

нология пиролиза позволяет утилизировать полимерные отходы разнородного состава, она может быть рекомендована в качестве основного направления при решении вопроса обращения с многокомпонентными полимерными отходами целлюлозно-бумажных предприятий.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 25 июля 2017 г. № 1589-р.
2. Полимеры. Геоткани: назначение и классификация.//Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков. Аналитический портал химической промышленности. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.newchemistry.ru> (дата обращения 01.03.2018).
3. ООО «Нево-кросс». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nevo-cloth.ru> (дата обращения 02.03.2018).
4. Оруджова О.Н. Влияние гибких геотекстильных прослоек на прочность дорожных конструкций // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. №4 (334).- С.54-59.
5. Шушкова М.Г., Ширинкина Е.С. Оценка возможности использования ресурсного потенциала отработанных формующих полиэфирных сеток бумагоделательных машин//Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Материалы конференции. Изд-во: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2017. Т.1. – С.163-166.
6. Белецкая М.Г. Синтез углеродных адсорбентов методом термохимической активации гидролизного лигнина с использованием гидроксида натрия: диссертация кандидата технических наук. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова, Архангельск, 2014.
7. Компания ЭКОФИЛЬТР - Очистка питьевой воды. [Электронный ресурс]. URL: <http://ecofilter.com.ua> (дата обращения 05.03.2018).
8. Гиндулин И.К. Технический анализ нанопористых материалов. Методические указания для выполнения лабораторных работ: Уральский государственный лесотехнический университет, 2011. – 16 с.
9. Sanghamitra Sen, Shradha Patil , Dimitris S. Argyropoulos. Thermal properties of lignin in copolymers, blends, and composites: a review. Journal of Green Chemistry 2015.Vol.17. pp.1-29.

УДК 661.728.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

Носкова Ольга Алексеевна,
канд. техн. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Мизев Александр Николаевич,
магистрант, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Сунцев Павел Романович,
магистрант, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Ключевые слова: древесные опилки, хвойная древесина, варка целлюлозы, гидролиз, азотная кислота, порошковая целлюлоза, степень полимеризации.

Аннотация. Показано, что из древесных хвойных опилок можно получить порошковую целлюлозу с использованием следующих стадий: делигнификации (варки) исходного древесного сырья, гидролиза азотной кислотой полученной технической целлюлозы с образованием порошка, отбели раствором пероксида водорода порошковой целлюлозы.

STUDY THE POSSIBILITY OF OBTAINING A POWDER PULP FROM SAWDUST

Noskova Olga Alekseevna,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Perm national research polytechnic university, Perm, E-mail: tcbp@pstu.ru

Mizev Aleksandr Nikolaevich,
master student, Perm national research polytechnic university,
Perm, E-mail: tcbp@pstu.ru

Suncev Pavel Romanovich,
master student, Perm national research polytechnic university,
Perm, E-mail: tcbp@pstu.ru

Key words: sawdust, coniferous wood, pulp cooking, hydrolysis, nitric acid, powder cellulose, degree of polymerization.

Abstract. It is shown that from wood coniferous sawdust it is possible to obtain powder cellulose using the following stages: delignification (cooking) of the initial wood raw materials, hydrolysis of nitric acid by the obtained technical cellulose with the formation of powder, bleaching with a solution of hydrogen peroxide of powder cellulose.

В настоящее время остро встает вопрос рационального использования лесных ресурсов. В связи с этим одной из актуальных проблем является утилизация древесных отходов, которые в значительных объемах ежегодно образуются на предприятиях лесной отрасли.

Одним из решений этой проблемы является комплексное использование древесного сырья за счет увеличения использования древесных отходов и всей биомассы дерева. Комплексное использование древесных ресурсов подразумевает использование безотходных или малоотходных технологий обработки и переработки древесины с полной утилизацией образующихся отходов. К сожалению, из-за низкого уровня технологических процессов на стадиях деревообработки и деревопереработки теряется почти половина биомассы дерева. Отходы образуются на всех стадиях лесозаготовки и деревопереработки.

