

В. Е. Москалева

Изменение анатомического строения древесины в связи с усушкой

Как общее правило, тангентальная усушка древесины значительно превосходит радиальную и эта неравномерность усушки древесины по разным направлениям является причиной ее растрескивания при высушивании. Объяснение этого явления имеет большое практическое значение, так как, для того, чтобы устранить растрескивание и добиться правильных режимов сушки, нужно понимать сущность изменений, происходящих при этом в древесине.

Вопрос этот вызвал целый ряд самых разнообразных толкований. Большинство исследователей искали разницу в усушке в субмикроскопическом строении древесины. Колльман (Фрей-Вислингу [5]) вычислял отношение между продольной и тангентальной усушками математически, связывая его с углом наклона фибрилл в клеточной оболочке. По вычислениям Колльмана при угле наклона фибрилл 45 градусов обе усушки имеют одинаковую величину. Однако последующие измерения угла наклона фибрилл в поляризованном свете и другими методами говорят о том, что угол наклона фибрилл в трахеидах хвойных колеблется между 35 и 50. Между тем нет ли одной породы древесины, у которой продольная и поперечная усушка были бы одинаковы. Следовательно, математические вычисления Колльмана не имеют экспериментального подтверждения. Фрей-Вислинг [5] объяснял разницу поперечной усушки в тангентальном и радиальном направлении у хвойных различным углом наклона фибрилл в тангентальной и радиальной клеточной стенке трахеиды, вернее в ее вторичном слое. Однако, спустя некоторое время, он сам отказался от этого утверждения, объясняя анизотропную усушку разницей в количестве клеточных стенок в тангентальном и радиальном направлении. В дальнейших своих наблюдениях главную роль в набухании древесины Фрей-Вислинг приписывает срединной пластинке. Эти положения экспериментально не доказаны и потому кажутся нам не убедительными.

Значительный интерес представляют исследования В. Е. Вихрова [2], сделанные им при изучении анатомического строения древесины лиственницы. В. Е. Вихров объясняет различие между тангентальной и радиальной усушкой у данной породы большим процентом оболочек в тангентальном направлении. Он утверждает, что неравномерное распределение оболочек на поперечном сечении ранней дре-

весины приводит к большой разнице, достигающей 80% между ее тангентальной и радиальной усушками.

Некоторые исследователи приписывали разницу усушек в тангентальном и радиальном направлении сдерживающему влиянию сердцевинных лучей. Л. М. Перелыгин в своей работе [3] доказывает несостоятельность этого объяснения, указывая, что сердцевинные лучи не только не противодействуют радиальной усушке древесины в целом, но должны стягивать древесину в радиальном направлении, так как они усыхают больше, чем остальная масса древесины.

По мнению Л. М. Перелыгина, различие между радиальной и тангентальной усушками складывается под действием двух факторов: во-первых, сильной усушки сердцевинных лучей по ширине и, во-вторых, большей тангентальной усушки поздней древесины. Эти положения проверены экспериментально и не вызывают сомнений.

С. И. Ванин [1] обращает внимание на то, что отдельные элементы древесины ведут себя различным образом при усушке, причем интересным является факт, что диаметры сосудов и паренхимных клеток уменьшаются в тангентальном направлении и слегка увеличиваются в радиальном. Серцевинные лучи сильнее усыхают по ширине, чем в продольном направлении.

По наблюдениям Клэрка [4], картина изменений отдельных элементов при усушке, наблюдаемая на тонких срезах, такая же, как и на брусках, только величины усушки на срезах несколько больше. Это происходит потому, что, во-первых, тонкие срезы сохнут более равномерно, чем бруски, и фиксируются в абсолютно сухом состоянии, что не выполнимо для брусков и, во-вторых, на срезах древесины освобождена от тех внутренних напряжений, которые имеются в целом куске.

Ознакомление с литературой о связи между усушкой и особенностями анатомического строения древесины показало, что в этом направлении в наших знаниях имеются еще существенные пробелы, восполнение которых необходимо для внесения ясности в этот вопрос. С этой целью нами был проведен целый ряд наблюдений и измерений под микроскопом. В первую очередь, мы пытались установить различия в поведении элементов древесины, высушиваемой в виде срезов или в виде брусков. Для этого нами была выбрана древесина дуба, легко доступная к наблюдению в отраженном свете из-за значительной величины крупных сосудов ранней древесины. Работа производилась по следующей методике: на кубиках дуба (разм. $2 \times 2 \times 2$ см) замечались сосуды и зарисовывались в отраженном свете, при помощи эпилампы. Предварительно с этих же кубиков были получены поперечные срезы и при помощи рисовального аппарата были зарисованы контуры тех же сосудов. Влажность срезов и кубиков была выше точки насыщения волокон. Затем срезы и кубики высушивались до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 100° . После сушки зарисовывались контуры

тех же самых сосудов как на срезах в проходящем свете, так и на кубиках — в отраженном. В результате этих зарисовок было установлено, что как в первом, так и во втором случае полости сосудов слегка сжимались в тангентальном и вытягивались в радиальном направлении.

