бисульфитной ЦВВ в лабораторных условиях была такой: варка в автоклавах и последующее разделение на волокна в гидроразбивателе в присутствии воды в течение 10 мин.

Образцы НСПЦ после варки подвергали размолу на лабораторной мельнице ЦРА в течение 10 мин с целью разделения полупроваренной щепы на волокна. Эталонном характеристик качества полученных образцов целлюлозы стали показатели, соответствующие техническим условиям АО «Архангельский ЦБК»: сопротивление продавливанию – 350 кПа, разрушающее усилие при сжатии кольца – 260 Н, сопротивление плоскостному сжатию – 260 Н, разрывная длина – 6000 м и более.

Для осуществления бисульфитных варок выбраны следующие условия: гидромодуль варки 5, расход  $SO_2$  – 15,0 %, pH варочного раствора – 4,3...4,5. Варку НСПЦ проводили при гидромодуле 3,7, расход  $Na_2CO_3$  составил 14,0 %. Температурные графики варок представлены на рисунке. Каждый режим варки целлюлозы воспроизводился в 4 автоклавах, полученные данные приведены как средние значения из 4 параллельных проб.

При проведении бисульфитных варок предварительно определена «точка дефибрирования» (ТД), т. е. выход полуфабриката, при котором сырье после варки разделяется на волокна без стадии дополнительного размола. ТД находили путем роспуска полученного полуфабриката в гидроразбивателе в течение 10 мин и дальнейшей промывки целлюлозы с отделением непровара.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Для определения ТД образцов ЦВВ была проведена серия варок при различной продолжительности стоянки на конечной температуре, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### **Результаты предварительных бисульфитных варок**

Продолжительность стоянки, мин	Выход, %		Количество непровара, %	Число каппа
	общий	целлюлозы		
25	70,0	55,4	14,6	60,0
40	64,0	55,6	8,4	60,4
50	62,0	55,9	6,1	60,4
70	57,7	55,4	2,3	62,1

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, наиболее полное разделение в гомогенизаторе щепы на волокна при концентрации массы 10...12 % достигается для образца полуфабриката, полученного при продолжительности стоянки 40 мин. Число каппа составляет 60 ед. при общем выходе 64 %. Этот режим приняли для варки лиственной бисульфитной ЦВВ. Непровар, образовавшийся в количестве около 8 %, представлял собой достаточно мягкий продукт, который также мог быть разделен на волокна в лабораторном гомогенизаторе.

Необходимо отметить, что увеличение продолжительности стоянки на конечной температуре более 40 мин приводит к нарушению избирательности процесса варки (число каппа полуфабриката остается на одном уровне, но снижается его выход на 2...6 %).

При производстве полуфабрикатов одной из причин снижения выхода и механической прочности целлюлозы является присутствие коры в щепе [19, 20]. В технологической щепе, используемой в опытах, содержание коры составило 7,5 %. Чтобы установить ее влияние на указанные характеристики продукции, дальнейший эксперимент включал варки бисульфитной целлюлозы из технологической щепы с корой и без нее по отработанному ранее режиму.

Для всех полученных образцов определены выход и число каппа. Изготовлены лабораторные отливки массой 1 м<sup>2</sup> 125 г при степени помола волокна 30 °ШР. Полученные значения стандартных физико-механических характеристик и результаты анализа отработанных щелоков представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

#### Общие характеристики бисульфитной ЦВВ и отработанных щелоков

Продолжительность стоянки, мин	Содержание коры в щепе, %	Выход, %		Число каппа	Показатели щелоков		
		общий	целлюлозы		pH	SO <sub>2</sub> , %	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , г/л
25	0	70,0	55,4	59,1	3,81	1,80	2,82
25	7,5	67,1	38,9	65,2	4,21	1,90	1,05
40	0	64,0	55,6	60,4	3,60	1,63	3,12
40	7,5	61,0	52,4	60,1	3,85	1,63	2,65

