МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСТИТЕТ»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе № 1
по дисциплине
«Строительные материалы на основе древесины»

Ростов-на-Дону
2023

УДК 694.1

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Строительные материалы на основе древесины» для бакалавров по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» и 27.03.01 «Стандартизация и метрология». – Ростов н/Д: Донс. гос. техн. ун-т, 2023. – 13с.

Методические указания знакомят обучающихся с физическими, механическими и физико-химическими свойствами древесины.

Электронная версия методических указаний находится в библиотеке, ауд. 1224.

УДК 694.1

Составители: канд. техн. наук, доц. Х.С. Явруян
канд. техн. наук, доц. Е.О. Лотошникова

Редактор
Темплан 2023 г., поз._____
Подписано в печать Формат 60x84/16. Бумага писчая. Ризограф.
Уч.-изд.л. Тираж экз. Заказ_____
Редакционно-издательский центр
Донского государственного технического университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

© Доской государственный
технический университет, 2023

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
«ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ»

Цель работы: изучить и проанализировать основные свойства древесины.

1. Физические свойства древесины

К физическим свойствам древесины относятся цвет, блеск, запах и текстура.

Цвет древесины обусловлен климатом, составом почвы, возрастом дерева, его породой и т. д. Цвет древесине придают находящиеся в ней дубильные, красящие, смолистые вещества и окислы этих веществ.

Блеск древесины — это способность отражать световой поток с поверхности в определенном направлении. Блеск зависит от плотности древесины, количества, размеров и расположения сердцевинных лучей. Светлая и более плотная древесина обладает большим блеском, что придает текстуре древесины особую красоту.

Запах древесины зависит от количества эфирных масел, смол и дубильных веществ. Древесина только что срубленного дерева или сразу после ее механической обработки обладает сильным запахом, у хвойных пород более сильный запах, чем у древесины лиственных пород.

Текстура древесины — это естественный рисунок древесных волокон на обработанной поверхности, обусловленный особенностями ее строения (рис. 1). Текстура зависит от расположения древесных волокон на разрезе ствола, видимости годовых слоев, цветовой гаммы древесины, количества и размеров сердцевинных лучей. Декоративные породы: орех, красное дерево, дуб обладают красивыми текстурой и цветом, а также блеском.

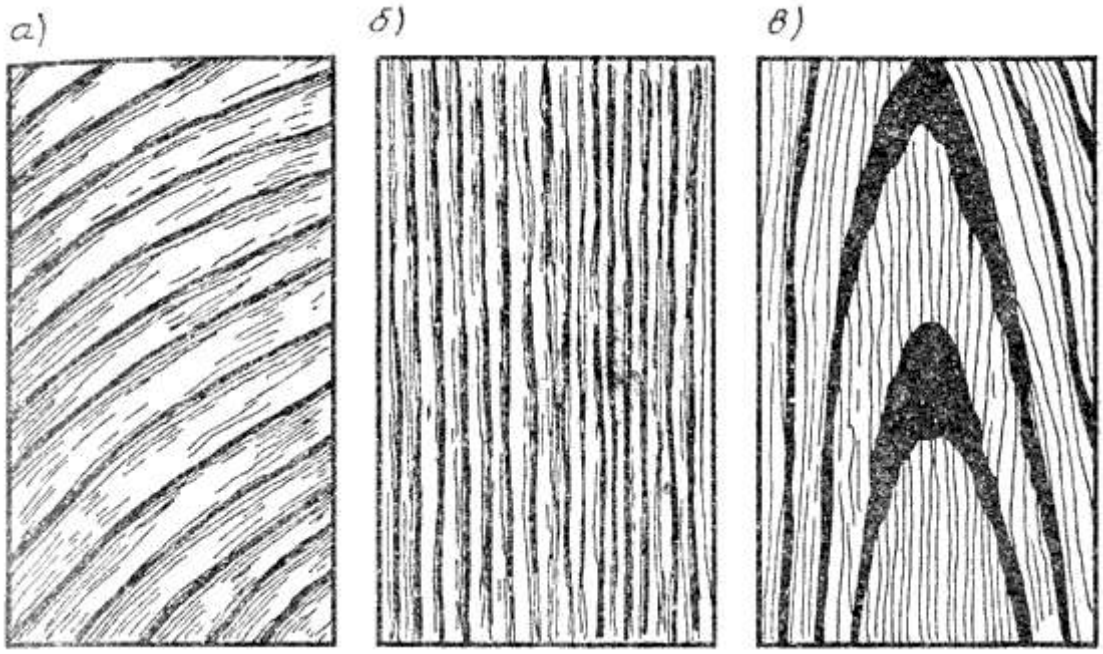

Рис. 1 Текстура древесины сосны на трех разрезах:

