

A vertical wood grain pattern runs down the left side of the cover, featuring various shades of brown and tan with distinct wavy lines.

К. Г. КЛЕММ

**СОВРЕМЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
ДРЕВЕСНОЙ
МАССЫ**

ГОСЛЕСБУМИЗДАТ 1961

К. Г. КЛЕММ

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ

ПЕРЕВОД С НЕМЕЦКОГО
Б. Я. АБРАМОВИЧ, Д. С. СОКОЛОВСКОГО



ГОСЛЕСБУМИЗДАТ

Москва

1961

Ленинград

ОТ РЕДАКЦИИ

В соответствии с постановлением Совета Министров СССР и ЦК КПСС целлюлозно-бумажная промышленность Советского Союза должна обеспечить в текущем семилетии огромный рост производства и выйти в 1965 г. по выпуску целлюлозно-бумажной продукции на второе место в мире.

Наличие богатых ресурсов древесины, все возрастающая потребность в бумаге и картоне создают благоприятные условия и большие перспективы для дальнейшего развития целлюлозно-бумажной промышленности нашей страны.

Большое развитие получит производство древесной массы, являющейся дешевым полуфабрикатом для бумаги и картона массовых видов.

Выработка газетной и печатной бумаги, содержащей в композиции большое количество древесной массы, увеличится к концу семилетия по сравнению с 1958 г. в 3 раза.

Строительство новых древесномассных заводов, а также совершенствование технологии и интенсификация работы действующих предприятий должны осуществляться на базе использования новейших достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

В настоящее время назрела необходимость в издании технической литературы по современному оборудованию и технологии производства древесной массы.

Большой интерес для работников древесномассных заводов, научно-исследовательских, проектных и учебных институтов представляет книга К. Г. Клемма.

В отличие от других руководств по производству древесной массы, в которых описывается известное оборудование и излагаются широко известные теоретические положения, в книге Клемма «Современное производство древесной массы» (1956 г.) обобщены результаты многочисленных исследовательских работ по изучению и совершенствованию процессов производства древесной массы, проведенных под руководством автора, а также обширных работ, выполненных под руководством проф. Брехта.

В книге описываются новые и весьма интересные принципы хранения древесины на биржах, в частности хранение баланса под водой.

Специальный раздел посвящен вопросам теории дефибрирования древесины, сущности процесса и отдельных фаз дефибрирования.

В книге подробно описаны конструкции современных высокопроизводительных дефибреров, оборудование для подготовки древесины к дефибрированию, для сортирования, сгущения и очистки массы. Приведено много схем современных древесномассных заводов различной мощности.

Раздел о схемах сортирования и об очистке древесной массы насыщен примерами из практики европейских и канадских древесномассных заводов.

Большой практический интерес представляют методы анализа и теоретическое обоснование выбора схемы сортирования древесной массы в зависимости от ее назначения.

В книге освещены вопросы отбелки древесной массы, а также, хотя и очень сжато, новые способы получения древесной массы — производство химической древесной массы из термохимически обработанного баланса и щепы, получение белой древесной массы из щепы.

Подробно описано оборудование, выпускаемое американскими и западноевропейскими машиностроительными фирмами.

Вместе с тем в книге ничего нет о многих современных конструкциях оборудования, установленного на советских и зарубежных предприятиях (шаберные сгустители производительностью 60—80 т/сутки, круглосеточные пресспаты производительностью 120 т/сутки с автоматической линией для взвешивания и упаковки листов в кипы, транспортные устройства по механизации загрузки баланса в шахты дефибреров).

Несмотря на указанные недостатки, а также спорность отдельных теоретических положений, книга представляет большой интерес для работников, связанных с древесномассным производством.

В 1958 г. значительная часть разделов этой книги систематически печаталась в виде отдельных статей в американском журнале «Пейпер трейд джорнел». В настоящее время эта книга издается полностью в Америке на английском языке.

Части I и II книги переведены Д. С. Соколовским, часть III — Б. Я. Абрамович.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Древесную массу готовят следующим образом: отрезки древесины определенной длины после удаления коры и луба при орошении водой прижимают к быстровращающемуся дефибрерному камню, вследствие чего древесные волокна ориентируются перпендикулярно направлению вращения и параллельно оси камня. Возникающие при этом силы трения и возникающее тепло трения вызывают отделение волокон от древесины. Полученная масса попадает в углубления дефибрерного камня и при помощи добавляемой из sprays воды переносится в ванну дефибрера, где масса собирается. Температура и концентрация массы в ванне зависят от количества воды, добавляемой при дефибрировании. Из ванны дефибрера древесная масса направляется для дальнейшей обработки.