Ежегодно в лесопильной и деревообрабатывающей промышленности образуется около 69 млн.м³ древесных отходов, из них 40 % приходится на мелкие и мягкие отходы (опилки, стружка и т.д.). Опилки используются не более 30 % от общего объема. Наибольшая их часть вывозится на свалки для перегнивания или сжигается в отвалах [1].

Направление использование отходов зависит от их размеров, качественных характеристик и экономических факторов. Опилки широко используются для производства топливных брикетов или пеллет, применяются как технологическое сырье для плитного, гидролизного и лесохимического производства, в целлюлозно-бумажной промышленности для получения целлюлозы сульфатным способом (на Усть-Илимском ЛПК), для изготовления композиционных материалов [2]. В последнее время ведутся работы по использованию древесных опилок в качестве сырья для производства порошковой целлюлозы [3,4].

Порошковая микрокристаллическая целлюлоза – новый тип промышленных препаратов целлюлозы, который находит широкое применение практически во всех сферах деятельности, в частности, в виде легкосыпучего порошка в фармацевтической, парфюмерной и пищевой промышленности, в качестве адсорбентов и фильтрующих материалов технического назначения.

Для получения порошковой целлюлозы традиционно используют техническую волокнистую целлюлозу - древесную или хлопковую.

На кафедре ТЦБП ПНИПУ разработана технология получения порошковой целлюлозы из вискозной сульфитной и хлопковой целлюлозы. Порошковая целлюлоза предназначена для использования в пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности. Процесс получения порошковой целлюлозы по разработанной технологии включает следующие стадии: гетерогенный гидролиз волокнистого целлюлозосодержащего сырья растворами минеральных кислот, промывку полученной порошкообразной целлюлозы, ее сушку, диспергирование и сортирование.

Одним из возможных вариантов исходного сырья для порошковой целлюлозы могут служить древесные опилки.

Цель данной работы – исследование возможности получения порошковой целлюлозы из древесных опилок. Для исследований использовали хвойные опилки, которые образуются при распиловке древесины и являются отходами на одном из деревообрабатывающих предприятий Пермского края. Массовая доля основных компонентов в сырье составила, % от массы абсолютно сухой древесины: целлюлозы – 47,9; лигнина – 27,3; экстрактивных веществ, экстрагируемых органическим растворителем (хлористым метиленом) – 1,35, золы – 0,46.

У опилок был определен фракционный состав путем их сортирования через набор сит с круглыми отверстиями (табл. 1).

Таблица 1

Фракционный состав древесных хвойных опилок

Номер фракции	Фракционный состав	Значения	Примечание
	Остаток на ситах с диаметром отверстий, мм:		
1	3	0,8	Присутствуют частицы коры
2	2	6,8	Присутствуют частицы коры
3	1	25,2	
4	поддон	67,2	

Результаты фракционирования показали, что опилки характеризуются очень малыми размерами – преимущественная их длина менее 1...2 мм.

Для получения порошковой целлюлозы при использовании древесных опилок в качестве исходного сырья предлагается следующая схема (рис.1).

Процесс получения порошковой целлюлозы состоит из двух этапов. На первом этапе необходимо провести делигнификацию древесных опилок для удаления основной части лигнина и других нецеллюлозных компонентов с целью получения технической целлюлозы. Второй этап включает гидролиз технической целлюлозы с образованием порошковой целлюлозы, ее отбелку и другие операции, описанные выше.

Делигнификацию древесных опилок можно проводить любыми известными способами. Нами выбраны сульфитный, натронный и экологически безопасный пероксидно-щелочной способы [5]. Условия получения технической целлюлозы приняты на основании литературных данных и приведены в табл. 2 - 4.

Условия получения целлюлозы в первых сериях опытов всех варок приняты более мягкие, чем традиционные с использованием в качестве сырья древесной щепы. Обосновано это тем, размеры опилок намного меньше, чем, щепы и, предполагалось, что пропитка и варки их будут происходить быстрее. Однако при более мягких условиях варки эластичных волокон целлюлозы получить не удалось.