а — на поперечном; б — радиальном; в — тангенциальном

Красивую текстуру имеет свилеватая древесина карельской березы. Красивую текстуру получают из дубовых кряжей, распиливая их в радиальном или тангенциальном направлении для получения ножевой фанеры или текстурной дощечки. У бука, клена, дуба выразительная текстура при радиальном разрезе, у хвойных пород — при тангенциальном разрезе.

По цвету, блеску и текстуре определяют породу древесины. Плотность древесины — это отношение её массы к объему, измеряемой в г/см3 или кг/м3. Плотность зависит от влажности, породы, возраста и условий роста древесины. Различают относительную и абсолютную плотность древесины, определяемую в лабораторных условиях.

2. Механические свойства древесины

К механическим свойствам древесины относятся: прочность, твёрдость, жёсткость, ударная вязкость и другие.

а) Прочность — способность древесины сопротивляться разрушению от механических усилий, характеризующихся пределом прочности.

Прочность древесины зависит от направления действия нагрузки, породы дерева, плотности, влажности, наличия пороков.

Существенное влияние на прочность древесины оказывает только связанная влага, содержащаяся в клеточных оболочках. При увеличении количества связанной влаги прочность древесины уменьшается (особенно при влажности 20-25%). Дальнейшее повышение влажности за предел гигроскопичности (30%) не оказывает влияния на показатели прочности древесины. Показатели пределов прочности можно сравнивать только при одинаковой влажности древесины. Кроме влажности на показатели механических свойств древесины оказывает влияние и продолжительность действия нагрузок.

Вертикальные статические нагрузки — это постоянные или медленно возрастающие. Динамические нагрузки, наоборот, действуют кратковременно. Нагрузку, разрушающую структуру древесины, называют разрушительной. Прочность, граничащую с разрушением, называют пределом прочности древесины, её определяют и измеряют образцами древесины. Прочность древесины измеряют в Па/см2 (кгс на 1 см2) поперечного сечения образца в месте разрушения, (Па/см2 (кг с/см2).

Сопротивление древесины определяют как вдоль волокон, так и в радиальном и тангенциальном направлении. Различают основные виды действий сил: растяжение, сжатие, изгиб, скалывание. Прочность зависит от направления действия сил, породы дерева, плотности древесины, влажности и наличия пороков. Механические свойства древесины приведены в таблицах.

Чаще всего древесина работает на сжатие, например, стойки и опоры. Сжатие вдоль волокон действует в радиальном и тангенциальном направлении (рис. 2).

Предел прочности на растяжение. Средняя величина предела прочности при растяжении вдоль волокон для всех пород составляет 1300 кгс/см^2. На прочность при растяжении вдоль волокон оказывает большое влияние

строение древесины. Даже небольшое отклонение от правильного расположения волокон вызывает снижение прочности.

Прочность древесины при растяжении поперёк волокон очень мала и в среднем составляет 1/20 часть от предела прочности при растяжении вдоль волокон, то есть 65 кгс/см^2. Поэтому древесина почти не применяется в деталях, работающих на растяжение поперёк волокон. Прочность древесины на растяжение поперёк волокон имеет значение при разработке режимов резания и режимов сушки древесины.