Если при дефибрировании применяется свежая вода, то температура, при которой протекает процесс, невысокая (способ холодного дефибрирования). Применение оборотной воды, которую отделяют при последующем обезвоживании древесной массы, ведет к накоплению тепла в кругообороте древесномассного предприятия и к повышению температуры во время процесса дефибрирования; это соответствует современному «способу горячего дефибрирования» (рис. 1).

Древесная масса содержит приблизительно те же твердые составные вещества, как и подвергающаяся дефибрированию древесина. Только небольшая часть вещества древесины — от 2 до 5%, в зависимости от вида древесины, растворяется в разбавляющей воде и при этом теряется. На этом основано важное преимущество производства древесной массы перед химическими способами получения волокнистых материалов, при которых потери на растворение составляют ориентировочно 50% или, в лучшем случае, при производстве полуцеллюлозы — от 30 до 40%. Дефибрирование древесины позволяет наиболее полно использовать дефицитное волокнистое сырье — древесину. Поэтому все улучшения качества древесной массы и расширение применения древесной массы имеют большое народнохозяйственное значение.

Попадающая в ванну дефибрера древесная масса содержит много не разделенных на волокна щепок древесины и должна быть подвергнута сортированию. Путем сортирования отделяют грубые составные части (щепки, обломки, пучки волокон), которые подвер-

гают повторному рафинированию, от пригодных волокон и тонких структурных элементов. Таким образом грубые части обрабатывают до тех пор, пока их структура не будет соответствовать установленным требованиям, пока они не смогут проходить сита сортировки как готовая масса (рис. 1). От готовой массы отделяют пу-

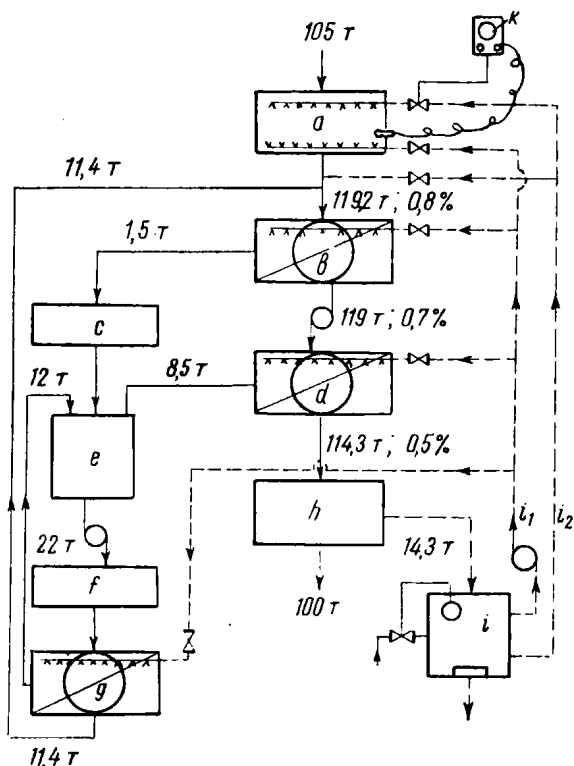


Рис. 1. Принципиальная схема древесномассового производства:

a — дефибрер; *в* — щеполовка; *с* — молотковая мельница; *д* — сортировка; *е* — сборник для грубой массы; *ф* — мельница для размолта отходов; *г* — сортировка для отходов; *г* — сгустители; *и* — сборник оборотной воды; *л₁* — оборотная вода для спрысков; *л₂* — вода для разбавления; *к* — регулятор температуры в ванне дефибрера

тем фильтрования такое количество воды, чтобы массу можно было передать непосредственно на переработку или же в транспортном виде на промежуточное хранение. При обычном способе дефибрирования получают древесную массу светлой окраски, которая известна как «белая древесная масса». Предварительная обработка древесины перед дефибрированием (пропаривание баланса) способствует получению бурой древесной массы. Процесс

пропаривания вызывает окраску волокон, которые в массе кажутся бурыми.

Химическое дефибрирование можно охарактеризовать как дальнейший этап в развитии производства бурой древесной массы. При этом методе волокна не окрашиваются, а свойства их улучшаются. Это достигается путем пропитки баланса химикатами перед пропаркой или варкой.

