

## IV. СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Борисов, Ю.В. Вихров

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСКОПАЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина — самый древний материал, использовавшийся человеком. Первыми орудиями добывания пищи и защиты были предметы из дерева, которые затем совершенствовались.

О характере применения древесины в VIII—X вв. свидетельствуют раскопки Старой Ладogi, Киева-на-Подоле, а в X—XV вв. Древнего Новгорода, Берестья. В это время обработка древесины и ее эксплуатация достигли высокой техники.

Как показали археологические раскопки, дерево и изделия из него являлось спутником человека во все периоды его жизни. Оно использовалось в самых различных качествах и назначениях.

Расширение знаний по истории, общественному строю, политической и культурной жизни наших предков невозможно без изучения памятников их древнего зодчества, предметов быта и культуры.

Предметы быта и крупные сооружения, сохранившиеся в течение столетий, а иногда и тысяч лет, способны раскрыть тайны неизвестные археологам и историкам, о культуре и быте народа, заселявшего территорию.

К сожалению, в связи со значительными изменениями в древесине (химического состава, потери механической прочности, деградации клеточных стенок и т.д.) изделия из древесины при высыхании очень быстро разрушаются, оставляя в память о своем существовании только фотографии и зарисовки.

Попытка сохранить найденные деревянные предметы материального быта и сооружения из археологических раскопок путем их обработки различными химическими составами до последнего времени не дали положительных результатов из-за сложности и длительности технологического процесса консерваций или отрицательных свойств, применяемых консервирующих составов.

Основным вопросом, который необходимо решить для более правильного подхода к консервации археологической древесины, выбора химических составов и методов, является вопрос изучения археологической древесины как материала.

Археологическая древесина в связи с ее неравномерной деградацией даже в одном бревне постройки очень неоднородна. Поэтому изготовление из нее идентичных образцов весьма сложно. Образцы, применяемые при исследовании здоровой древесины, согласно ГОСТам 11488-65 — 11492-65, оказались совершенно непригодными.

Учитывая большую неоднородность исследуемого материала, мы пришли к выводу, что размеры образцов должны быть по возможности меньше. Поэтому для выяснения физических свойств археологической древесины, таких, как плотность, усушка, разбухание, процент поздней древесины и другие, были приняты образцы размерами 10x10x15 мм (последний размер вдоль волокон).

Партии образцов отбирались из сосновых бревен построек городища Берестье XII—XIII вв. последовательно от периферии к центру стволов на протяжении одного метра по длине бревна, это позволило проследить степень разрушения бревен по их сечению.

Образцы древесины изготавливались из бревен, находящихся в насыщенном водой состоянии, так как высыхание бревен приводило к их разрушению. Предварительно до проведения испытаний для каждого образца определялся процент содержания поздней древесины. Этот показатель едва ли не единственный, остающийся без изменения в процессе деградации древесины.

Исследованиями [1, 2, 3, 4, 5] установлено, что процентное содержание поздней древесины в ее годичных слоях значительно влияет на физико-механические свойства древесины хвойных пород. Учитывая довольно высокую степень связи между процентом поздней древесины и наиболее важными физико-механическими свойствами (плотностью, водопоглощением, усушкой, разбуханием, сопротивлением сжатию, изгибу и др.), можно определить некоторые качественные и количественные изменения, которые произошли в древесине за время ее пребывания в культурном слое. Подсчет количества поздней древесины в образце производился по ГОСТу 11485-65.

В связи с отсутствием данных о физических свойствах древесины XII—XIII в. в срубленном состоянии мы для их определения воспользовались данными, полученными И.А. Яхонтовым (1913) для древесины сосны Люблянской, Варшавской и Петер-

ковский губерний, климатические условия которых сходны с пограничными районами Ерестской области.