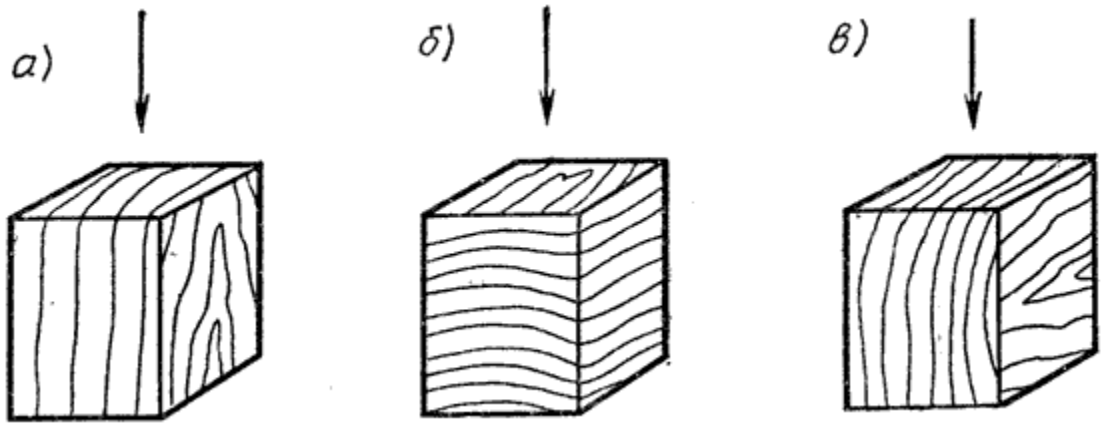

Рис. 2. Испытание механических свойств древесины на сжатие:
а — вдоль волокон; б — поперек волокон — радиально;
в — поперек волокон — тангенциально.

<u>Предел прочности при сжатии.</u> Различают сжатие вдоль и поперёк волокон. При сжатии вдоль волокон деформация выражается в небольшом укорочении образца. Разрушение при сжатии начинается с продольного изгиба отдельных волокон, которое во влажных образцах из мягких и вязких пород проявляется как смятие торцов и выпучивание боков, а в сухих образцах и в твёрдой древесине вызывает сдвиг одной части образца относительно другой.

<u>Средняя величина предела прочности</u> при сжатии вдоль волокон для всех пород составляет 500 кгс/см^2.

Прочность древесины при сжатии поперёк волокон ниже, чем вдоль волокон примерно в 8 раз. При сжатии поперёк волокон не всегда можно точно установить момент разрушения древесины и определить величину разрушающего груза.

Древесину испытывают на сжатие поперёк волокон в радиальном и тангенциальном направлениях. У лиственных пород с широкими сердцевинными лучами (дуб, бук, граб) прочность при радиальном сжатии выше в полтора раза, чем при тангенциальном; у хвойных — наоборот, прочность выше при тангенциальном сжатии.

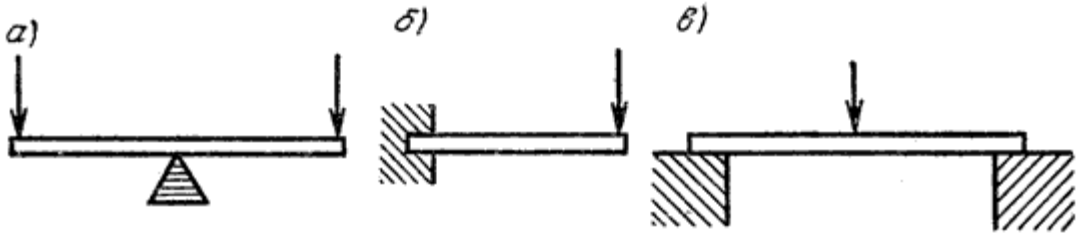

Рис. 3. Испытание механических свойств древесины на изгиб.

Предел прочности при статическом изгибе. При изгибе, особенно при сосредоточенных нагрузках, верхние слои древесины испытывают напряжение сжатия, а нижние — растяжения вдоль волокон. Примерно посередине высоты элемента проходит плоскость, в которой нет ни напряжения сжатия, ни напряжения растяжения. Эту плоскость называют нейтральной; в ней возникают максимальные касательные напряжения. Предел прочности при сжатии меньше, чем при растяжении, поэтому разрушение начинается в сжатой зоне. Видимое разрушение начинается в растянутой зоне и выражается в разрыве крайних волокон. Предел прочности древесины зависит от породы и влажности. В среднем для всех пород прочность при изгибе составляет 1000 кгс/см^2, то есть в 2 раза больше предела прочности при сжатии вдоль волокон.

