

Д.М. Фляте

Технология бумаги

Учебник для вузов

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
Д11

Д11 **Д.М. Фляте**
Технология бумаги: Учебник для вузов / Д.М. Фляте – М.: Книга по Требова-
нию, 2013. – 437 с.

ISBN 978-5-458-25644-5

ISBN 978-5-458-25644-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

§ 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

Письменность появилась до того, как стало известно применение для письма бумаги. О письменности древних людей свидетельствуют сохранившиеся до нашего времени наскальные рисунки, а также глиняные плитки и медные дощечки с изображениями различных знаков, зверей и людей.

В поисках более легкого материала для письма стали использовать кожу и кости животных, пальмовые листья, кору деревьев.

Считается, что слово лист, имеющее два значения (лист бумаги и лист дерева), свидетельствует о том, что древние славяне писали на листьях деревьев. Латинское слово *liber* также имеет два значения: кора и книга, что косвенно говорит о давнем применении коры для письма.

Сохранились документы, написанные на бересте в старом Новгороде несколько сот лет тому назад. Время сделало их жесткими и ломкими. Предварительная обработка их березовым соком в какой-то степени возвратила им эластичность, необходимую для реставрации документа.

Хороший материал для письма из кожи молодых телят — животный пергамент, или пергамен, — получил свое название, как считают, от сирийского города Пергаме, где древний способ изготовления такого материала был усовершенствован и получил применение начиная со II в. до нашей эры.

Предшествовал бумаге папирус — материал, получаемый из растения того же названия, произраставшего в больших количествах у берегов Нила в Египте. Этот материал появился не менее 3500 лет до нашей эры. Стебель растения разрезался на тонкие и возможно более широкие ленты, которые укладывались вплотную друг к другу и образовывали полосу достаточной ширины. На эту полосу в поперечном ее направлении укладывался следующий ряд лент. Число чередующихся рядов определялось желаемой толщиной материала, который затем отпрессовывался, подвергался обработке ударами деревянных молотков, высушивался на солнце и разглаживался гладким камнем. Полученные листы склеивались в длину и свертывались в свитки.

Родина бумаги — Китай. Первые упоминания о бумаге относятся к 12 г. до нашей эры. Первоначально сырьем для изготовления бумагоподобного материала служили обрезки шелка, которые растирались между камнями, разбивались молотками, смачивались водой и в виде шелковистого войлока использовались для письма. Методы изготовления бумагоподобного материала со временем изменялись. Цай-Лунь (его именуют также Чай-Лун и Тсай-Лун) обобщил и усовершенствовал эти методы. В 105 г. (указываются также и другие даты) он доложил императору об открытии способа изготов-

ления бумаги из различных волокон растительного происхождения, а также из тряпья.

Заслуга Цай-Луня в том, что он впервые открыл основной технологический принцип производства бумаги — образование листового материала осаждением и переплетением на сетке измельченных тонких волокон, разбавленных предварительно большим количеством воды. Этот принцип и до настоящего времени составляет сущность производства бумаги. Но не только в этом заслуга Цай-Луня: он существенно усовершенствовал сам процесс изготовления бумаги, заменив плоские камни новым оборудованием — ступкой с пестом, и применил для отлива листа сетчатую форму. Кроме того, он дал возможность получать бумагу из разнообразного волокнистого сырья. Все это положило начало и способствовало развитию кустарного производства бумаги, значительно более дешевой и доступной по сравнению с предшествующими бумагоподобными материалами.

Долгое время китайский способ изготовления бумаги держался в секрете. Однако в VII в. искусство изготовления бумаги стало известно в Японии и Индии. Примерно в середине VIII в. в районе г. Самарканда китайские военнопленные, среди которых оказались и мастера-бумажники, способствовали кустарному производству бумаги, откуда оно в конце IX в. распространилось на центры арабской культуры: Дамаск и Багдад. Далее способ изготовления бумаги стал известен в Египте, где он вытеснил старинный способ изготовления папируса.