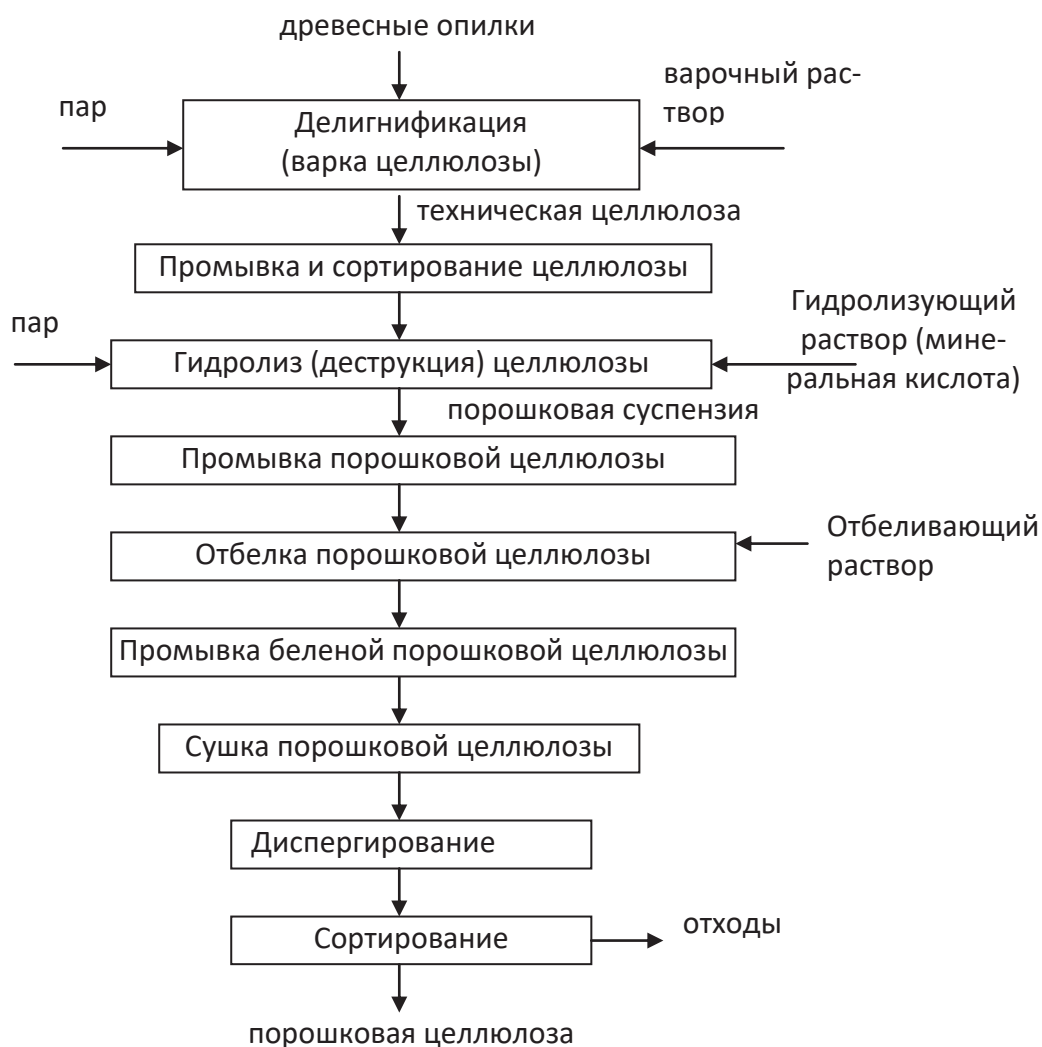


Рис.1. Предлагаемая структурная схема получения порошковой целлюлозы из древесных опилок