Данные И.А. Яхонтова [1] были определены на древесине сосны при ее 15%-ной влажности. Так как мы работали с археологической древесиной, имеющей влажность выше точки насыщения волокна, то возникла необходимость определения изменения процента поздней древесины при изменении влажности образца. Формулы, позволяющей определить изменение поздней древесины в годичном слое в зависимости от изменения его влажности, в литературных источниках нами не обнаружено. Поэтому на основании литературных данных [3, 5, 6] об усушке поздней и ранней зоны годичного слоя сосны, мы вывели формулу, позволяющую определить изменение процентного содержания поздней древесины в образце с изменением его влажности

$$m_{\text{позд } w_2} = \frac{m_{w_1} (100 - 0,283 \Delta W)}{10\,000 - \Delta W (10 + m_{w_1} \cdot 0,183)} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $m_{w_1}$  — содержание поздней древесины в процентах в образце при его начальной влажности;

$m_{w_2}$  — содержание поздней древесины в процентах в образце при его конечной влажности;

$\Delta W$  — изменение влажности в образце.

Как показала проверка, данные полученные по формуле (1) хорошо согласуются с опытными данными. Следует отметить, что изменение процента поздней древесины с изменением влажности образца от точки насыщения волокна до абсолютно сухого состояния, как показали исследования, обычно не превышают 1,5—2%. Поэтому мы сочли возможным в своей работе пренебречь этим изменением и воспользоваться данными И.А. Яхонтова, связывающими физические показатели древесины с процентом поздней древесины, определенным при ее 15%-ной влажности.

Перед экспериментом все образцы древесины, хранящиеся в воде, доводились до максимального насыщения водой путем их допропитки с помощью вакуума и последующей длительной выдержки в воде (20 дней), затем с точностью до 0,01 г определялся их вес, линейные размеры в тангенциальном, радиальном и вдоль волокон направлениях с точностью до 0,01 мм, а также их объем с помощью водного волокунометра с точностью 0,01 см<sup>3</sup>. Подготовленные образцы плавно, сна-

чала при 50°C, а затем при 100°C доводились до абсолютного сухого состояния, и снова определялся их вес, линейные размеры и объем (с помощью ртутного волюмометра).

Чтобы охарактеризовать степень разрушения древесины и рассмотреть при этом изменение ее физических свойств, мы сравнили плотности древесины в абсолютно сухом состоянии до и после ее деградации и ввели понятие степени деградации, которую выразили формулой:

$$C_g = \frac{\rho_n - \rho_g}{\rho_n} \cdot 100 \quad (2)$$

где  $\rho_n$  — плотность натуральной древесины в абсолютно сухом состоянии, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_g$  — плотность археологической древесины в абсолютно сухом состоянии, г/см<sup>3</sup>.

Изменение плотности в процентах может характеризовать степень разрушения древесины. Согласно полученных данных по изменению плотности, мы приняли четыре степени деградации древесины.

Уменьшение плотности от 5—20%; от 20—40; от 40—60; от 60% и выше.

Сравнение плотностей археологической древесины с плотностью здоровой при одинаковом содержании поздней древесины показало, что древесина построек городища Берестья имеет от периферии к центру (по радиусу) ствола различную степень деградации. На контакте с землей древесина имеет четвертую и третью степени деградации и далее к центру вторую и первую.

Следовательно, за 800—700 лет пребывания во влажном культурном слое земля (в бревнах построек) в основном сильно разрушилась только заболонная часть. Ядро же, как более стойкое и неконтактирующее с землей, разрушилось меньше. Некоторые образцы, взятые из центральной части бревен, не изменили свою плотность. Образцы, отобранные с внешних слоев бревен, изменили свою плотность почти в 2 раза. Заболонная часть таких бревен после их вскрытия, высыхая, покрывалась крупными трещинами вдоль и поперек бревна, после чего осыпалась.

В табл. 1 приведены данные по усушке, разбуханию и максимальному водопоглощению археологической древесины в зависимости от степени ее деградации.

Таблица 1

Степень деградации						
Показатель	1	2	3	4	здоровая	
Снижение плотности, %	9	33	46	72	0	
Максимальное водо- содержание до усуш- ки, %	195	240	348	646	150-180	
	T	9,43	11,40	12,05	14,50	6,6-8,6
	R	4,68	6,84	6,67	5,34	3,4-4,8
Усушка, %						
	L	0,71	1,25	2,80	14,00	0,1-0,3
	V	13,28	21,62	27,34	46,67	11,4-12,8
	T	9,91	10,39	9,64	12,95	Практичес- ки возвра- щается к первона- чальным размерам.
Разбухание, %	R	4,98	5,71	5,37	4,81	
	L	0,06	0,89	1,15	13,22	

Примечание. Как усушка, так и разбухание для получения сравнимых результатов определялось как отношение уменьшения размеров (объема) образца к его размеру (объему) в абсолютно сухом состоянии.