Таблица 3

#### Прочностные характеристики образцов бисульфитной ЦВВ

Продолжительность стоянки, мин	Содержание коры в щепе, %	BST, кПа	CMT, Н	RCT, Н	L, м
25	–	610	245	225	10600
25	7,5	575	230	210	10150
40	–	690	215	220	11750
40	7,5	565	215	200	10300

Снижение pH с 4,5 до 3,6...4,2 в отработанном щелоке является допустимым для бисульфитной варки и объясняется накоплением свободного SO<sub>2</sub> (варку проводили в автоклавах без сдувок). Содержание тиосульфата для всех проб щелоков не превышало предельно допустимого значения – 4,0 г/л, что свидетельствует о невысоком уровне разложения бисульфита [17]. Присутствие коры в щепе снижает выход полуфабриката и значения его физико-механических показателей (табл. 2, 3).

Анализ качественных характеристик бисульфитной ЦВВ (табл. 3) показал, что сопротивление продавливанию и разрывная длина превышают уровни, определенные [17] для НСПЦ. Жесткости (CMT, RCT) при этом ниже установленных [17] на 5...10 %, что нормально для полуфабрикатов с высокими прочностными показателями.

Характеристики лабораторного образца НСПЦ следующие: сопротивление продавливанию – 600 кПа, разрушающее усилие при сжатии кольца – 220 Н, сопротивление плоскостному сжатию – 220 Н, разрывная длина – 10 800 м. Полученный образец имел более высокое значение числа каппа по сравнению с бисульфитной ЦВВ. Однако число каппа НСПЦ ниже, чем обычно рекомендуется для нее – 90...100 ед., соответственно, и выход полуцеллюлозы оказался

меньше рекомендуемого – 78 %. При этом прочность и жесткость были практически такими же, как у образца бисульфитной ЦВВ.

Значения жесткости (*СМТ*, *РСТ*) бисульфитной ЦВВ и лабораторной НСПЦ соответствовали показателям промышленного образца НСПЦ. Более низкие значения сопротивления продавливанию и разрывная длина по сравнению с показателями лабораторных образцов объясняются особенностями моделирования стадии горячего размола на центробежно-размалывающем аппарате.

#### Заключение

Разработан технологический режим бисульфитной варки, позволяющий получить листовую целлюлозу высокого выхода без ступени горячего размола. Такой полуфабрикат может быть использован в качестве альтернативы листовой нейтрально-сульфитной целлюлозе в композиции по волокну при производстве тарного картона. Условия варки следующие: гидромодуль – 5, расход  $SO_2$  – 15,0 %, pH варочного раствора – 4,3...4,5, продолжительность пропитки при 120 °С – 35 мин, варки при температуре 160 °С – 40 мин.

Физико-механические характеристики листовой бисульфитной целлюлозы высокого выхода соответствуют производственным требованиям и сопоставимы с характеристиками нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы:  $L$  – 10 000...11 000 м,  $BST$  – 600...650 кПа,  $СМТ$  – 230...245 Н,  $РСТ$  – 200...220 Н.

Показано, что присутствие коры в щепе в количестве 7,5 % при варке целлюлозы отрицательно влияет на ее выход и механическую прочность. Для бисульфитной полуцеллюлозы снижение данных показателей в среднем составило 4,5 и 7,8 % соответственно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бобров А.И., Мутовина М.Г., Бондарева Т.А., Малышкина В.К. Производство волокнистых полуфабрикатов из листовой древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 245 с.

Bobrov A.I., Mutovina M.G., Bondareva T.A., Malyshkina V.K. *Production of Fibrous Semi-Finished Products from Hardwood*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 245 p.

2. Галеева Н.А. Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 317 с.

Galeyeva N.A. *Semi-Chemical Pulp and High Yield Pulp Production*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1970. 317 p.

3. ГОСТ 10070–74. Целлюлоза и полуцеллюлоза. Метод определения числа Каппа. Дата введения 1975-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1999. 6 с.

*State Standard. GOST 10070–74. Pulp and Semi-Pulp. Method for Determining Kappa Number*. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1999. 6 p.

4. ГОСТ 20682–75. Бумага для гофрирования. Метод определения сопротивления плоскостному сжатию гофрированного образца (СМТ). Дата введения 1976–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 6 с.