ИСТОРИЯ

В 1843 г. Вебер Фридрих Готтлиб Келлер из Гайнихен в Саксонии открыл свой способ переработки древесины на волокна путем дефибрирования. В 1844 г. Гейнрих Фельтер согласно договору, заключенному с И. М. Фойтом, создал дефибрер для промышленного производства древесной массы. В январе 1852 г. первый дефибрер был готов к эксплуатации; последующие машины были выставлены на промышленной выставке в Мюнхене в 1854 г. и впервые показаны открыто. Дефибрирование в промышленном масштабе началось в январе 1856 г. в Крибштейне и Сандове. Когда на Парижской всемирной выставке 1867 г. была показана в действии древесномассная установка, это возбудило интерес мировой общест-венности к новому сырью для производства бумаги.

В 1868 г. Освальд Май из Цвикау и Морис Беренд из Варцина изобрели производство бурой древесной массы. Май связался с Фельтером, для того чтобы обеспечить практическую реализацию своего изобретения. Изобретение химической белой древесной массы явилось результатом многочисленных исследований в начале этого столетия. Хотя изобретенный Вайсгуном в двадцатых годах способ был практически использован, но он, так же как и некоторые другие способы, применялся недолго. Производство химической древесной массы получило дальнейшее развитие в Северной Америке, где путем химической обработки используют лиственную древесину для выработки древесной массы.

Производство древесной массы после ее открытия начало быстро развиваться. Первые дефибреры были построены с мощностью двигателя от 60 до 80 л. с., в настоящее время имеются на предприятиях отдельные дефибреры с нагрузкой в 100 раз большей и с выработкой до 75 т в сутки. Дальнейшее бурное развитие производство древесной массы получило после введения в 1888 г. в Северной Америке «горячего дефибрирования», которое значительно улучшило качество древесной массы.

Уже в 1913—1914 гг. было выработано в Германии 650 000 т древесной массы. Мировое производство древесной массы в настоящее время составляет около 14 млн. т в год, или округленно — 36% общей выработки всех волокнистых материалов для бумажного производства. Из сказанного ясно, как велико значение древесной массы в бумажной и картонной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Kirchner, Die Holzstoff-Fabrikation (dtsh), 2. Auflage (1911), C. Hofmann, Praktisches Handbuch der Papierfabrikation (dtsh), Teiband Holzschleiferei, 3. Auflage, Verlag C. Hofmann G. m. b. H., Berlin (1926).
2. F. Müller, Die Papierfabrikation und deren Maschinen (dtsh.), Band I, Roh- und Halbstoffe, 3. Auflage, Güntter—Staib Verlag, Biberach/Riß.
3. Veröffentlichungen des Instituts für Papierfabrikation, Darmstdt, auf dem Gebiete der Holzschliffherzeugung und Holzschliffprüfung:
 W. Brecht u. Schaun E., Selbsttätiges Kontrollverfahren für Pressenschleifer, Festheft d. Akad. Papirering.—Vereins zur 25—Jahrfeier zur Fachrichtung Pap.—Ing.—Wesen an der TH Darmstdt.
 W. Brecht u. E. Schaun, Stetigschleifer und Presseschleifer, Wochenbl. f. Papierfabrikat. 83, 223, 788 (1931).
 F. Müller, H. Heller, E. May u. K. Schallk, Schleifversuche an einem Stetigschleifer, Wochenbl. f. Papierfabrikat. 80, 27 (1928) So.—Nr.
 W. Brecht, Die neue Versuchsschleiferei des Inst. f. Papierfabrikation an der R. Trenchel, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation. Zellstoff u. Papier 13, 106 (1933).
 W. Brecht u. K. Hertzberg, Der Einfluß des Stoffstaus im Schleifertrog auf den Schleifprozess, Wochenbl. f. Papierfabrikat. 86, 12 (1934) So.—Nr.
 R. Trenchel, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation im Jahre 1933, Zellstoff u. Papier 14, 148, 200 (1934).
 W. Brecht, Arbeiten an einem Versuchsschleifer, Papierfabrikant 33, 113, 121, 129 (1935) Nr 13, 14, 15.
 R. Trenchel, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation im Jahre 1934, Zellstoff u. Papier 15, 198, 240, 279 (1935).
 W. Brecht, Arbeiten an einem Versuchsholzschleifer, Svensk Papperstidn. 38, 390, 424 (1935).
 W. Brecht, Versuche an einem Holzschleifer, VDI — Zeitschrift 1935, 889.
 H. Mory, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation im Jahre 1935, Zellstoff u. Papier 17, 270, 341 (1936).
 H. Mory, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation im Jahre 1936, Zellstoff u. Papier 18, 157, 193 (1937).
 E. Liebert, Technische Neuerungen der Zellstoff-, Holzschliff- und Papierfabrikation im Jahre 1937, Zellstoff u. Papier 19, 53, 116 (1938).
 W. Brecht u. W. Müller, Das Wesen des Holzschleifprozesses, Papierfabrikant 36, 198, 257 (1938) Nr 23, 24/25.
 W. Brecht, H. Schröter u. R. Süttinger, Eignungsvergleich einiger deutscher Hölzer für das Weißschliffverfahren, Papierfabrikant 36, 413 (1938) Nr. 40. Eignungsvergleich einiger deutscher Hölzer für das Braunschliffverfahren, Papierfabrikant 36, 418 (1938) Nr. 40. Der Einfluß der Holzfeuchtigkeit auf die Erzeugung von Holzschliff aus weißem Fichtenholz. Holzschliff aus angebautem Kieferholz, Papierfabrikant 36, 421 (1938) Nr. 41. Der Einfluß Schleiftemperatur auf den Harzgehalt des Abwassers beim Verschleifen von weißem Kiefernholz, Papierfabrikant 36, 425 (1938) Nr. 41.
 W. Brecht u. R. Trenchel, Die Eignung der Siebanalyse als Untersuchungsmethode für Holzschliff, Papierfabrikant 36, 426 (1938) Nr. 46.
 W. Brecht u. M. Holl, Schaffung eines Normalverfahrens zur Gütebewertung von Holzschliffen, Papierfabrikant 37, 74 (1939) Nr. 10.
 W. Brecht u. W. Kilpper, Das Weiß das Braunschliffverfahren in ihrer Abhängigkeit von der Schleiftemperatur, Papierfabrikant 38, 22 (1940) Nr. 4.
 W. Brecht, W. Müller, H. Schröter u. R. Süttinger, Der Einfluß der Schleiftemperatur bei der Erzeugung von Hiltstoff, Papierfabrikant 38, 53, 61 (1940) Nr. 9/10, 11.
 W. Brecht, H. Schröter u. R. Süttinger, Der Einfluß des Holzalters auf Verschleifen von Kiefernholz, Papierfabrikant 38, 77 (1940).
 W. Brecht u. H. Schröter, Untersuchungen in Holzschleifereien über das Sortieren und Raffinieren, 3. Mitteilung des Inst. f. Zellstoff- und Papier-Technik, Juni 1941, E. Roether-Verlag, Darmstadt.