В Испании и Греции о бумаге узнали в IX в., в Италии в XI в. Потребность в бумаге возрастала и многие страны Европы предпочитали вместо покупки бумаги за границей производить ее у себя. К XI в. толчеи, служившие для разбивки тряпья на волокна и состоящие из каменной ступы и деревянных пестов, стали приводить в движение действием падающей воды. Для этой цели успешно применялось мельничное водяное колесо.

Мельницы в производстве бумаги появились во Франции в XII в. и обеспечивали не только собственные потребности страны, но и вырабатывали бумагу для продажи в другие страны, в том числе и в Россию. Московское государство покупало и итальянскую бумагу (XIV в.) и даже раньше, чем французскую (XV в.). Затем появилась также немецкая, польская и голландская бумага.

Здесь необходимо отметить, что Голландия в XVII—XVIII вв. была страной, владевшей многочисленными колониями, обладавшей развитой мануфактурной промышленностью и одной из первых в Европе освободившейся от феодального режима (Нидерландская революция XVII в.). Поэтому именно в этой стране, где в то время были уже отмечены большие технические достижения в судостроении, по-

стройке ветряных двигателей, суконном производстве и в других отраслях промышленности, усиленно велись работы по усовершенствованию производства бумаги и улучшению ее качества.

На повышение производительности производства и получение надлежащего качества продукции в основном влияло использование громоздкой и неудобной в работе толчеи. Именно замена толчеи более совершенной машиной требовалась и в конкурентной борьбе с другими странами при продаже бумаги на экспорт. Изобретение в XVII в. в Голландии ролла (голлендера), заменившего толчею, резко повысило производительность бумажной мануфактуры и улучшило качество выпускаемой бумаги.

В XVI в. в 30 км от Москвы появилась первая бумажная мельница. Однако производство бумаги в России долгое время почти не развивалось, и бумагу приобретали за границей, в основном в Голландии.

По указу Петра I было построено несколько бумажных мельниц в районе Москвы и Петербурга, а также крупные мануфактуры (Полотнянозаводская и Ярославская). К концу XVIII в. в России было 60 мануфактур, вырабатывающих бумагу в виде листов методом ручного черпания.

В технологическом процессе изготовления бумаги операция отлива листа сдерживала выработку бумажной мельницы, так как для выполнения этой операции требовался тяжелый и малопродуктивный труд рабочих-черпальщиков. Действительно, рабочему нужно было зачерпнуть сетчатой формой из чана бумажную массу, дать воде стечь через сетку, потрясти форму вручную для образования на сетке влажного бумажного листа, который следовало затем осторожно перенести из формы на сукно для последующих операций прессования, сушки и отделки.

С изобретением ролла было существенно улучшено качество бумажной массы и повышена производительность размольного оборудования. «Узким местом» в производстве бумаги стала операция ручного отлива бумаги. Рабочие-черпальщики не успевали превращать в листы бумаги бумажную массу, которую выпускал ролл, а потребность в бумаге все возрастала. Особенно бумага была необходима в годы первой французской революции, так как тогда выпускалось большое количество воззваний и плакатов, брошюр, газет, а также ассигнаций. Машинное производство бумажной массы привело к машинному изготовлению бумаги из этой массы. Таким образом, не случайно изобретение первой бумагоделательной машины, заменившей труд черпальщиков, произошло во Франции Николаем Луи Робером (рис. 1). Историю машинного изготовления бумаги описал И. Т. Малкин в книге «История бумаги» (М., изд-во АН СССР, 1940, 192 с.).

В 1804 г. первая бумагоделательная машина, усовершен-

ствовавшая братьями Фурдринье и Донкиным, была установлена в Англии, а через 13 лет первая бумагоделательная машина уже монтировалась в России на Петергофской гранильной фабрике, которая позже была передана и установлена на Красносельской бумажной фабрике.