*State Standard. GOST 20682–75. Paper for Corrugation. Method for Determining the Resistance of Corrugated Paper to Flat Compression (Concoro Medium Test)*. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1989. 6 p.

5. ГОСТ 13525.1–79. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении. Дата введения 1980–07–01. М.: Стандартиформ, 2007. 5 с.

*State Standard. GOST 13525.1–79. Fibre Semimanufactures, Paper and Board. Tensile Strength and Elongation Tests.* Moscow, Standartinform Publ., 2007. 5 p.

6. ГОСТ 15815–83. Щепа технологическая. Технические условия. Дата введения 1985–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1992. 14 с.

*State Standard. GOST 15815–83. Technological Chips. Specifications.* Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1992. 14 p.

7. ГОСТ 13525.8–86. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения сопротивления продавливанию. Дата введения 1988–01–01. М.: Изд-во стандартов, 2007. 6 с.

*State Standard. GOST 13525.8–86. Fibre Intermediate Products, Paper and Board. Method for Determination of Resistance to Bursting.* Moscow, Standartinform Publ., 2007. 6 p.

8. ГОСТ 10711–97. Бумага и картон. Метод определения разрушающего усилия при сжатии кольца (RCT). Дата введения 2003–01–01. М.: Изд-во стандартов, 2003. 6 с.

*State Standard. GOST 10711 – 97. Paper and Board. Method for Determination of Breaking Force by Ring Compression (RCT).* Moscow, Izdatel'stvo standartov, 2003. 6 p.

9. Дьякова Е.В. Влияние характеристик волокон и их относительного содержания в бумажной массе на деформационные и прочностные свойства тарного картона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2004. 19 с.

*D'yakova E.V. Influence of Characteristics of Fibers and Their Relative Content in the Paper Pulp on the Deformation and Strength Properties of Containerboard: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.* Arkhangelsk, 2004. 19 p.

10. Лавров И.В. Совершенствование технологии бумаги для гофрирования на основе композиции первичных и вторичных волокон: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2012. 20 с.

*Lavrov I.V. Improving the Technology of Paper for Corrugation Based on the Composition of Primary and Secondary Fibers: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.* Arkhangelsk, 2012. 20 p.

11. Непенин Н.Н. Технология целлюлозы: в 3 т. / под ред. Ю.Н. Непенина. Т. 1: Производство сульфитной целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 624 с.

*Nepinin N.N. Technology of Pulp: in 3 Vol. Ed. by N.N. Nepinin. Vol. 1: Production of Sulfite Pulp.* Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 624 p.

12. Непенин Ю.Н., Жалина В.А., Курятников А.Б. Сравнительная оценка различных способов производства полуцеллюлозы из лиственной древесины // Изв. вузов. Лесн. журн. 1987. № 1. С. 75–78.

*Nepenin Yu.N., Zhalina V.A., Kuryatnikov A.B. Comparative Evaluation of Different Methods of Hardwood Semicemical Pulp Production. Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal], 1987, no. 1, pp. 75–78. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1987/№1-1987.pdf>*

13. Непенин Ю.Н., Жалина В.А., Кенин В.Г., Курятников А.Б. Современные способы производства полуцеллюлозы. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. 36 с. (Целлюлоза, бумага и картон: обзор. информ.; вып. 3).

*Nepinin Yu.N., Zhalina V.A., Kenin V.G., Kuryatnikov A.B. Modern Methods of Semicemical Pulp Production.* Moscow, VNIPIEIllesprom Publ., 1985. 36 p.

14. Annergren G., Germgård U. Sulfite Pulping: Process Aspects for Sulfite Pulping. *Appita*, 2014, no. 67, pp. 270–276.

15. Atalla R.H., Ranua J., Malcolm E. Raman Spectroscopic Studies of the Structure of Cellulose: A Comparison of Kraft and Sulfite Pulps. *Tappi Journal*, 1984, vol. 67, no. 2, pp. 96–99.