Мы не приводим графиков кинетики усушки и разбухания археологической древесины, но хотим отметить, что их скорость с увеличением степени деградации значительно возрастает. Неравномерность усушки ранней и поздней зон годичного слоя, усиленная их неравномерной деградацией, вызывает сильную деформацию и растрескивание археологической древесины. Максимальное разбухание, так же как и усушка, заметно изменяется в зависимости от степени ее деградации. В тангенциальном направлении усушка возрастает, а в радиальном сначала возрастает, а затем несколько снижается. Деградированная древесина разбухает в сравнительно короткий промежуток времени, но образцы не возвращаются к своим первоначальным размерам до сушки, как это практически происходит у здоровой древесины. Расхождение в усушке и разбухание достаточно велико.

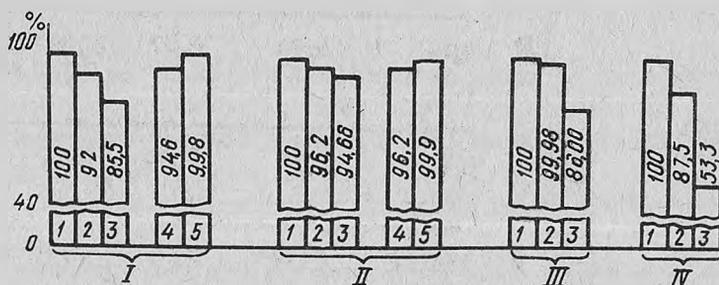


Рис.1. Усушка и разбухание археологической и здоровой древесины:

I — усушка и разбухание в тангенциальном направлении; II — усушка и разбухание в радиальном направлении; III — усушка вдоль волокон; IV — объемная усушка; 1 — натуральная и археологическая древесина до сушки; 2 — натуральная древесина в абсолютно сухом состоянии; 3 — археологическая древесина в абсолютно сухом состоянии; 4 — археологическая древесина после полного разбухания; 5 — натуральная древесина после полного разбухания.

Для того чтобы более наглядно показать изменение линейных размеров археологической древесины по сравнению с на-

туральной, мы построили диаграммы (рис. 1), отображающие полную усушку и полное разбухание образцов археологической древесины.

С ростом степени деградации археологической древесины значительно увеличивается ее усушка и разбухание вдоль волокон. Различие величин линейных разбуханий древесины вдоль и поперек волокон объясняется углом наклона микрофибрилл в слоях оболочек ее клеточных стенок [7]. Во время деградации древесины, по-видимому, в первую очередь разрушается ее третичная оболочка, затем внутренний и средний слой вторичной оболочки и сохраняются более устойчивый, сильно лигнифицированный внешний слой вторичной оболочки и первичная, которые имеют более поперечную ориентацию микрофибрилл, что и увеличивает величину усушки и разбухания древесины вдоль волокон [8].

Значительное возрастание водопоглощения с увеличением деградации древесины указывает на увеличение ее пористости, что также объясняется разрушением клеточных стенок ее элементов.

Проведенные исследования показали, что археологические находки (до момента их консервации) необходимо хранить в насыщенном водой состоянии, не допуская усушки, так как даже в том случае, если изделие при высушении не растрескивается, то изменения его форм и размеров будут очень велики, и последующая их выдержка в агентах, вызывающих разбухание древесины, не вернет им утерянной формы.

## Литература

1. И.А. Яхонтов. Технические свойства сосновой древесины из лесов Люблинской, Варшавской и Петерковской губерний. Спб., 1913.
2. Ю.А. Рейхард, Л.М. Перелыгин. Строение и физические свойства древесины. М., 1933.
3. С.И. Ванин. Древесиноведение. М., 1949.
4. Л.М. Перелыгин. Физико-механические свойства древесины хвойных пород СССР. — "Лесная промышленность", 1943, № 9.
5. В.Е. Вихров. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. — Тр. ин-та леса, т. 1У, 1949.
6. В.Е. Вихров. Влияние процента поздней части годич-