

ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

В. Е. Москалева

**Изменение анатомического строения древесины при  
механических воздействиях**

(Представлено А. Л. Тахтаджяном 27 II 1948)

При различных видах механических воздействий происходят своеобразные разрушения древесины.

Л. А. Иванов (<sup>1</sup>) установил, что в связи с нарушением структуры в зоне разрушения при окраске хлор-цинк-йодом появляется фиолетовое окрашивание, характерное для целлюлозы.

Нашей задачей было выявить характер разрушения древесины при различных видах механических испытаний, показать, как и когда происходит это разрушение и какие элементы разрушаются в первую очередь.

1. *Разрушение древесины при сжатии вдоль волокон.* Объектом была взята сосна. Испытания проводились на прессе Гагарина. Соответственно диаграмме сжатия вдоль волокон образцы подвергались нагружению до напряжений, соответствующих следующим значениям: 1. до предела пропорциональности; 2. у предела пропорциональности (условно); 3. за пределом пропорциональности; 4. когда кривая идет вниз, и образец разрушается окончательно.

Для установления начала разрушения древесины были использованы реактивы на целлюлозу—хлор-цинк-йод и гематоксилин. Было установлено, что при окраске сафранином деформированная зона остается светлой полосой на темном фоне одревесневшей ткани, окрасившейся в красный цвет. При окрашивании флорглюцином с соляной кислотой разницы между окрашиванием разрушенных элементов и цельной древесины не получалось.

Срезы исследовались также в поляризованном свете. Путем тщательного исследования 50 образцов, подвергнутых различным напряжениям, начальные деформации удалось обнаружить только у предела пропорциональности.

На рис. 1 изображен окрашенный гематоксилином тангентальный срез образца сосны, доведенного сжатием до предела пропорциональности. В центре фотографии можно наблюдать едва заметную темную

линию, проходящую наклонно через сердцевинный луч со смоляным ходом. В стадии, предшествующей окончательному разрушению, отчетливо видна гофрировка стенок клеток, складки и трещины.

Для более детального изучения разрушения отдельных элементов при сжатии вдоль волокон была произведена мацерация кусочков древесины сосны, взятых из зоны разрушения (рис. 2).

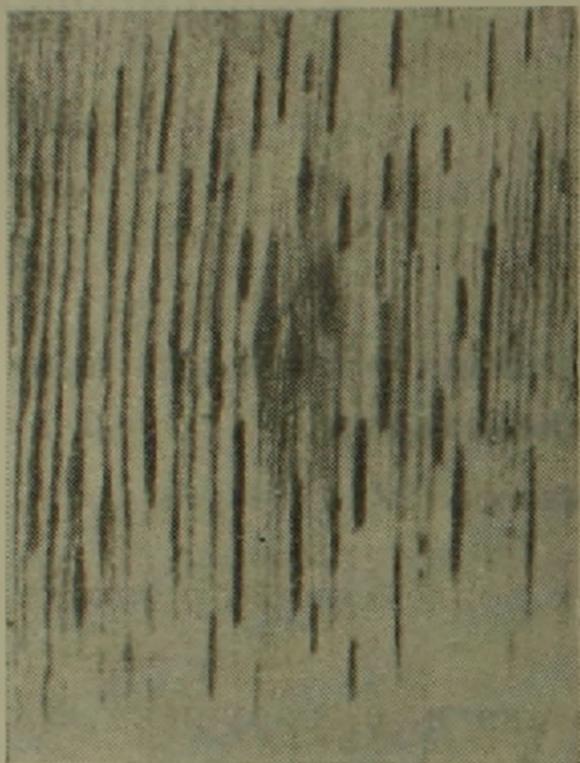


Рис. 1. Тангентальный срез сосны, окрашенный гематоксилином. Начало разрушения при сжатии вдоль волокон.

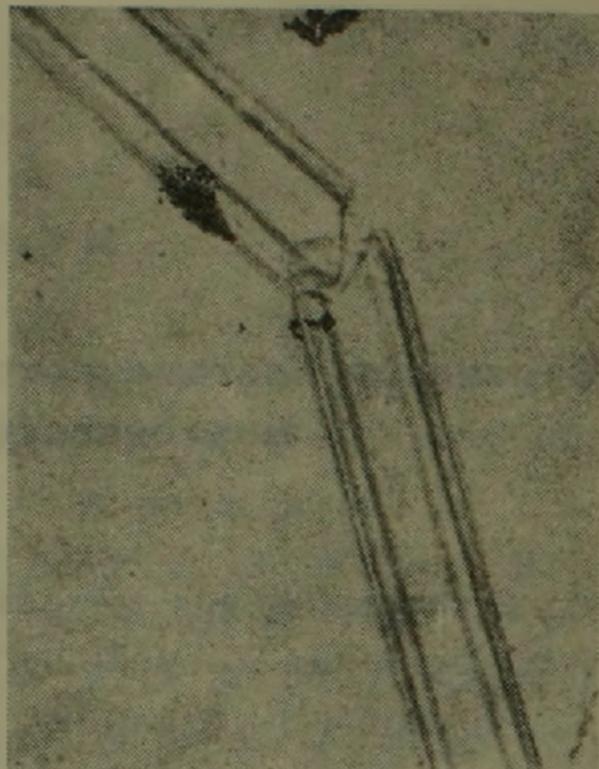


Рис. 2. Мацерированный материал. Излом отдельной трахеиды при сжатии вдоль волокон.

Для выявления характера разрушения при сжатии вдоль волокон у лиственных пород была взята береза.

Внешне, характер разрушения при сжатии вдоль волокон у березы напоминает разрушение у хвойных—линия разрушения наклонна на тангентальной поверхности и перпендикулярна к оси волокна на радиальной. До предела пропорциональности никаких изменений в древесине березы не было обнаружено. У предела пропорциональности удалось найти в некоторых образцах начальные деформации, заключающиеся в чуть заметном изгибе волокон, появлении линий скольжения в определенных участках, способности окрашиваться от гематоксилина в темно-фиолетовый цвет, а от сафранина оставаться не окрашенным участком на темном фоне древесины (рис. 3).

Линии скольжения появляются во вторичных слоях клеточной стенки толстостенных волокон либриформа. Однако волокна либриформа противостоят разрушению в большей степени, чем сосуды и сердцевинные лучи. В первую очередь начинают разрушаться сосуды. Это понятно, если учесть, что сосуды представляют собой полые трубки, со стенками, снабженными многочисленными окаймленными порами. Естественно, что сосуды начинают разрушаться прежде, чем толстостенные волокна. При дальнейшем сжатии разрушению подвергаются сердцевинные лучи и волокна, к ним прилегающие. Сердце-

винные лучи являются местами наименьшего сопротивления. Волокна легче всего отрываются от паренхимы луча. Эти деформации, группируясь в одном месте, образуют деформированную зону, как и в древесине хвойных.

Деформации после сжатия вдоль волокон у березы в основном сходны с деформациями позднего слоя хвойных. Это объясняется присутствием у березы в большом количестве толстостенных волокон либриформа. При разрушении после сжатия вдоль волокон нарушается связь между мицеллами целлюлозы и лигнина, реактив получает доступ к мицеллам целлюлозы и вызывает окрашивание, характерное для целлюлозы.

Это явление аналогично такому же явлению при сжатии вдоль волокон у хвойных.

2. *Разрушение древесины при раскалывании.* При исследовании образцов древесины сосны после испытания на раскалывание выяснялось, как идет раскалывание образца, зависит ли оно от сердцевинных лучей при раскалывании по радиальной плоскости и в какой части слоя

идет разрушение при раскалывании по тангентальной плоскости. Для выяснения этих вопросов срезы получались не только с конечной поверхности, но и с того места образца, где начинается раскалывание.

Образцы испытывались на приборе Михаэлиса. Предполагалось, что сердцевинные лучи определяют направление раскалывания, но при исследовании обнаружилось, что линия раскола носит зигзагообразный характер; причем в поздней древесине раскалывание происходит по сердцевинному лучу, а в ранней независимо от него рвутся стенки ранних трахеид (рис. 4).

Разрывы при раскалывании по радиальной плоскости в ранней древесине происходят главным образом по тангентальным стенкам трахеид (перпендикулярным к направлению раскалывания). В поздней древесине, благодаря утолщенным стенкам трахеид, разрыв происходит или по ткани сердцевинного луча или по вторичному слою радиальной клеточной стенки.

Исследование раскалывания в тангентальном направлении показывает, что раскалывание происходит в ранней части годичного слоя древесины. Иногда разрыв происходит почти у самой границы годичного слоя, иногда же на некотором расстоянии от границы. Разрывы в основном происходят посередине радиальных стенок ранних трахеид (перпендикулярно к направлению линии раскалывания).

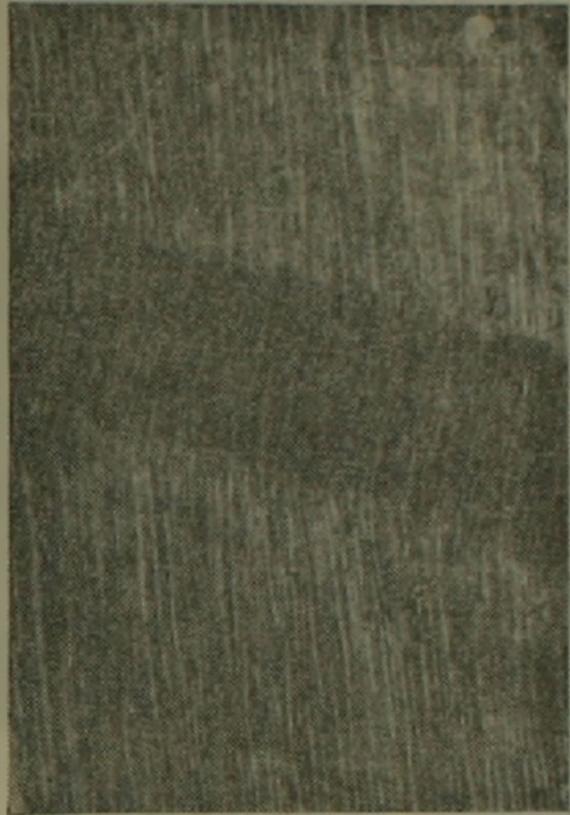
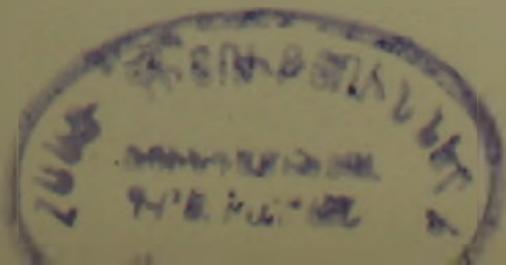


Рис. 3. Тангентальный срез березы, окрашенный гематоксилином. Деформированная зона после сжатия вдоль волокон.



Следует отметить, что линии раскола под влиянием механического воздействия имеют иной характер, чем трещины, получающиеся при сушке древесины. Такие трещины в радиальном направлении идут

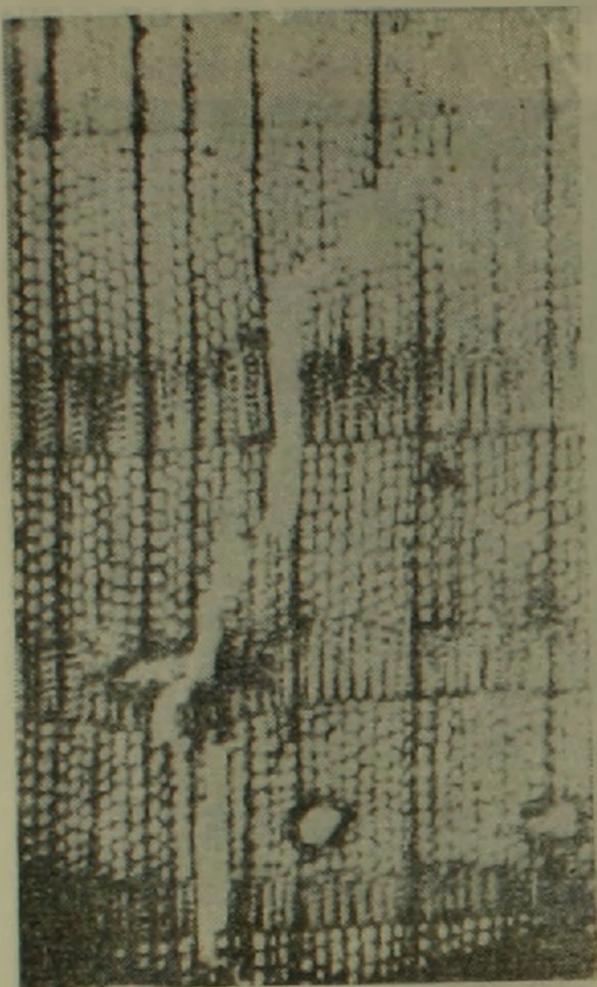


Рис. 4. Поперечный срез сосны. Линии разрушения при раскалывании по радиальной плоскости.

параллельно сердцевинным лучам, как в поздней, так и в ранней части годичного кольца, а не зигзагообразно, как при радиальном раскалывании. Разрывы происходят или по середине тангентальных стенок трахеид (перпендикулярно направлению линии растрескивания), как и в случае радиального раскалывания, или же по сердцевинному лучу (рис. 5).

Следовательно, под влиянием внутренних напряжений, направление линии разрушения при сушке определяется расположением сердцевинных лучей, независимо от того, в какой части слоя происходит растрескивание.

3. *Разрушение древесины при растяжении вдоль волокон.* Производился анализ конечного разрушения древесины сосны при растяжении. Для этого, места разрывов с прилегающими к ним участками заливались в целлоидин, резались на микротоме и исследовались под

микроскопом. На рисунке 6 заметно, что трахеиды рвутся поперек, иногда под углом к оси волокна. При исследовании под микроскопом заметно, что сдвига клеток не происходит, срединная пластинка остается неподатливой, и областью наименьшего сопротивления являются вторичные стенки трахеид. Плоскости разрывов шероховаты, покрыты как бы нежным пушком. Этот пушок представляет собой отдельные слои фибрилл, получившиеся через продольное расщепление вторичных стенок трахеид. Такое расщепление наблюдалось нами ранее, при исследовании срезов после раскалывания древесины.

Существовало мнение, что при растяжении происходит разъединение волокон друг от друга. Мы уже убедились при исследовании древесины после испытания на раскалывание, что в древесине, не подвергавшейся химической обработке, связь между волокнами более крепка, чем сами волокна. Это положение подтверждается и после исследования образцов, подвергшихся испытанию на растяжение.

4. *Статический изгиб.* У разрушенного образца сосны можно отметить две зоны: зону сжатия и зону растяжения, между ними лежит нейтральная зона. Напряжения на растяжение и сжатие достигают своего максимума в наиболее удаленных от нейтральной плоскости слоях волокон. В нейтральной зоне имеют наибольшее значение напряжения на скалывание.

При исследовании под микроскопом срезов, взятых из зоны сжатия, обнаружены были деформации, аналогичные возникающим при сжатии образцов вдоль волокон (рис. 7). Темная полоса в верхней части рисунка направо изображает собой деформированную зону в

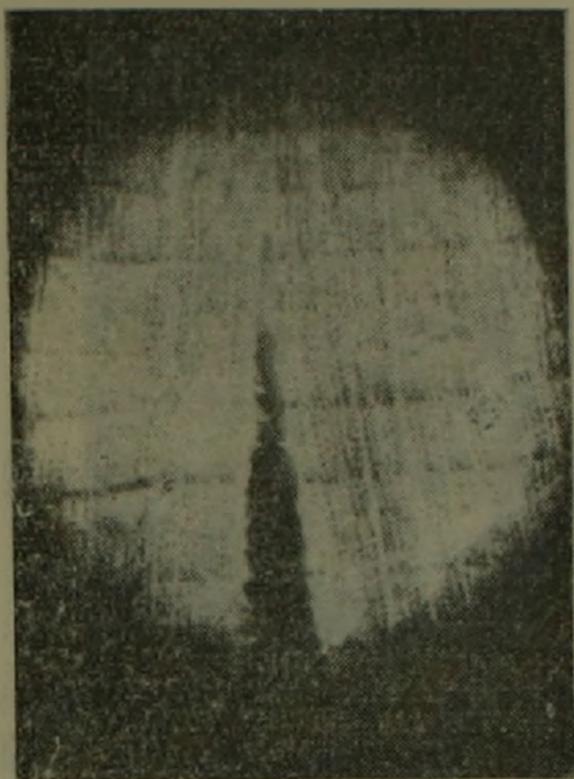


Рис. 5. Трещина после сушки образца сосны. Снято в падающем свете при помощи лампы.

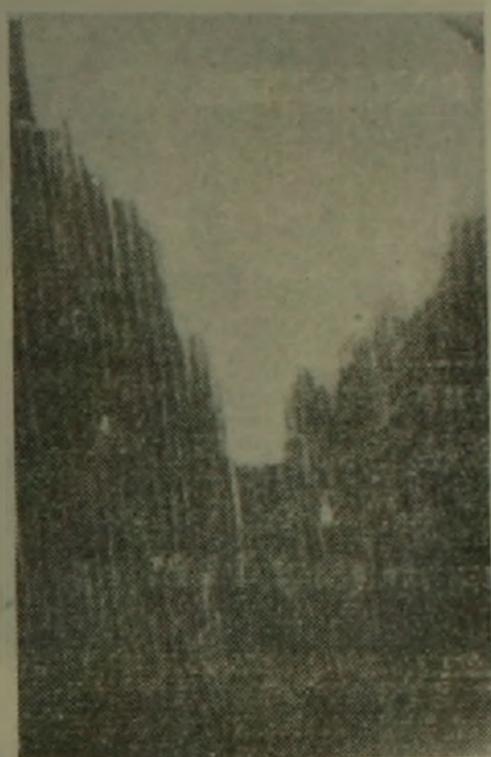


Рис. 6. Тангентальный срез сосны, после испытания на растяжение. Место разрыва.

центре образца, непосредственно под нажимным ножом машины. Здесь, кроме деформаций сжатия вдоль волокон, имеет место смятие от нажимного ножа.

В зоне растяжения наблюдаются деформации, типичные для растяжения древесины, описанные выше. Здесь на протяжении маленького участка, наряду с деформациями, типичными для сжатия, наблюдаются деформации, получающиеся при растяжении вдоль волокон (рис. 8).

*Выводы.* 1. Подтверждается появление линий скольжения во вторичных слоях трахеид сосны, как первый признак разрушения при сжатии вдоль волокон.

2. Обнаружены линии скольжения при сжатии вдоль волокон во вторичных слоях клеточной стенки древесных волокон березы.

3. Начальные деформации при сжатии вдоль волокон у сосны и березы обнаруживаются тогда, когда древесина испытывает напряжения, близкие к пределу пропорциональности. При меньших напряжениях структурных изменений не наблюдается.

4. У березы при сжатии вдоль волокон в первую очередь разрушаются сосуды, затем сердцевинные лучи и клетки, прилегающие к ним.

5. При раскалывании сосны в радиальном направлении линия разрушения идет параллельно сердцевинным лучам в поздней древесине и независимо от них в ранней части годичного кольца.

6. При раскалывании сосны в тангентальном направлении разрыв происходит в ранней части годовичного кольца.

7. При растяжении образцов сосны происходит разрыв стенок трахеид поперек или под углом к оси волокна.



Рис. 7. Тангентальный срез сосны. Деформации в зоне сжатия после испытания на статический изгиб.



Рис. 8. Радиальный срез сосны. Деформации в промежуточной зоне после испытания на статический изгиб.

8. В древесине, не подвергавшейся химической обработке, связь между волокнами более крепка, чем сами волокна.

9. При исследовании образцов после статического изгиба обнаружены деформации сжатия в верхней части образца, деформации растяжения в нижней части и в нейтральной, промежуточной зоне встречаются оба вида деформаций: сжатия и растяжения.

Все образцы изготовлялись и испытывались по ОСТ/НКЛес 250.

Центральный научно-исследовательский  
Лесохимический Институт  
Химки (Моск. обл.), 1947, декабрь.

#### Վ. Ե. ՄՈՍԿՎԱԼՅՈՎԱ

### Բնափայտի տնտեսական կազմաւորչան փոփոխութիւնը մեխանիկական ներգործութիւններէ դեպքում

Հեղինակը հետազոտել է բնափայտի անատոմիական ստրուկտուրաների փոփոխութիւնը զանազան տեսակի մեխանիկական ներգործութիւնների ազդեցութեան տակ, Հետազոտութեան միջոցով հաստատված է, որ թելիկներն իրենց երկայնութեան ուղղութեամբ սեղմվելու դեպքում քայքայման առաջին հայտանիշը հանդիսանում է սահունի դժերի երևան գալը սոճու տրախիդների թաղանթների երկրորդային շերտերում: Սահունի նույնպիսի գժեր երևան են գալիս նաև կեչու բնափայտային թելիկների բջջային պատի երկրորդային շերտերում, երբ թելիկները սեղմվում են իրենց երկայնութեան ուղղութեամբ:

#### ЛИТЕРАТУРА — Կ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Л. А. Иванов. Бот. Журн. СССР, 18, 1933.