Таблица 2

Условия получения целлюлозы из древесных опилок сульфитным способом варки

№ образца	Продолжительность				Результаты варки	
	пропитки		собственно варки			
	подъема температуры, час-мин	стоянки, час-мин	подъема температуры, час-мин	стоянки, час-мин	выход целлюлозы, %	массовая доля лигнина в целлюлозе, %
С-1	1-00	1-00	1-00	0-40	65,7	8,5
С-2	1-00	1-15	1-00	1-30	56,4	5,2
С-3	1-00	1-30	1-00	2-00	46,7	3,9

Таблица 3

Условия получения целлюлозы из древесных опилок натронным способом варки

№ образ-ца	Расход NaOH, % от абс. сух. древесины (в ед. Na ₂ O)	Условия варки			Результаты варки	
		темпе-ратура, °С	продолжитель-ность подъема температуры до конечной, час-мин	продолжи-тельность варки, час-мин	выход цел-люлозы, %	массовая до-ля лигнина в целлюлозе, %
Н-1	15	160	1-10	2-30	67,5	8,5
Н-2	15	160	1-10	3-30	51,4	6,7
Н-3	15	170	1-15	3-00	40,9	5,9
Н-4	17	160	1-10	2-30	41,9	5,0
Н-5	17	160	1-10	3-00	37,2	4,7

Примечание. Гидро модуль варки 5:1

Таблица 4

Условия и результаты получения целлюлозы пероксидно-щелочным способом

№ об-раз-ца	Концентрация в растворе, %:			Результаты варки		Примечание (вид продук-та)
	H ₂ O ₂	H ₂ SO ₄	катализатора	выход цел-люлозы, %	массовая доля лигнина в цел-люлозе, %	
П-1	6	0,4	0,6	69,7	12,6	опилки
П-2	10	0,6	0,8	56,8	7,4	волокну-опилки
П-3	13	0,8	1,0	43,8	3,2	волокно

Примечание. Постоянные условия варки: температура – 90 °С; продолжительность – 3 ч; гидро модуль – 5.

Полученный продукт был достаточно жестким с высокими значениями выхода и массовой долей лигнина (образцы Н-1, С-1, П-1, П-2). При получении целлюлозы натронным и сульфитным способами по традиционным условиям, а также при высокой концентрации реагентов при пероксидно-щелочном способе варки получены мягкие волокна технической целлюлозы. При более жестких условиях варки произошло снижение выхода целлюлозы и, соответственно, массовой доли лигнина.

Отличительной особенностью натронной целлюлозы в отличие от сульфитной и пероксидно-щелочной является ее темно-коричневый цвет. Для повышения белизны натронной целлюлозы мы проводили ее делигнификацию (отбелку) с использованием экологически-безопасной схеме Пк-Щ-К, разработанной на кафедре ТЦБП ПНИПУ для сульфатной и би-сульфитной целлюлозы [6]. Отбелке подвергали образцы целлюлозы, содержащие невысокую долю лигнина в данной серии опытов (образцы Н-3, Н-4, Н-5).

Отбелку натронной целлюлозы по схеме Пк-Щ-К проводили при температуре 85 °С в течение 2,5...3,0 час с расходом H₂O₂ 10 % от массы абсолютно сухого волокна. Расход пероксида водорода принят высоким. Объясняется это тем, что остаточный лигнин в натронной целлюлозе высоко сконденсирован, что придает темный цвет целлюлозе и усложняет его удаление. По приведенным условиям выход целлюлозы составил 92,4...93,3 %, массовая доля лигнина в целлюлозе 3,0...3,7 %. Белизна целлюлозы повысилась до уровня белизны сульфитной целлюлозы (63,5...64,5 %).

На следующем этапе работы проведены исследования по получению порошковой целлюлозы из технической целлюлозы сульфитной, пероксидно-щелочной делигнифицированной натронной целлюлозы. Порошковую целлюлозу получали методом кислотного гетерогенного гидролиза с использованием в качестве гидролизующего агента азотной кислоты концентрацией 6 % при температуре кипения реакционной смеси и гидромодуле 15:1. Условия гидролиза приняты на основании ранее проведенных исследований для древесной целлюлозы. Гидролиз проводили до достижения порошкообразного состояния целлюлозы. Результаты данной серии опытов приведены в табл.5.