W. Brecht u. H. Schröter, Studien an einem Versuchsraffineur über das Verarbeiten von Holzschliffgrobstoff, Wochenbl. f. Papierfabrikat. 93, 397, 414, 428 (1941).

W. Brecht, Neuere Fortschritte auf dem technischen Gebiet der Papierfabrikation, Archiv f. Buchgewerbe u. Gebr. Graphik 1942, 330.

W. Brecht u. R. Süttinger, Über die technologische Bedeutung des Formcharakters von Holzschliffen, Wochenblatt f. Papierfabrik. 74, 321 (1943) Nr. 1, 2.

W. Brecht, Das Keller'sche Holzschleifverfahren als Gegenstand deutscher Forschung, Papierf.—Wbl. f. Papierfabrikat. 81 (1944) Nr. 3.

W. Brecht u. R. Süttinger, Über die Klassifizierung von Holzschliffen, Papierf.—Wbl. f. Papierfabrikat. 96 (1944) Nr. 3.

W. Brecht u. Süttinger, Zur Klassifizierung der Holzschliffe, Wochenbl. f. Papierfabrikat. 76, (1948) Nr. 2.

W. Brecht u. M. Holl, Splittergehaltsbestimmung und Faserfraktionierung in einem Gerät, Das Papier 2, 85, 138 (1948) Nr. 5/6, 7/8.

W. Brecht, G. Jayme u. G. Schuster, Die Holzschliffbleiche mit Peroxyd im Wirkungsvergleich mit den bisher üblichen Verfahren, Das Papier 4, 174 (1950) Nr. 11.

W. Brecht u. W. Kilpper, Technologische Arbeitsbedingungen bei dem Braunschliffverfahren, Das Papier 4, 240 (1950) Nr. 12.

W. Brecht u. K. H. Klemm, Über ein Verfahren zur raschen Gütebeurteilung von Holzschliffen im Schleiferbetrieb, Das Papier 5, 489 (1951) Nr. 23/24.

W. Brecht u. W. Müller, Vergleich zwischen Kegelrefineur und Raffineur in einem Schleifereibetrieb, Das Papier 6, 86 (1951) Nr. 5/6.

W. Brecht u. Cornet, Vergleich des Mahlverhaltens von Holzzellstoff, Braunschliff und Weißschliff, Das Papier 6, 200, 285 (1952) Nr. 11/12, 13/14.

W. Brecht u. K. H. Klemm, Das Strukturgemisch eines Holzschliffes als Schlüssel für die Kenntnis seiner technologischen Eigenschaften, Wochenbl. f. Papierfabrikation 80, 364, 451 (1952) Nr. 11, 12.