Первые бумагоделательные машины производили лишь формирование бумажного полотна и его прессование, сушилась бумага на воздухе. В 1823 г. к бумагоделательной машине была

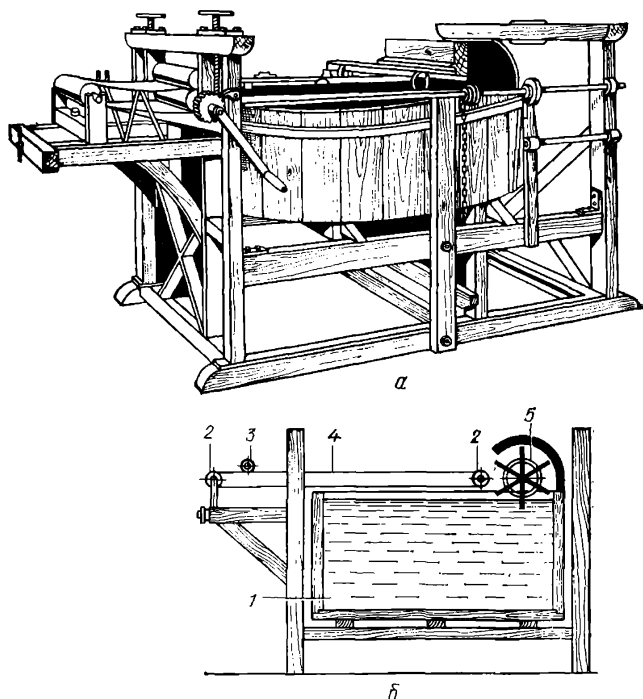


Рис. 1. Бумагоделательная машина Николая Луи Робера:
а — общий вид; б — схема устройства; 1 — чан с бумажной массой; 2 — валики; 3 — накат; 4 — сетка; 5 — черпальное колесо

присоединена сушильная часть, в сушильных цилиндрах которой для обогрева их поверхности устанавливались жаровни с углем. Позже был осуществлен обогрев цилиндров паром. Одновременно совершенствовались различные детали бумагоделательной машины. В 1825 г. под сеткой появились отсасывающие ящики, разрежение в которых производилось с помощью вакуум-насоса. Последующие годы характеризуются дальнейшим совершенствованием конструкции деталей бумагоделательных машин.

В 1850 г. бумагоделательные машины нашли себе применение уже на 50 фабриках России. К 1885 г. число установлен-

ных бумагоделательных машин в России достигло 135. Применение машин сделало процесс производства бумаги непрерывным и от выработки листовой бумаги появилась возможность перейти к ее изготовлению в рулонах.

Разруха в промышленности, связанная с первой мировой, а затем с гражданской войной в России и изменение государственных границ с переходом части предприятий бумажной промышленности в Польшу, Финляндию и к Прибалтийским буржуазным государствам — все это привело к резкому сокращению производительности отечественной бумажной промышленности, которая в то время не могла удовлетворять в бумаге даже скромные нужды государства.

Существующая сейчас в Советском Союзе бумажная промышленность является первой в Европе и четвертой в мире по количеству выпускаемой бумаги. Она была создана практически заново. За годы Советской власти были сооружены комбинаты: Балахнинский, Сясьский, Кондопожский, Соликамский, Красновишерский, Камский, Сегежский, Жидачовский, Соломбальский, Марийский, Красноярский, Пермский, Котласский, Астраханский, Архангельский, Братский, Байкальский, Сыктывкарский, Усть-Илимский, а также ряд бумажных и картонных фабрик и целлюлозных заводов: Каменогорская, Корюковская, Алексинская, Ступинская, Измайловский, Херсонский и др. Действующие ныне старые бумажные фабрики в значительной степени реконструированы и оснащены новым оборудованием.

По выпуску книг и брошюр наша полиграфическая промышленность занимает в настоящее время первое место в мире. Она выпускает примерно $\frac{1}{4}$ всей мировой книжной продукции. Материальную базу для этого создала отечественная бумажная промышленность.

Успехи в развитии бумажной промышленности были бы большими, если бы не Великая Отечественная война 1941—1945 гг., нанесящая колоссальный урон всей экономике страны и в том числе предприятиям бумажной промышленности. В период прошедшей войны бумажная промышленность лишилась своих предприятий в Прибалтийских советских республиках, на Украине, в Белоруссии, Карелии, Ленинградской обл. Все эти предприятия были сильно повреждены и их восстанавливали по мере освобождения территории от врага. Дубровский комбинат в Ленинградской обл. был настолько разрушен, что его восстановление было признано нецелесообразным.

К концу войны в 1945 г. объем производства бумаги и картона в СССР составлял лишь 38 % и целлюлозы 47 % от довоенного выпуска. В годы первых послевоенных пятилеток восстанавливались предприятия бумажной промышленности, разрушенные во время Великой Отечественной войны.

Большое влияние на развитие бумажной промышленности Советского Союза оказало принятое в 1960 г. постановление

ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по ликвидации отставания целлюлозно-бумажной промышленности». В результате реализации этого постановления производство бумаги в 1980 г. по сравнению с 1960 г. возросло в 2,3 раза, картона в 3,3 раза, целлюлозы — в 3,1 раза.

Решениями XXVII съезда КПСС предусмотрено в XII пятилетке (1986—1990 гг.) дальнейшее развитие целлюлозно-бумажной промышленности Советского Союза. Намечается опережающими темпами развивать химическую и химико-механическую переработку древесного сырья, особенно в районах его заготовки. Предусмотрено увеличить за годы пятилетки выпуск целлюлозы на 19—22 %, бумаги на 17—20 %, древесноволокнистых плит на 20—23 %, картона и древесностружечных плит примерно в 1,3 раза. При этом намечается значительно расширить выпуск бумажно-беловых товаров и обоев, а также бумаги и картона для упаковки и расфасовки товаров и для бытовых нужд. Одновременно намечается обеспечить рост производства картонной тары примерно в 1,7 раза. Все это предполагается осуществить при повышении производительности труда на 14—16 % и снижении себестоимости продукции на 2—3 %.

Несмотря на вторую мировую войну и связанные с этим потери в производстве бумаги, мировая бумажная промышленность развивается быстрыми темпами. В 1955 г. выпускалось уже в 2 раза больше бумаги и картона, чем в 1938 г. Последующие годы характеризуются дальнейшим высоким темпом развития мировой бумажной промышленности: через каждые 15 лет наблюдается удвоение производства бумаги и картона.

Существуют, по крайней мере, две основные причины бурного развития мировой целлюлозно-бумажной промышленности. Первая из них — большая непрерывно растущая потребность населения и различных отраслей промышленности в разнообразных видах бумаги и картона. Вторая причина заключается в том, что из разных способов использования древесины производство целлюлозы и бумаги — одно из наиболее выгодных, поскольку выход готовой продукции по отношению к израсходованной древесине достигает в целлюлозно-бумажной промышленности 90—93 %.

Высокие темпы роста мировой бумажной промышленности с использованием при этом полуфабрикатов, выпускаемых в массовых количествах из механически и химически обработанной древесины, выдвинули проблему — защиту окружающей среды от загрязнений воздуха вредными выбросами целлюлозно-бумажного производства, а также защиту водоемов (рек и озер) от стоков этого производства. Эта проблема постоянно нарастала и в настоящее время приобрела первостепенное значение, так как появилась угроза резкого нарушения экологии (отношения живых организмов и растений

к внешней среде). При производстве бумаги особое внимание должно быть обращено на сокращение стоков и их очистку (подробно об этом написано в главе 15).

Одновременно с развитием производства бумаги в нашей стране развивалась и наука о полуфабрикатах бумажного производства, бумаге и ее свойствах, а также о процессах приготовления бумаги. Существенный вклад в мировую науку о полуфабрикатах бумажного производства внесли советские ученые профессора Л. П. Жеребов, Н. И. Никитин, С. А. Фотиев, Н. Н. Непенин, Ю. Н. Непенин, Д. В. Тищенко, М. Г. Элиашберг, Н. А. Розенбергер, доцент Л. Е. Аким и др., а в науку о бумаге, ее свойствах и процессах ее изготовления профессора Я. Г. Хинчин, С. Н. Иванов, В. И. Юрьев, Б. Г. Миллов, доцент И. И. Богоявленский и др.

Отраслевая наука развивается в настоящее время в СССР в трех специализированных научно-исследовательских институтах и их филиалах, а также на кафедрах целлюлозно-бумажного производства ряда высших учебных заведений страны. Доктора технических наук и профессора Ю. Г. Бутко, Э. Л. Аким, Г. Л. Аким, А. И. Бобров, И. Д. Кугушев, Н. Е. Новиков, О. А. Терентьев и другие занимаются разработкой теории процессов и оборудования целлюлозно-бумажного производства.

Глава 1

ПОЛУФАБРИКАТЫ, ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ · СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ, КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ БУМАГИ

§ 3. БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ПОЛУФАБРИКАТОВ БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При выборе нужного вида волокнистого материала следует учитывать его бумагообразующие свойства, которые в совокупности определяют достижение требуемого качества изготавливаемой бумаги. При этом имеется в виду как поведение материала в технологических процессах изготавливаемой из него бумаги, так и его влияние на свойства получаемой бумажной массы и готовой бумаги. Таким образом, бумагообразующие свойства волокнистого материала нельзя охарактеризовать однозначно каким-либо показателем. Действительно, по отношению к процессу размола бумагообразующие свойства материала характеризуются, например, его способностью расщепляться на фибриллы (фибриллирование) или укорачиваться, скоростью достижения требуемой степени помола. По отношению к процессу отлива листа из бумажной массы важным является, например, показатель скорости обезвоживания и т. д.

Строение исходных волокон во многом определяет их бумагообразующие свойства. Волокна трубчатого строения способствуют получению пухлых видов бумаги, обладающих повышенной впитывающей способностью. Такие волокна требуют больше времени для фибриллирования. Из волокон ленточного строения обычно получается плотная прочная бумага с сомкнутой поверхностью. Толстостенные волокна (с толщиной стенки 6—8 мкм) легче фибриллируются, а тонкостенные (1,5—2 мкм) более подвержены поперечной рубке.

Волокна твердых пород древесины, как правило, обеспечивают непрозрачность, пухлость, воздухопроницаемость и впитывающую способность бумаги. Волокна мягких пород, наоборот, придают бумаге относительно более высокую прозрачность, плотную структуру и высокие показатели сопротивления разрыву (табл. 1).

Сырьем для изготовления разных полуфабрикатов является древесина девяти основных пород, используемых в различных соотношениях: ели, сосны, пихты, ольхи, лиственницы, тополя, березы, осины, бука. Наряду с этими породами в меньшем количестве используется также древесина эвкалипта, каш-

тана, липы, дуба, клена и других пород. Указанное сырье делится на две группы: хвойные и лиственные породы древесины, отличающиеся между собой по химическому составу и морфологическим признакам, известным студентам из курса химии древесины и целлюлозы. Эти различия определяют и различия в свойствах волокон соответствующих полуфабрикатов.

Основным полуфабрикатом для производства бумаги является целлюлоза — продукт варки растительного сырья

1. ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ БУМАГИ ОТ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЛОКОН (ПО ВУЛЬЧУ)