Таблица 5

Результаты гидролиза целлюлозы, полученной различными способами варки

Образец волокнистой целлюлозы для гидролиза	Продолжительность гидролиза, час	Показатели порошковой целлюлозы				
		выход, %	степень полимеризации	белизна, %	фракционный состав, %:	
					крупная фракция	отсортированная фракция
Сульфитная целлюлоза						
С-2	2,5	82,9	320	59,7	25,5	74,5
С-3	3,0	80,5	290	61,3	19,7	80,3
Пероксидно-щелочная целлюлоза						
П-3	3,0	79,8	200	75,4	11,1	88,9
Натронная целлюлоза после делигнификации по схеме Пк-Щ-К						
Н-3	3,0	83,4	290	57,7	20,5	79,5
Н-4	3,0	82,7	255	60,9	18,6	81,4
Н-5	2,5	84,0	250	63,5	17,9	82,1
Примечание. Фракционный состав был определен путем сортирования порошковой целлюлозы через шелковое сито № 32 с получением двух фракций: - крупной фракции, которая представляет остаток на сите (размер частиц более 315 мкм); - отсортированной фракции, прошедшей через отверстия сита (размер частиц менее 315 мкм).						

У порошковой целлюлозы были определены некоторые из основных показателей: выход, степень полимеризации, белизна и фракционный состав.

Порошковая целлюлоза характеризуется невысоким выходом, что связано со значительными потерями в процессе гидролиза и небольшой длиной волокна, так как варке подверглись древесные опилки.

Целлюлозный порошок, полученный из сульфитной и натронной целлюлозы, имеет низкую белизну. Объясняется это следующими причинами: гидролизу подвергалась небеленая целлюлоза с невысокой степенью белизны (63,5-64,5 %); в результате гидролиза целлюлозы азотной кислотой порошковая целлюлоза приобретает желтоватый оттенок, который придает нитролигнин, образующийся при взаимодействии остаточного лигнина в целлюлозе и азотной кислоты. Белизна порошка, полученного из пероксидно-щелочной целлюлозы, достаточно высокая.

Все образцы порошковой целлюлозы характеризуются высокой долей крупной фракции (отходов).

Для улучшения качественных показателей конечного продукта (повышения белизны) было предложено провести отбелку порошковой целлюлозы отбеливающим раствором пероксида водорода. Данный реагент является экологически безопасным. Условия отбелки

приняты традиционные, как и для отбеливки волокнистой целлюлозы. Отбеливке подвергали образцы порошковой целлюлозы с наибольшей белизной (обр. С-3, Н-5, П-3).

Результаты отбеливки порошковой целлюлозы приведены в таблице 6. В образцах порошковой целлюлозы были определены следующие показатели: выход, белизна, степень полимеризации, а также некоторые показатели, регламентируемые для порошковой целлюлозы, предназначенной для пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности.

Таблица 6

Сравнительная характеристика беленой порошковой целлюлозы

Показатели порошковой целлюлозы	Беленая порошковая целлюлоза, полученная из		
	сульфитной целлюлозы – образца С-3	натронной целлюлозы (после делигнификации по схеме Пк-Щ-К) – образца Н-5	пероксидно-щелочной целлюлозы – образца П-3
Выход порошковой целлюлозы, % от небеленой волокнистой целлюлозы	78,3	83,6	77,5
Белизна, %	73,7	76,0	83,2
Степень полимеризации	275	240	195
Сорбционная способность по йоду, мг I ₂ /г цел	29,7	45,5	31,6
Водоудержание, %	68,2	74,0	72,0
Насыпная плотность, кг/м ³	170	182	187
Фракционный состав, %:			
отсортированная фракция	87,2	89,4	92,4
отходы	12,8	10,6	7,6

Результаты исследований, приведенные в таблице 5, показывают, что наилучшие результаты отбеливки порошковой целлюлозы пероксидом водорода получены у образца из пероксидно-щелочной целлюлозы. Отбеливка порошковой целлюлозы приводит к незначительному снижению выхода и увеличению содержания отсортированной (мелкой) фракции. В результате отбеливки удалось значительно повысить белизну порошковой целлюлозы. По показателям насыпной плотности и водоудерживающей способности образцы порошковой целлюлозы практически не различаются. Наибольшее значение сорбционной способности получено у образца из натронной целлюлозы, наименьшее – из сульфитной.