W. Brecht u. K. H. Klemm, The Mixture of Structures in a Mechanical Pulp as a Key to the Knowledge of its Technological Properties, Pulp Paper Mag. Can. 54, 72 (1953) Nr. 1.

W. Brecht, Die Herstellung von Weißschliff aus Pappelholz im Schleiferei—Laboratorium, Holz, Roh- u. Werkstoff 11, 293 (1953).

W. Brecht u. G. Schuster, Der Einfluß der Holzfeuchtigkeit auf die Ergebnisse des Schleifprozesses, Das Papier 8, 461 (1954) Nr. 21/22.

W. Brecht, L. Körner u. E. Liebert, Die Genauigkeit bei der mikroskopischen Ermittlung des Holzschliffgehaltes von Zeitungsdruckpapieren, Das Papier 8, 521 (1954) Nr. 23/24.

W. Brecht u. H. Hohenschutz, Untersuchung eines Kleinrefiners in einem Schleifereibetrieb, Das Papier 9, 199 (1955) Nr. 9/10.

W. Brecht u. S. Pulst, Chemische Schliffe aus Nadelhölzern und Laubhölzern, Das Papier 9, 551 (1955) Nr. 23/24.

W. Brecht u. S. Pulst, Das Mahlverhalten chemischer Schliffe im Vergleich mit dem anderer Halbstoffe der Papierfabrikation, Das Papier 10, 12 (1956) Nr. 1/2.

W. Brecht u. G. Schuster, Über die Feuchtung von Fichtenholz, Das Papier 10, 271 (1956) Nr. 13/14.

W. Brecht u. S. Pulst, Die Herstellung von chemischen Schliffen aus Pappelholz, Holz, Roh- u. Werkstoff 14, 234 (1956).

4. Handbuch der Papier- und Pappenfabrikation (Papierlexikon), insbes. die Stichwörter Holzschleifen usw. (dtsh.). Nachdruckausgabe 1955. Dr. Sändig Verlag KG., Wiesbaden.

Упомянутые во введении основные затруднения при производстве древесной массы определяются частично природой органического вещества древесины и конструктивными особенностями дефибрера. Здесь уместно отметить, что к древесине для дефибрирования предъявляются значительно более высокие требования, чем к древесине, предназначенной для производства целлюлозы, и что поэтому древесномассным заводам необходимо поставлять баланс лучшего качества. Для дефибрирования древесина применяется в виде правильных отрезков стволов, при этом большую роль играют объемный вес, свойства волокон, равномерность роста и степень суковатости древесины, что имеет значительно меньшее значение при переработке древесины в щепу. В последнем случае разнородность древесины уменьшается путем смешивания щепы.

Материал в этой главе может быть изложен, если принимать во внимание объем книги, только в виде общего обзора, не касаясь многих специальных подробностей. Для более основательного изучения этих вопросов следует обращаться к соответствующей литературе.

НЕОДНОРОДНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

О микроструктуре и морфологии древесных волокон существуют в настоящее время ясные и доказанные представления. Но практические выводы из этих познаний были в прошлые годы сделаны лишь в области целлюлозного производства [1], хотя именно в древесномассном производстве особенности и свойства вещества древесины играют более важную роль. Недавно Клемм развил практическое представление о процессе дефибрирования [2], в котором учитывается влияние структурных свойств древесины.

В следующем разделе будет кратко изложено наше познание древесины применительно к производству древесной массы.

Химический состав древесины

Основными составными частями древесины называют в настоящее время целлюлозу, лигнин и комплекс сопутствующих веществ, так называемые гемицеллюлозы. В состав древесины входят также смолы, скипидары, жиры, азотосодержащие вещества, как танины и красящие вещества. Их объединяют обычно под названием «растворимых в органических растворителях». Наряду с этим древесина содержит еще известное количество неорганических состав-

ных веществ, которые остаются в виде золы при сжигании древесины [3, 4, 5]. Количество составных частей древесины возрастает в связи с развитием химико-аналитических исследований. Составные части связаны между собой валентностью, поэтому выделение их в свободном состоянии, в химическом смысле, не всегда возможно.

Научные работы различных исследователей показывают, что химический состав древесины зависит не только от породы древесины и климатических условий в местах ее произрастания, но и имеет значительную разницу внутри одного и того же ствола. Собранные в табл. 1 данные о важнейших видах баланса для производства древесной массы являются только средними.