16. Dorland R.M., Leask R.A., McKinney J.W. Pulp Production with Sodium Bisulfite: The Cooking of Spruce. *Pulp and Paper Journal*, 1958, no. 10, pp. 236–237.
17. FAOSTAT. *Materials of the Official Site of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed 03.03.20).
18. Lundberg U. The European Containerboard Market. *Paper 360°*, 2020. Available at: <https://paper360.tappi.org/2018/09/25/the-european-containerboard-market/> (accessed 03.03.20).
19. Santos R.B., Hart P.W. Effect of Eucalyptus Bark Contamination during Pulping of Mixed Southern Hardwoods. *Tappi Journal*, 2016, vol. 15, no. 11, pp. 707–715. DOI: <https://doi.org/10.32964/TJ15.11.707>
20. Tripathi S.K., Alam I., Bhardwaj N.K. Effect of Bark Content in Mixed Hardwood Chips on Pulp and Papermaking Properties. *Nordic Pulp & Paper Research*, 2020, vol. 35, iss. 3, pp. 235–331. DOI: <https://doi.org/10.1515/npprj-2020-0017>
21. Yorston F.N. Studies on Sulfite Pulping. *Dominion Forest Service Bulletin*, 1942, no. 97, pp. 20–29.

## PRODUCTION OF HIGH-YIELD HARDWOOD PULP BY BISULFITE COOKING

**Tatiana A. Koroleva**<sup>1,2</sup>, Candidate of Engineering, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [ABB-5651-2020](https://orcid.org/0000-0002-9477-5864), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9477-5864>

**Lyubov A. Milovidova**<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Leading Engineer of Research Planning and Support Department; ResearcherID: [AAH-5551-2021](https://orcid.org/0000-0001-8035-5300),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8035-5300>

**Andrey A. Dryakhlitsyn**<sup>1</sup>, Engineer of Research Planning and Support Department;

ResearcherID: [AAH-5772-2021](https://orcid.org/0000-0001-8218-8569), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8218-8569>

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: tataak@mail.ru, l.milovidova@narfu.ru

<sup>2</sup>N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: tataak@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of the development of a technological mode for obtaining bisulfite hardwood pulp of high yield on a magnesium base for the production of various types of containerboard. The reliable and effective chemical and heat recovery technology implemented in the bisulfite method allows to use it in independent sulfite process. The effect of the duration of stay at the final temperature on the pulp yield and kappa number was studied when developing the technological mode of cooking. It was found that the increase in the duration of stay at the final temperature of 160 °C more than 40 min leads to violations of the selectivity of the cooking process. Increasing the duration of stay at the final temperature up to 70 min is accompanied by a decrease in pulp yield by 6 % at a constant value of the kappa number of the semi-finished product. Technological cooking mode: hydromodule 5, SO<sub>2</sub> consumption 15.0 %, cooking solution pH 4.3–4.5, impregnation time at 120 °C – 35 min, cooking duration at 160 °C – 40 min. The mode allows to get a semi-finished product with a high yield of 60–65 % with a kappa number of 58–60 units without a hot grinding stage. An assessment of the mechanical strength characteristics of the laboratory samples of bisulfite pulp was carried out in accordance with the standards of the Russian Federation. The obtained values of bursting strength, resistance to flat compression, breaking strength, and breaking stress were comparable with the values of the industrial sample of hardwood neutral sulfite semi-chemical pulp with a semi-finished



product yield of 75–78 %. It is shown that the presence of bark in the technological chips in the amount of 7.5 % is accompanied by a decrease in the yield of bisulfite hardwood pulp by 4.5 % and mechanical strength by 7.8 %.

**For citation:** Koroleva T.A., Milovidova L.A., Dryakhlitsyn A.A. Production of High-Yield Hardwood Pulp by Bisulfite Cooking. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 3, pp. 161–169. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-161-169

**Funding:** The research was carried out at the Innovative facilities Engineering and Innovation Center “Advanced Northern Bioresources Processing Technologies” of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia.

**Keywords:** hardwood, bisulfite pulp, technological process, pulp properties, neutral sulfite pulp, containerboard, fluting.