Таким образом, показана возможность получения порошковой целлюлозы из хвойных древесных опилок по схеме, которая состоит из следующих стадий: делигнификация (варка) древесных опилок; гидролиз полученной целлюлозы водным раствором азотной кислоты с получением порошка; отбеливка порошковой целлюлозы пероксидом водорода. Выбор способа делигнификации древесных опилок будет зависеть от технико-экономических и экологических показателей.

Список литературы

1. Мохирев А.П., Безруких Ю.А. Медведев С.О., Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона. 2015, №2, ч. 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3011>.
2. Комплексное устойчивое управление отходами. Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность: учебное пособие / Н.И. Альберг, и др.; под ред. Н.И. Альберг – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 308 с.

3. Просвирников Д.Б., Ахметшин И.Р., Гайнуллина Д.Ш., Просвирникова Т.Д. Использование отходов деревообработки в производстве порошковой целлюлозы // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сборник трудов IV Междунар.науч. экол. конференции. Краснодар. 24-25 марта 2015 г. – С. 292-294.

4. Кузнецова С.А., Дрозд Н.Н., Васильева Н.Ю., Левданский А.В., Яценкова О.В., Скворцова Г.П., Мифтахова Н.Т., Макаров В.А. Разработка метода получения сульфатированной микрокристаллической целлюлозы из опилок древесины осины и пихты и изучение их антикоагулянтной активности//Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы IV Всероссийской конференции. Барнаул. 21–23 апреля 2009 г. – С.44-46.

5. Полюттов А.А., Пен Р.З., Бывшев А.В. Технология целлюлозы. Экологически чистое производство. Монография. Красноярск: ООО Красноярский писатель, 2012. 294 с.

6. Хакимова Ф.Х., Синяев К.А., Ковтун Т.Н. Отбелка сульфатной хвойной целлюлозы по ECF-технологии пероксидом водорода и хлоритом натрия// Лесн.журн.-2012. - № 4. - С.112-120. (Изв.высш.учеб.заведений).

УДК 676.18

**ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ОСИНОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ
АО «СОЛИКАМСКБУМПРОМ»**

**Пантелеева Виктория Алексеевна,
начальник лаборатории АО «Соликамскбумпром»,
г. Соликамск, E-mail: panvik35@inbox.ru**

***Ключевые слова:** осина, модернизация, физико-механические показатели, термомеханическая масса, газетная бумага.*

***Аннотация.** В статье приведены результаты испытаний, позволяющие установить целесообразность использования древесины осины в качестве сырья для получения термомеханической массы в производстве газетной бумаги на АО «Соликамскбумпром». Показано, что при замене до 10% древесины ели на осину, полученная термомеханическая масса характеризуется достаточно высокими показателями механической прочности и может быть использована в производстве газетной бумаги.*

**OBTAINING THERMO-MECHANICAL PULP WHEN USING
ASPEN WOOD AND ITS IMPACT ON PRODUCT QUALITY
JSC "SOLIKAMSKBUMPROM"**

**Panteleeva Victoria Alekseevna,
head of laboratory of JSC " Solikamskbumprom»,
Solikamsk, E-mail: panvik35@inbox.ru**

***Key words:** aspen, modernization, physical-mechanical characteristics, thermo mechanical pulp, newsprint paper.*

***Abstract.** The article presents the results of tests to determine the feasibility of using aspen wood as a raw material for thermomechanical mass in the production of newsprint at JSC "Solikamskbumprom". It is shown that when replacing up to 10% of spruce wood with aspen, the resulting thermomechanical mass is characterized by sufficiently high mechanical strength and can be used in the production of newsprint.*