Свойства бумаги	Влияние увеличения			отношения поперечного сечения стенок волокон к их общему поперечному сечению
	содержания		длина волокон	
	гемичеселлюлоз	лигнина		
Разрывная длина	Весьма положительно	Весьма отрицательно	Ограниченно	Весьма отрицательно
Сопротивление продавливанию	То же	То же	То же	То же
Сопротивление излому	»	»	Положительно	»
Плотность	»	Отрицательно	Отрицательно	»
Прозрачность	»	То же	Положительно	»
Постоянство размеров	Весьма отрицательно	Положительно	Отрицательно	Весьма положительно
Сопротивление надрыву	То же	То же	Весьма положительно	Положительно
Светонепроницаемость	»	»	Отрицательно	Весьма положительно
Пористость	»	»	Положительно	То же

с кислотой (сульфитный метод), щелочью (сульфатный) или методом, являющимся модификацией указанных методов (бисульфитный, полисульфидный и др.). Выход обычной целлюлозы из древесины в зависимости от вида древесины и способа ее варки находится в пределах от 46 до 53 %. Целлюлоза высокого выхода характеризуется выходом выше 53 и до 65 %.

При сравнении свойств сульфатной и сульфитной целлюлозы легко видеть, что волокна сульфатной целлюлозы при всех прочих равных условиях придают бумаге, как правило, более высокие показатели механической прочности по сопротивлению разрыву, излому, продавливанию и надрыву, повышенное удлинение до разрыва, термостойкость, долговечность и меньшую прозрачность, чем волокна сульфитной целлюлозы, особенно полученные в результате варки на кальциевом основании. Поэтому сульфатная целлюлоза успешно

используется для изготовления прочных упаковочных видов бумаги, мешочной бумаги, а также бумажной пряжи и шпагата.

Бумага, изготовленная из волокон сульфатной целлюлозы, обладает более высокими показателями диэлектрических свойств, благодаря чему многие виды сульфатной бумаги и применяются в качестве электроизоляционных (кабельная, телефонная, конденсаторная и др.). Волокна сульфатной целлюлозы более гибкие, на их поверхности меньше микротрещин, они труднее размалываются, меньше укорачиваются при размоле по сравнению с волокнами сульфитной целлюлозы.

Добавка сульфатной целлюлозы к сульфитной в композицию бумаги уменьшает склонность бумаги к скручиванию и несколько повышает ее начальную прочность во влажном состоянии. Именно в связи с последним обстоятельством, а также для некоторого увеличения растяжимости бумаги применяют небольшую добавку полубеленой сульфатной целлюлозы в композицию газетной бумаги. Выход сульфатной целлюлозы на 3—4 % ниже, чем сульфитной, при равной степени делигнификации и на 6—7 % ниже, чем бисульфитной. Небеленая сульфатная целлюлоза темнее небеленой сульфитной и труднее отбеливается.

Применение в производстве бумаги полуфабрикатов из лиственных пород древесины привлекает технологов-бумажников не только потому, что лиственная древесина дешевле хвойной и ее использование расширяет сырьевую базу для бумажной промышленности. Это само по себе очень важно, но не исчерпывает преимущества применения полуфабрикатов из лиственной древесины.

Наличие лиственной целлюлозы в композиции бумаги приводит к получению более однородной структуры листа, в котором короткие волокна лиственной целлюлозы заполняют пространства между длинными волокнами (трахеидами) хвойной целлюлозы. В результате изготавливается бумага с меньшей склонностью к короблению и скручиваемости, меньшей разносторонностью, лучшим удержанием минерального наполнителя и меньшей деформацией при намокании.

При использовании в композиции бумаги лиственной целлюлозы возрастает непрозрачность листа, особенно если применяется беленая сульфатная лиственная целлюлоза. Возрастают также гладкость бумаги и ее впитывающая способность, в том числе и к типографской краске. Совокупность этих свойств обеспечивает улучшение печатных свойств бумаги.

Полуфабрикаты из лиственных пород древесины придают бумаге ощущение мягкости — свойства важного для санитарно-бытовых видов бумаги и бесшумности при перелистывании (нотная бумага, бумага для текстов радио и телевизионных дикторов из натральной беленой лиственной целлюлозы). Вместе с тем полуфабрикаты из лиственной древесины повышают жесткость коробочного и других видов картона главным обра-