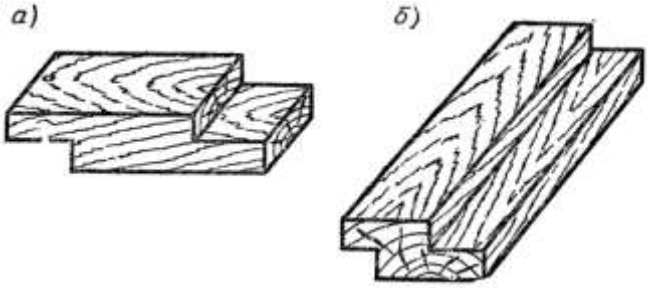

Рис. 4. Сдвиг древесины:

а — вдоль волокон; б — перпендикулярно волокнам.

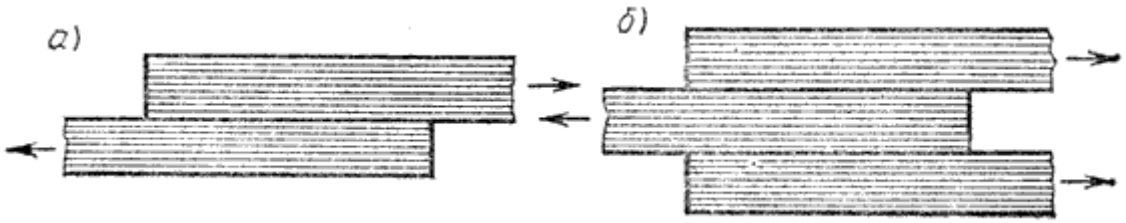

Рис. 5. Сдвиг деталей: а — обыкновенный; б — двойной.

Прочность древесины при сдвиге. Внешние силы, вызывающие перемещение одной части детали по отношению к другой, называют сдвигом. Различают три случая сдвига: скалывание вдоль волокон, поперёк волокон и перерезание.

Прочность при скалывании вдоль волокон составляет 1/5 часть от прочности при сжатии вдоль волокон. У лиственных пород, имеющих широкие сердцевинные лучи (бук, дуб, граб), прочность на скалывание по тангенциальной плоскости на 10-30% выше, чем по радиальной.

Предел прочности при скалывании поперёк волокон примерно в два раза меньше предела прочности при скалывании вдоль волокон. Прочность древесины при перерезании поперёк волокон в четыре раза выше прочности при скалывании.

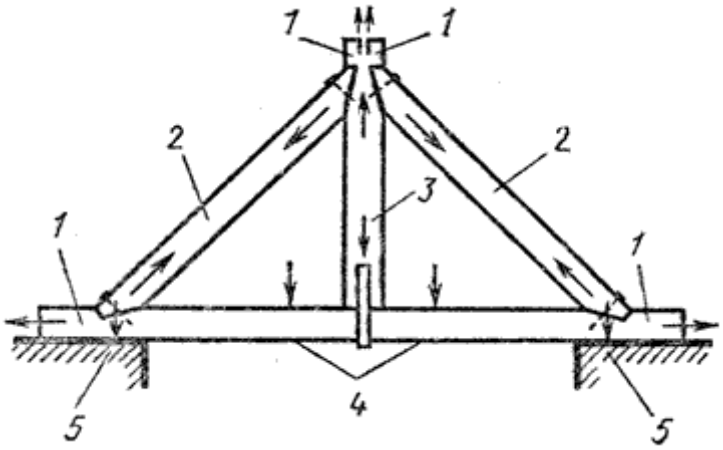

Рис. 6. Направление сил в деревянной конструкции, находящейся под нагрузкой: 1 — сдвиг на скалывание; 2 — сжатие; 3 — растяжение; 4 — изгиб; 5 — сжатие.

б) Твёрдость древесины- это свойство древесины сопротивляться внедрению тела определённой формы. Твёрдость торцовой поверхности

выше твёрдости боковой поверхности (тангенциальной и радиальной) на 30% у лиственных пород и на 40% у хвойных. По степени твёрдости все древесные породы можно разделить на три группы: 1) мягкие — торцовая твёрдость 40 МПа и менее (сосна, ель, кедр, пихта, можжевельник, тополь, липа, осина, ольха, каштан); 2) твёрдые — торцовая твёрдость 40,1-80 МПа (лиственница, сибирская берёза, бук, дуб, вяз, ильм, карагач, платан, рябина, клён, лещина, орех грецкий, хурма, яблоня, ясень); 3) очень твёрдые — торцовая твёрдость более 80 МПа (акация белая, берёза железная, граб, кизил, самшит, фисташки, тис).

Твёрдость древесины имеет существенное значение при обработке её режущими инструментами: фрезеровании, пилении, лущении, а также в тех случаях, когда она подвергается истиранию при устройстве полов, лестниц перил.

в) Ударная вязкость характеризует способность древесины поглощать работу при ударе без разрушения и определяется при испытаниях на изгиб. Ударная вязкость у древесины лиственных пород в среднем в 2 раза больше, чем у древесины хвойных пород. Ударную твёрдость определяют, сбрасывая стальной шарик диаметром 25 мм с высоты 0,5 м на поверхность образца, величина которого тем больше, чем меньше твёрдость древесины.

г) Износостойкость — способность древесины сопротивляться износу, т.е. постепенному разрушению её поверхностных зон при трении. Испытания на износостойкость древесины показали, что износ с боковых поверхностей значительно больше, чем с поверхности торцевого разреза. С повышением плотности и твёрдости древесины износ уменьшился. У влажной древесины износ больше, чем у сухой.

д) Способность древесины удерживать металлические крепления: гвозди, шурупы, скобы, костыли и др. — важное её свойство. При забивании гвоздя в древесину возникают упругие деформации, которые обеспечивают достаточную силу трения, препятствующую выдёргиванию гвоздя. Усилие, необходимое для выдёргивания гвоздя, забитого в торец образца, меньше

усилия, прилагаемого к гвоздю, забитому поперёк волокон. С повышением плотности сопротивление древесины выдергиванию гвоздя или шурупа увеличивается. Усилия, необходимые для выдёргивания шурупов (при прочих равных условиях), больше, чем для выдёргивания гвоздей, так как в этом случае к трению присоединяется сопротивление волокон перерезанию и разрыву.

е) Способность древесины изгибаться позволяет гнуть её. Способность гнуться выше у кольцесосудистых пород — дуба, ясеня и др., а из рассеянно-сосудистых — бука; хвойные породы обладают меньшей способностью к загибу. Гнутью подвергают древесину, находящуюся в нагретом и влажном состоянии. Это увеличивает податливость древесины и позволяет вследствие образования замороженных деформаций при последующем охлаждении и сушке под нагрузкой зафиксировать новую форму детали.

Раскалывание древесины имеет практическое значение, так как некоторые сортименты её заготовляют раскалыванием (клёпка, обод, спицы, драń). Сопротивление раскалыванию по радиальной плоскости у древесины лиственных пород меньше, чем по тангенциальной. Это объясняется влиянием сердцевинных лучей (у дуба, бука, граба). У хвойных, наоборот, раскалывание, по тангенциальной плоскости меньше, чем по радиальной.

ж) Деформативность. При кратковременных нагрузках в древесине возникают преимущественно упругие деформации, которые после нагрузки исчезают. До определённого предела зависимость между напряжениями и деформациями близка к линейной (закон Гука). Основным показателем деформативности служит коэффициент пропорциональности — модуль упругости.

<u>Модуль упругости вдоль волокон</u> E = 12-16 ГПа, что в 20 раз больше, чем поперёк волокон. Чем больше модуль упругости, тем более жёсткая древесина.

С увеличением содержания связанной воды и температуры древесины, жёсткость её снижается. В нагруженной древесине при высыхании или

охлаждении часть упругих деформаций преобразуется в «замороженные» остаточные деформации. Они исчезают при нагревании или увлажнении.

Поскольку древесина состоит в основном из полимеров с длинными гибкими цепными молекулами, её деформативность зависит от продолжительности воздействия нагрузок. Механические свойства древесины, как и других полимеров, изучаются на базе общей науки реологии. Эта наука рассматривает общие законы деформирования материалов под воздействием нагрузки с учётом фактора времени.

3. Физико-химические свойства древесины

Элементный химический состав абсолютно сухой древесины всех пород практически одинаков: углерод 49-50%, кислород 42-44%, водород 6-7%, азот 0,1-0,7%, неорганическая часть 0,1-2% (зола, состоящая из окислов калия, кальция, натрия, магния, кремния и т. п.). В абсолютно сухой древесине содержится 39-58% целлюлозы, 17-34% лигнина, 15-38% гемицеллюлозы и до нескольких процентов восков, смол, таннинов, жиров, эфирных масел. Плотность древесного вещества (материала абсолютно сухих клеточных стенок) не зависит от породы и равна 1530 кг/м³. В то же время плотность абсолютно сухой древесины из-за наличия внутриклеточных пустот колеблется для разных пород в широких пределах от 100 кг/м³ (бальса) до 1300 кг/м³ (гваякум). Теплота сгорания абсолютно сухой древесины всех пород одинакова и составляет 4500 ккал/кг = 18800 кДж/кг = 5,2 кВт•час/кг. Это значение соответствует присутствию воды в продуктах сгорания в виде водяных паров. Именно это значение используется во всех энергетических расчётах печей, поскольку водяные пары в топливнике и дымоходах никогда не конденсируются. Если же водяные пары в дымовых газах всё же сконденсировать, то теплота сгорания повысится до 4700-4900 ккал/кг, то есть на 4-8%. Всё это относится к абсолютно сухой древесине. В реальности древесина всегда влажная, и даже абсолютно высушенная древесина увлажняется в реальном воздухе. В промышленности влажность

древесины может определяться по-разному. Относительная влажность древесины W определяется как процентное отношение массы воды в древесине (влаги) к массе абсолютно сухой древесины. Такое определение принято в деревообрабатывающей индустрии. Но можно ввести понятие относительной влажности древесины и как процентного отношения массы воды в древесине (влаги) к массе реальной влажной древесины. Это определение используется при категорировании древесины как топлива в энергетике, причём древесину в методике измерения сушат при температуре 103±2°С до постоянного веса (до абсолютно сухого состояния). Пересчёт влажностей ведут по таблице:

W, %	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	80
w, %	0	5,3	11,1	17,7	25	33,3	42,9	66,7	100	150	300	400

При малых значениях W и w близки между собой. Как и ранее, в дальнейшем будем использовать понятие влажности w (понимая под этим относительную влажность w).

Для характеристики степени влажности древесины применяют следующие условные термины:

— мокрая древесина с влажностью более 100%, а при непосредственном контакте с водой до 260% (топляк),

— сырая древесина с влажностью более 30%, в том числе свежесрубленная (влажная) с влажностью 50-100%,

— воздушно-сухая (атмосферно-сухая, товарная) древесина с влажностью 15-30%, в том числе высушенная на атмосферном воздухе под навесом в течение года и не увлажнённая осадками 15-20%; значение влажности 22% считается пределом биостойкости,

— комнатно-сухая (строительно-сухая) древесина с влажностью 8-15%, длительно находящаяся в отапливаемом помещении, в том числе в виде изделий и мебели,

— древесина мебельно-сухая (камерной сушки) с влажностью менее 4-8%, специально сушёная в сушильных камерах при температуре 70-100°С, в том числе в банях,

— абсолютно-сухая древесина с влажностью менее 4%, практически полностью лишённая влаги в результате длительной сушки в сухом воздухе при температуре выше 100°С.

Ввиду гигроскопичности даже абсолютно-сухая древесина (особенно в измельчённом состоянии) увлажняется в реальном воздухе до вполне определённой влажности, называемой гигроскопически-равновесной. В зависимости от строения древесина высушивается неравномерно: сначала относительно быстро испаряется свободная влага (летом за 1-3 месяца) с получением воздушно-сухой древесины, которая и используется в качестве дров. Затем уже более медленно испаряется связанная влага .