Для того, чтобы убедиться, не зависит ли поведение отдельных элементов от расположения их в общей системе, были исследованы отдельно изменения конфигурации сосудов, расположенных в середине кубика и изменения конфигурации сосудов, находящихся с краю кубика; и в том и в другом случае поведение сосудов было одинаково. В дальнейшем работа проводилась на срезах, так как экспериментировать со срезами удобнее.

Дальнейшие наши наблюдения проводились с древесиной сосны. Для проверки поведения сердцевинных лучей при усушке было проведено 10 зарисовок сердцевинных лучей как с поперечных, так и с тангентальных срезов сосны. Затем срезы высушивались при температуре 100° в течение 2-х часов и производились зарисовки тех же самых лучей.

В результате исследования было обнаружено:

- 1) в ширину (тангентальное направление древесины) луч усыхает на 15% ,
- 2) в радиальном направлении древесины луч усыхает на 7% ,
- 3) в вертикальном направлении (по оси ствола дерева) луч остается без изменения.

Для исследования поведения поздних и ранних трахейд сосны, работа проводилась по следующей методике: при помощи окулярного микрометра были проведены замеры стенок клеток и диаметров полостей поздних и ранних трахейд на поперечных срезах в состоянии выше точки насыщения волокон и в абсолютно сухом состоянии. Практически это проводилось следующим образом: на поперечных срезах, помещенных в воду, производились замеры стенок клеток и диаметров полостей. Затем срез на предметном стекле, покрытый покровным стеклышком, помещался в сушильный шкаф с температурой 100° , через 2 часа вынимался и производились снова замеры тех же самых клеток в сухом состоянии. Диаметры полостей брались наибольшие, стенки замерялись по середине на поперечных срезах. Полученные цифры не могут служить показателями толщины всей стенки при разнообразной форме трахейд, они условны и имеют только сравнительный характер. Результаты измерений толщины стенок и диаметров полостей поздних трахейд, как среднее из 100 измерений, приведены в таблице 1. Величины даны в делениях окулярного микрометра (1 деление окулярного микрометра = $2,6 \mu$).

Усушка в процентах по тангентальному (Y_t) и радиальному (Y_r) направлениям вычислялась по следующим формулам:

$$Y_t = \frac{a - a_1}{a_1} \cdot 100; Y_r = \frac{b - b_1}{b_1} \cdot 100,$$

где a и b —размеры клетки по тангентальному и радиальному направлениям до высушивания.

a_1 и b_1 —размеры клетки по тем же направлениям после высушивания.

Таблица I

Результаты измерений толщины стенок и диаметров полостей поздних трахенд сосны

	В состоянии выше точки насыщения волокон				В абсолютно сухом состоянии			
	Толщина тангентальной стенки трахенды	Радиальный диаметр полости трахенды	Толщина радиальной стенки	Тангентальный диаметр стенки	Толщина тангентальной стенки	Радиальный диаметр полости	Толщина радиальной стенки	Тангентальный диаметр полости
Колебания от до	2—1,5	2—5	2—6	8—11	1—3,5	2—7	2—4	8—11
Среднее M	3	2,84	3,95	7,82	1,79	4	2,75	7
Средн. квадр. отклонение σ	0,65	0,64	0,76	1,6	0,6	0,76	0,63	2,1
Ошибка $\pm m$	0,06	0,06	0,07	0,16	0,06	0,07	0,06	0,21
Коэффициент изменчивости в % v	21,7	22,8	19,2	26,4	33,5	19,0	22,9	30
Показатель точности в % P	2,0	2,1	1,9	2,0	3,3	1,9	2,2	3
Достоверность разницы	—	—	—	—	15,0	12,8	13,3	3,15

В поперечном разрезе размер клетки в тангентальном направлении (a) складывается из показателей толщины двух радиальных стенок и тангентального диаметра полости. Размер клетки в радиальном направлении (b) складывается из показателей толщины двух тангентальных стенок и радиального диаметра полости.

Усушка всей клетки в радиальном направлении оказалась равной 16,6%. Усушка клетки в тангентальном направлении = 25,7%. Отношение тангентальной усушки клетки к радиальной = 1,5%. Разберем из чего складывается эта усушка.

Уменьшение толщины тангентальной стенки равняется 67%; увеличение радиального диаметра = 11%; уменьшение толщины радиальной стенки = 43%; уменьшение тангентального диаметра = 11%.

Изменение размеров клетки в радиальном направлении при усушке образуется из уменьшения толщины тангентальных стенок и увеличения радиального диаметра полости.

Изменение размеров клетки в тангентальном направлении образуется из уменьшения толщины радиальных стенок и уменьшения тангентального диаметра полости. Из полученных цифр видно, что тангентальные стенки поздних трахенд в толщину усыхают больше, чем радиальные. Большая усушка тангентальной стенки влечет за собой изменение конфигурации клетки, растягивание ее в радиальном направлении и сужение в тангентальном.