Таблица 1

Характерные данные важнейших видов баланса

	Ель	Сосна	Тополь	Береза
Растворимость в горячей воде, % .	2,6	3,0	2,9	2,0
» » спирте и бензоле, %	2,0	4,0	2,8	1,4
Гемицеллюлозы, %	19,2	16,8	21,8	26,9
α -целлюлоза, %	47,0	49,2	52,1	51,3
Лигнин, %	29,2	27,0	20,4	19,4
Сухой вес, г/см ³	0,415	0,480	0,380	0,560
Средняя длина волокон, μ	3200	3400	1450	1850
Средний диаметр волокон, μ	28—36	30—40	12—28	15—32
Выход, кг абс. сух./скл. м ³ :				
белая древесная масса	290	305	250	—
бурая и химическая древесная масса	265	280	230	345

Эти данные приведены только для общего ознакомления. Их величина значительно изменяется в зависимости от вида древесины и условий ее роста (см. табл. 3).

Древесина хвойных пород имеет в среднем более высокое содержание лигнина и меньшее содержание гемицеллюлоз, чем древесина лиственных пород. Не подлежит никакому сомнению, что содержание целлюлозы и лигнина непостоянно и колеблется в зависимости от климата и почвы. Солнечный свет и тепло способствуют повышенному образованию лигнина. Содержание лигнина уменьшается с повышением места произрастания древесины над уровнем моря. Тренделенбург [6] определил, например, содержание лигнина в 29,8% в еловой древесине, произраставшей на высоте 460 м над уровнем моря, и 26% — при высоте 1450 м над уровнем моря. Относительное изменение химического состава древесины в зависимости от возраста нашли Швальбе и Беккер; они установили, что содержание гемицеллюлоз с увеличением возраста уменьшается, в то время как содержание целлюлозы и лигнина возрастает. Заболонная часть древесины имеет более высокое содержание целлюлозы и лигнина, чем сердцевина. В отдельных частях дерева,

стволе и ветвях, в сжатой и вытянутой частях дерева химический состав также оказывается различным. Красная и зажатая древесина сосны в среднем содержит от 30 до 35% лигнина, в то время как растянутая древесина с наружной стороны стволов содержит только 27—28% лигнина. Сучья в древесине отличаются высоким сжатием и содержат вследствие этого больше гемицеллюлозы, лигнина и смолы, чем древесина ствола.

Хеглунд и его сотрудники исследовали содержание гемицеллюлоз на различной высоте ствола ели и сосны и нашли, что оно возрастает по направлению к вершине.

В древесине одного сечения ствола различаются сердцевина и заболонь, ранняя древесина и поздняя¹; так же как и отдельные волокна они имеют ясно выраженное различие в химическом составе [7]. В общем можно сказать, что поздняя древесина содержит больше целлюлозы и меньше лигнина, чем ранняя древесина, в то время как содержание гемицеллюлозы и смолы соответственно ниже. Здесь же следует отметить, что особенно богатые целлюлозой вторичные стенки сосудов ранней древесины не имеют уплотнений, а в поздней древесине уплотнение ярко выражено. Лучевые клетки содержат особенно много лигнина, что приводит к сильному одревеснению и утолщению первичных стенок. Вторичные стенки в лучевых клетках почти отсутствуют. Байлей дает для различных волокон дугласовой ели следующее содержание лигнина в %:

средние стенки	71,4
лучевые клетки	41,1
трахеиды ранней древесины	35,2
» поздней »	31,6

Если химический состав древесины имеет значение при дефибрировании, то он должен оказывать влияние на качество вырабатываемой древесной массы. Но по этому вопросу еще не ведется никаких исследований.

Микроструктура древесного волокна

Отдельное древесное волокно состоит из стенок и полости. В зависимости от породы древесины общая длина волокна может достигать 4 мм; отношение между длиной и толщиной волокон составляет в среднем 60 : 1. Клеточные стенки вокруг полости состоят из нескольких слоев (пластинок), которые в свою очередь состоят из фибрилл. Отдельные элементарные частицы соединены между собой частью химически, частью склеены находящейся между ними наполняющей субстанцией.

Поперечный разрез волокна (рис. 2) показывает, что пластинки имеют в своем строении до восьми рядов фибрилл. Пластинки извиваются лентами вокруг полости волокна. Различные исследователи

¹ Применяемые здесь понятия объясняются в дальнейших разделах этой книги.

считают, что ленты пластинок по отношению к самим себе, а иногда и по отношению к оси волокна имеют различную ориентировку. Как будто их расположение регулируется законом, по которому ориентировка фибрилл в общем параллельна растягивающим силам и перпендикулярна сжимающим силам.

Как показано, полость в волокнах ограничена тоненькой кожей, которая обозначена как третичная пластинка. Пластинка состоит не из лигнина, не из целлюлозы, а из особой субстанции, которая до сего времени не проанализирована. Следующий за третичной пластинкой вторичный слой содержит кристаллит целлюлозы в форме фибрилл. Между фибриллами по направлению к периферии волокна располагаются полиозы, гемицеллюлозы и лигнинсодержащие субстанции. Вторичные слои являются носителями высокой прочности волокна на разрыв. Этот слой переходит в первичную пластинку, которая состоит преимущественно из гемицеллюлоз и лигнина. Содержание лигнина возрастает в направлении к периферии волокна таким образом, что первичная пластинка без ясных границ переходит в так называемую промежуточную пластинку. Эта пластинка, располагаясь между волокнами, связывает и склеивает их между собой и состоит из субстанции, в состав которой преимущественно входит лигнин.

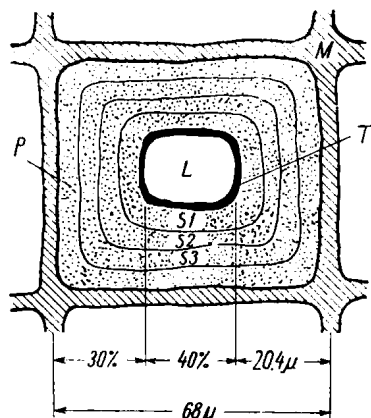


Рис. 2. Поперечный разрез древесного волокна:

L — полость; *T* — третичная пластинка; *S* — вторичная пластинка (*S1* — внутренняя; *S2* — срединная; *S3* — наружная вторичная пластинка); *P* — первичная пластинка; *M* — промежуточная пластинка

Биологическое строение древесины

При характеристике строения собственно вещества древесины должны быть использованы биологические понятия и воззрения. В основном древесина имеет устойчивую органическую структуру, элементы которой состоят из полых кристаллических клеток, соединяющихся и склеивающихся аморфным веществом своих промежуточных стенок. Отдельные клетки (волокна) далеко не однородны по природе, напротив, в зависимости от породы древесины существуют характерные типы волокна [10, 11].

Древесина хвойных пород состоит по существу из трахейд, паренхимных и лучевых клеток (рис. 3). Трахеиды составляют главную часть древесины, обеспечивают стволу древесины его прочность и осуществляют транспортировку соков вдоль древесного ствола. Радиально расположенные лучевые клетки дают возможность питательным сокам распределяться по всему сечению ствола.

Отдельные виды волокон соединяются между собой посредством вентиляционных пор, которые общую высоту ствола разделяют на бесконечно большое количество малых отрезков по высоте.

Этот механизм гарантирует транспортировку питательных веществ от корня до наиболее удаленных частей дерева.

В поздней древесине, которая соответственно потребляет меньше питательных веществ, в период роста значительно меньше пор по сравнению с ранней древесиной.

В противоположность древесине хвойных пород физиологические функции волокон в лиственной древесине разделяются. Либриформные и склеренхимные клетки имеют назначение обеспечивать прочность ствола, а транспор-

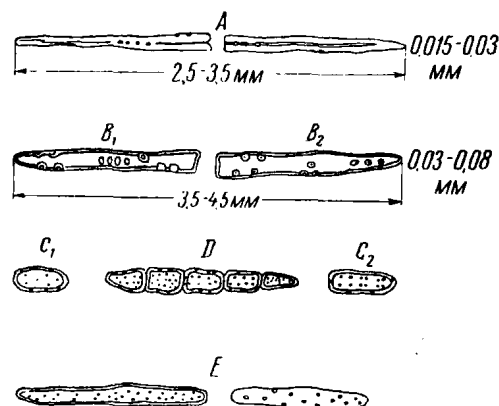


Рис. 3. Характерные типы волокон хвойной древесины:

A — трахеида поздней древесины; B — трахеида ранней древесины (B₁ — сосна, B₂ — пихта); C — паренхимные клетки (C₁ — пихта; C₂ — ель); D — лучевая клетка; E — клетка паренхимы

ровка питательных веществ происходит при помощи так называемых сосудов (рис. 4). В лиственной древесине паренхимные и

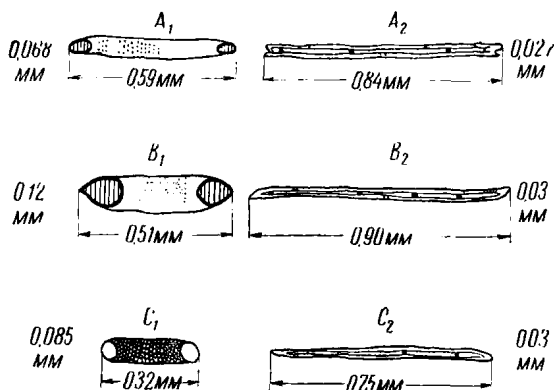


Рис. 4. Характерные типы волокон лиственной древесины:

A₁ — сосудистая и A₂ — склеренхимная клетка березы; B₁ — сосудистая и B₂ — склеренхимная клетка тополя; C₁ — сосудистая и C₂ — склеренхимная клетка клена

лучевые клетки обеспечивают также распределение соков по всему сечению ствола.

Табл. 2 содержит перечень отдельных видов волокон древесины хвойных и лиственных пород и пределы их размеров. Однако со-

**Предельные размеры типов волокон древесины
(по Кольману)**

	Трахеиды		Сосудистые клетки	Толсто- стен- ные клетки	Парен- химные клетки	Лучевые клетки
	ранняя древесина	поздняя древесина				

Части древесины в объемных %

Хвойная древесина:					
минимально	87	—	—	1	4
нормально	91	—	—	1,5	6
максимально	95	—	—	2	10
Лиственная древесина:					
минимально	—	5	26	3	6
нормально	—	20	49	13	18
максимально	—	58	78	21	28

Предельные размеры в м

Диаметр волокон:					
радиальный	10—60	3—10	10—300		
тангенциальный . .	10—50	10—40	12—400	1,2—8,5	5—50
Толщина стенок	2,0—6,0	1,6—3,0	3,0—6,5	2,0—4,5	2,0—4,5
Общая длина	700—11000	—	200—6000	20—100	20—100

отношение количества отдельных видов волокон и их размеры колеблются.

В дальнейшем это будет показано более подробно в отношении древесины хвойных пород. Образующиеся летом и осенью волокна отличаются от тех, которые образуются весной, даже внутри годового кольца они имеют большую разницу. Вследствие большой потребности в питательных веществах весной образующиеся в это время волокна имеют широкие полости и тонкие стенки, а стенки волокон, образующихся летом или осенью, всегда толще. Ниже приведены размеры волокон еловой древесины.

	Длина, м	Диаметр, м	Толщина стенок, м
Ранняя древесина	3500—4500	30—80	2—3
Поздняя » 	2500—3500	15—30	5—8

Вследствие разницы волокон на поперечном сечении древесного ствола менее плотное и светлое вещество (ранняя древесина) переходит в более плотное и темное (поздняя древесина). Граница между ранней и поздней древесиной выглядит очень резко, и на этом основано явление «годовых колец» (рис. 5).

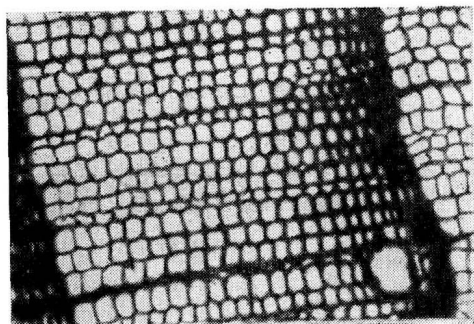


Рис. 5. Поперечный торцовый разрез годового кольца еловой древесины

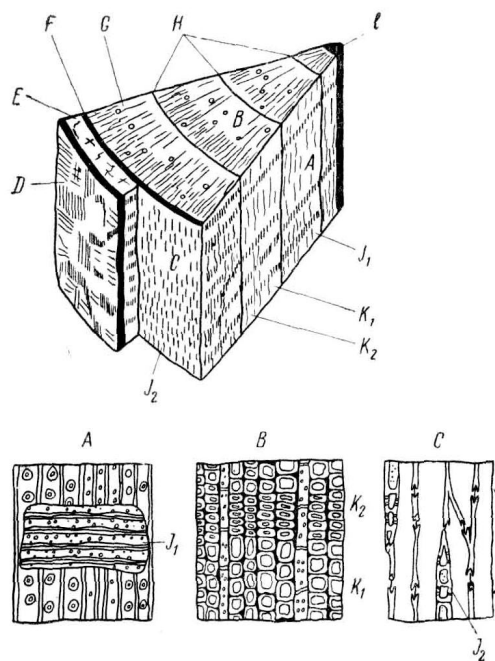


Рис. 6. Биологическое строение хвойной древесины:

A — радиальный разрез; B — торцовый разрез; C — тангенциальный разрез; D — кора; E — луб; F — камбий; G — смоляной канал; H — годовые кольца; I — луч; J₁ — луч радиальный, J₂ — луч тангенциальный; K₁ — ранняя древесина; K₂ — поздняя древесина