Результаты измерений толщины стенок и диаметров полостей равных трахенд приведены в таблице 2.

Величины даны в делениях окулярного микрометра (1 деление окулярного микрометра = 2,6 μ). Для удобства измерения, из-за малой толщины стенок, измерялись 2 прилегающие друг к другу стенки.

Таблица 2

Результаты измерений толщины стенок и диаметров полостей равных трахенд сосны

	В состоянии выше точки насыщения волокон				В абсолютно сухом состоянии			
	Толщина тангентальной стенки трахеиды	Радиальный диаметр полости трахеиды	Толщина радиальной стенки	Тангентальный диаметр полости	Толщина тангентальной стенки	Радиальный диаметр полости	Толщина радиальной стенки	Тангентальный диаметр полости
Колебания от до	1,5—3	10—20	1,5—3	6—18	1—2,5	9—19	1—2	6—17
Среднее М	1,93	14,49	1,88	11,63	1,18	14,51	1,16	10,14
Среднее квадр. отклонение σ	0,31	2,16	0,27	2,51	0,26	2,3	0,25	2,36
Ошибка $\pm m$	0,031	0,228	0,028	0,264	0,027	0,24	0,027	0,248
Коэффициент изменчивости в % v	16	14,9	14,4	21,6	25	16,5	22	23,2
Показатель точности в % P	1,6	1,57	1,5	2,23	2,28	1,66	2,32	2,45
Достоверность разницы					18,3	0,16	20	4,51

Радиальная усушка клетки = 4,4%.

Тангентальная усушка клетки = 19,6%.

Отношение тангентальной усушки к радиальному = 4,4.

Из чего складывается эта усушка: уменьшение толщины тангентальной стенки = 63,5%; увеличение радиального диаметра полости = 0,4%; уменьшение толщины радиальной стенки = 62,0%; уменьшение тангентального диаметра полости = 14,6%.

Изменение размеров клетки в радиальном направлении образуется из уменьшения толщины тангентальных стенок. Радиальный диаметр полости не изменяется.

Изменение размеров клетки в тангентальном направлении образуется из уменьшения толщины радиальных стенок и уменьшения тангентального диаметра полости.

В результате наших исследований можно сделать заключение, что за счет изменения размера полостей изменяется и вся конфигурация клетки, чем объясняется большая ее усушка в тангентальном направлении.

Совокупность этих изменений дает большую тангентальную усушку среза, а затем и куска древесины.

Усушка сердцевинных лучей по ширине несомненно также влияет на большую величину усушки древесины в тангентальном направлении.

Причина изменения формы клетки является предметом более глубокого исследования данного вопроса. При разрешении его необходимо учесть не только строение вторичного слоя и срединной пластинки клетки, но и те внутренние напряжения, возникающие в процессе сушки древесины, которые несомненно тоже имеют значение для понимания изменений, происходящих при усушке.

Наше исследование показало те изменения анатомического строения, которые происходят в древесине в результате удаления из ее клеточных оболочек влаги и которые приводят к различиям в тангентальной и радиальной усушке древесины. Объяснение причин этих различий выходит, однако, за рамки возможностей анатомического метода, лежит в области субмикроскопического строения древесины и может быть установлено только применением электронной микроскопии и физических методов исследования.

Выражаю свою глубокую благодарность доктору биологических наук, профессору А. А. Яценко-Хмелевскому за просмотр рукописи и ценные замечания и указания.

Центральный научно-исследовательский институт
механической обработки древесины.

Химки, Московская область

Поступило 29 XII 1950

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Ванин—Древесиноведение, 1949
2. В. Е. Вихров—Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. Тр. Института леса Академии наук СССР, IV, 1949.
3. Л. М. Пералягин—О причинах различия между радиальной и тангентальной усушкой древесины. Ж. „Лесная индустрия“, 2, 1939.
4. Clarke—Forestry, IV, 2, 1930.
5. Frey-Wyssling—Holz—als Roh-und Werkstoff, 1940, Heft 2, Heft 11.

Վ. Ե. Մոսկալեվա

ԲԱՓԱՅՏԻ ԱՆԱՏՈՄԻԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՓՈՓՈՒՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ՝ ԿԱՊՎԱԾ ԶՈՐԱՆԱԼՈՒ ՀԵՏ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Սաճու՝ մասամբ և կաղնու բնափայտի միկրոսկոպիկ հետազոտությունների և չափումների հետևանքով որոշված է, որ բնափայտի շառավիղային և տանգենտալ չորացման մեջ նկատվող տարրերությունները կապված են տրանսիրիդի շառավիղային և տանգենտալ թաղանթների չորացման մեջ եղած տարրերությունների հետ, բնի որոշ վերջինը միշտ ավելի շատ է առաջինից: