

П. А. ХУРШУДЯН

ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ РАЗНОЙ ШИРИНЫ И ПО ДВУМ ОСЯМ ДЕРЕВА

Связь между шириной годичного кольца и качеством древесины давно привлекала внимание всех тех, кто так или иначе был связан с использованием древесины,—лесоводов, деревообделочников и т. д. Годичный слой—наиболее заметный микроскопический признак древесины и его естественнее всего связать с качеством лесоматериала. Еще задолго до того, как было приступлено к научному исследованию древесины с помощью микроскопа или специальных прессов, было известно, что у хвойных деревья с узкими кольцами имеют более твердую древесину, чем деревья с широкими кольцами, в то время как для многих лиственных пород и особенно для дуба справедливо обратное положение—древесина с узкими кольцами оказывается более мягкой, чем древесина с широкими кольцами.

В научной литературе это положение, заимствованное из практики и подтвержденное многими личными наблюдениями, было впервые обобщено Нердлингером в его известной книге „Технические свойства древесины“ (Nördlinger, 1860), впервые опубликованной в Германии в 1860 году и вскоре же переведенной на русский язык известным русским древесиноведом и лесоводом Н. Шафрановым.

Рассматривая вопрос о связи между шириной годичного кольца и свойствами древесины, Нердлингер пишет (цитируем по переводу Шафранова): „В хвойных породах узость годичных колец показывает доброкачественность дерева, потому что каждый годичный слой состоит из пласта мягкой весенней и летней и из пласта твердой смолистой осенней древесины. Чем шире слой, тем в нем толще мягкий пласт, а твердый почти всегда одинаковой толщины“ (стр. 15).

„Касательно лиственных пород с рассыпными порами (т. е. по нашей терминологии, рассеянно сосудистых пород—П. Х.) требуется еще много исследований в этом отношении“. Приводя затем мнение Гартига о том, что у рассеянно сосудистых пород „тем больше древесной массы, чем шире у них слои“ и, следовательно, тем прочнее у них древесина, Нердлингер замечает „это... при известных обстоятельствах может быть допущено. Но... его нельзя назвать верным вообще, напротив того, многочисленные факты говорят более в пользу твердого, а не рослого строения мелкослойной древесины, что может зависеть не только от меньшего числа древесных пор, но и от толщины стенок древесных волокон. „Наконец лиственные деревья с толстым слоем пор (т. е. кольцесосудистые породы) требуют особого

рассмотрения, потому что на них мы заметим те же явления, как в хвойных деревьях, только в обратном порядке. Здесь нельзя принять за правило, что чем уже годичный слой, тем уже и пористый весенний нарост дерева, который, напротив того, часто почти не изменяется. Поэтому, чем шире годичный слой, тем кубический дюйм дерева, при равенстве прочих качеств, будет заключать в себе, разумеется, больше плотной древесной массы" (стр. 17).

С тех пор как Нердлингер сформировал приведенные выше положения о связи между шириной годичного слоя и свойствами древесины у различных древесных пород, было проведено очень много исследований, которые в значительной мере вскрыли причины, управляющие связями между строением годичного кольца и техническими свойствами древесины.

В свое время в этом направлении широкую известность получили исследования Гартига (Hartig, 1848). Концепция Гартига, названная им „теорией питания“ (Ernahrungstheorie), неоднократно излагалась в русской литературе (см. напр. Яценко-Хмелевский, 1948) и поэтому нет необходимости здесь на ней подробно останавливаться. Вкратце, сущность воззрений Гартига заключается в том, что он считает, что объемный вес древесины находится в связи с плодородием почвы, испарением воды кроной и ассимиляцией. Этот автор утверждает, что анатомическая структура древесины, обуславливающая собой ее основные технические показатели, в соответствии с потребностями дерева определяется внешними условиями; что количество прироста зависит от общего количества листвы и от ассимиляционной энергии листьев, что, в свою очередь, зависит от качества почвы, солнечного света и температуры, в то время как объемный вес древесины связан с отношением проводящей ткани к механической. Наибольшая транспирация, при одном и том же темпе образования древесного вещества, дает наибольшее количество пористой ткани и наиболее легкую древесину. Следовательно, самая тяжелая древесина образуется тогда, когда имеет место наибольшая ассимиляция и нормальная транспирация.

Теория Гартига, представляющаяся внешне весьма убедительной, тем не менее страдает отсутствием конкретности и неопределенностью, связанной с очень большим количеством факторов, которые влияют на темп прироста и качество древесины. С. Богословский (1913), исследуя связь между твердостью древесины и шириной годичного кольца, для веймутовой сосны отмечает „...чем меньше в данной древесине пустот, а следовательно, чем больше плотной древесной массы, тем сильнее она будет оказывать сопротивление проникновению в нее постороннего тела“.

В тридцатых годах нашего столетия довольно обширные исследования связи величины прироста с объемным весом древесины были проведены в США, в Лаборатории лесных продуктов в Медисоне Б. Паулом (B. Paul, 1930). В качестве критерия для суждения о механических свойствах древесины Паул выбрал только объемный вес,

так как считал, что этот показатель связан достаточно тесной корреляцией со всеми механическими свойствами древесины. Несмотря на значительный объем работы Паула—шесть лиственных пород и две хвойные, полученные им результаты не оказались на много конкретнее выводов Гартига. Как и этот последний, Паул пришел к выводу, что у кольцесосудистых пород уменьшение размера прироста дает полосы больших просветов сосудов в ряде годовичных колец, сближенных между собой путем редукции части годовичного кольца, содержащей толстостенные летние элементы. Эта редукция связана, по мнению этого автора, с неблагоприятными условиями роста в летнее время и, следовательно, сильнее задевает летнюю древесину, чем весеннюю. В результате возникает древесина с большим количеством сосудов (т. е. с большим процентом ранней древесины) и, тем самым, с более низким объемным весом.

У рассеянно сосудистых пород существует меньший контраст между участками годовичного слоя, образованными в начале и в конце вегетационного прироста, так что первое замедление хода радиального роста не отражается на объемном весе древесины. Длительные же неблагоприятные условия роста вызывают не только образование более узких годовичных колец, но и большее содержание сосудов в них, отчего древесина становится соответственно легче.

В целом, можно сказать, что работа Паула дала мало принципиально нового по сравнению с работами немецких лесоводов прошлого столетия. Сама методика, им примененная, была довольно примитивна, а свойства древесины оценивались только по одному показателю—объемному весу.

Основные работы, позволившие установить связь между шириной годовичного слоя и физико-механическими свойствами древесины у различных древесных пород, выросших в различных условиях, принадлежат советским исследователям, работавшим за последние два десятилетия.

Прежде всего, было совершенно очевидно, что сама по себе ширина годовичного слоя не может быть фактором, определяющим механические свойства древесины, и что сначала надо установить закономерности изменения структуры древесины в годовичных слоях различной ширины. Кроме того, надо было выяснить, каковы механические и физические свойства древесины различных участков годовичного слоя и как, следовательно, изменяются суммарные показатели древесины в зависимости от большего или меньшего содержания ранней или поздней древесины. Этот последний вопрос, имеющий очень большое значение для теоретического древесиноведения, был освещен для хвойных пород в исследованиях И. С. Мелехова (1934), И. Д. Пахомова (1938), Л. М. Перелыгина (1939), В. Е. Вихрова (1949), Н. И. Стрекаловского (1949) и К. В. Панферова (1949).

Работая с древесиной сибирской лиственницы (*Larix sibirica* hdb.), Вихров установил, что между поздней и ранней древесиной суще-

ствуют весьма значительные отличия в основных показателях физических и механических свойств: поздняя древесина в 2,5 раза тяжелее ранней, имеет вдвое большую усушку и объемную порозность и в три—четыре раза прочнее.

В работе Н. И. Стрекаловского (1949) дан анализ различий в строении поздней древесины ели, сосны и лиственницы. Этому автору удалось установить, что различия в объеме плотной массы (т. е. количестве вещества оболочек трахеид в единице объема) между ранней и поздней древесиной, наиболее резко выражены у лиственницы, менее резко у сосны и еще слабее у ели. В связи с этим и различия в свойствах между ранней и поздней древесиной наиболее отчетливы у лиственницы, менее отчетливы у сосны и относительно слабо выражены у ели. Поэтому у лиственницы и у сосны отношение ранней древесины к поздней („процент поздней древесины“) является достаточно надежным показателем механических свойств определенного образца, в то время как у ели этот показатель часто почти не связан с механическими свойствами древесины.

Для лиственных пород мы имеем данные В. Е. Вихрова (1953) о древесине дуба. Этот автор определил ряд показателей отдельно для поздней и ранней древесины. Было установлено, что поздняя древесина усыхает в полтора раза больше, чем ранняя, предел прочности при статическом изгибе поздней древесины в 2—2,5 раза больше, чем ранней, и при растяжении вдоль волокон более чем вдвое.

Вопрос о связи между шириной годичного кольца и особенностями его строения был исследован в ряде работ советских авторов как для хвойных, так и для лиственных пород. То общее правило, что у хвойных узкие годичные кольца характеризуются мощно развитой поздней древесиной (и, следовательно, более высокими механическими показателями), которое было сформулировано цитируемыми выше немецкими и американскими авторами, оказывается, имеет весьма много исключений. Так, И. С. Мелехов (1949) показал, что в условиях севера в борах-зеленомошниках замедление прироста, вызванное суровым климатом, несколько возмещается более благоприятными (по сравнению с болотными сосняками) почвенными условиями, вследствие чего формируется полноценная древесина с хорошо развитой поздней зоной и с высокими физико-механическими показателями. В болотных же сосняках Севера, неблагоприятные для роста климатические условия усугубляются неблагоприятными почвенными условиями, в результате чего в этом типе образуются древесины не только с мелкими годичными слоями, но часто и с весьма малой поздней зоной, с тонкостенными трахеидами.

В условиях же сфагновых сосняков Прибалтики, наоборот, неблагоприятные для роста и формирования годичных слоев почвенные условия в какой-то мере возмещаются благоприятным климатом и поэтому условия этого типа леса становятся более или менее благоприятными для формирования нормальной древесины.

Весьма подробные исследования различий в строении годичного кольца у сосны и ели, выросших в различных условиях, были проведены Т. А. Мелеховой (1952). Ею установлено, что в различных климатических (широтных) условиях и в различных типах леса, различны не только продолжительность периодов, в течение которых происходит нарастание числа трахеид, но различен также и процесс утолщения стенок трахеид и соотношение в годичном кольце трахеид различных типов. Так, в лишайниковых сосняках и сосняках-брусничниках, отложение камбием трахеид происходит в среднем в течение 50—70 дней, в то время как в сфагновых сосняках этот период равен всего 30—40 дням. Утолщение стенок трахеид в сосняках-брусничниках происходит весьма интенсивно, причем наиболее значительно утолщаются поздние трахеиды, утолщение которых начинается сейчас же после их образования и, продолжается до глубокой осени. Утолщение же стенок ранних трахеид во всех типах леса начинается вскоре после их образования и заканчивается к концу лета. В сфагновых сосняках утолщение стенок трахеид мало заметно или совсем незначительно и, практически говоря, оно почти не происходит. Таким образом, в суходольных сосняках отношение толщины стенок трахеид к их диаметру в течение вегетационного периода непрерывно увеличиваются, достигая наибольшей величины к осени, в то время как в болотных сфагновых сосняках это отношение, увеличиваясь несколько в начале вегетационного периода, к концу его заметно снижается.

Ряд наблюдений над строением годичных колец бука различной ширины был произведен А. А. Яценко-Хмелевским (1948). Этот автор отметил, что для большинства исследованных им деревьев характерно относительное увеличение количества сосудов в узких годичных слоях. При этом Яценко-Хмелевский высказывает предположение, что это увеличение (относительное) количества сосудов в узких годичных слоях связано с тем, что падение энергии прироста, приводящее к образованию узких годичных колец, не связано с таким же падением количества листы. Поэтому растению необходимо на более узком пространстве разместить для водоснабжения своих листьев то же количество сосудов, что и в широком кольце. Каких-либо цифровых данных для иллюстрации своих положений автор не приводит, ограничиваясь схематическими рисунками узкого и широкого годичных колец.

Однако такая „норма реакции“ бука на угнетение прироста хотя и встречается в большинстве случаев, тем не менее не является общим правилом. Молодые стволы бука показывают большей частью обратную закономерность—узкие годичные слои у них имеют относительно мало сосудов, иногда даже меньше, чем самые широкие слои в этом же возрасте. Кроме этого, у отдельных взрослых деревьев были отмечены узкие годичные слои с относительно низким содержанием сосудов. Приводя эти факты, автор указывает, что имевшийся в его распоряжении материал не позволяет раскрыть характер связей

между величиной годичного прироста и количеством сосудов, и констатирует, что для бука наиболее часто встречающейся реакцией древесины на угнетение прироста является резкое относительное увеличение количества сосудов в узком годичном кольце, но однако существуют такие комбинации лесорастительных условий, при которых эта реакция оказывается для дерева нецелесообразной и в узком годичном кольце сосудов бывает относительно меньше или столько же сколько и в широком кольце.

Аналогичные исследования, основанные, однако, на очень обширном цифровом материале, были проведены М. С. Гзырян (1950) для древесины тополей.

На основании своих исследований, Гзырян приходит к выводу, что удельный объем полостей сосудов в древесине тополей находится в коррелятивной связи с условиями роста дерева и с его облиственностью—чем более развита крона у дерева, тем больше у него образуется сосудов.

Весьма детальные наблюдения над связью между строением годичного кольца у дуба и условиями роста дерева были проведены В. Е. Вихровым (1954). Вихров работал в Теллермановском лесничестве, где дуб произрастает в различных условиях. Наиболее детальные сопоставления были произведены этим автором над древесиной нагорного дуба и дуба, выросшего на солонцах. Исследованием установлено, что ранняя древесина нагорного дуба по своему строению не отличается от строения ранней древесины солонцового дуба, в то время как в строении поздней древесины наблюдаются достоверные и значительные отличия, заключающиеся в том, что поздняя древесина нагорного дуба имеет более толстостенные волокна либриформа с меньшими полостями и содержит по объему больше древесных волокон. Так, объем сосудов в ранней древесине у нагорного дуба составляет 44%, а у солонцового—19.

Эти различия, по мнению В. Е. Вихрова, объясняются тем, что отложение ранней древесины и у нагорного дуба и у солонцового происходит в более или менее одинаковых условиях. При отложении же поздней древесины солонцовый дуб испытывает физиологическую засуху и недостаток влаги оказывает свое влияние на процессы формирования поздней части годичного слоя.

По данным Вихрова, уменьшение ширины годичного кольца у дуба, как правило, связано с уменьшением ширины поздней части слоя. Как показали наблюдения, проведенные в Лаборатории анатомии растений Ботанического института АН АрмССР, для некоторых других кольцесосудистых пород также характерна такая реакция на уменьшение прироста. Так, по данным М. С. Гзырян (1950а), у ясеня европейского (так же, как и у большинства других видов этого рода) в средних по ширине годичных кольцах (1,5—2,0) сосуды занимают 8—10% от общего объема древесины, в то время как в узких годичных кольцах (0,2—0,4 мм) объем сосудов возрастает до 20—25%.

Такие же примерно соотношения отмечены и у некоторых других кольцесосудистых пород—барбариса, винограда и т. д. Однако для кольцесосудистых пород из сем. ильмовых (ильмы, каркасы, дзельква) В. А. Паланджян (1953) установила отсутствие или слабую выраженность этой закономерности. Так, у одного экземпляра араксинского ильма (*Ulmus agachina* Takht.) годовичное кольцо шириной в 2,9 мм имело 28% сосудов, в то время как другое годовичное кольцо всего 10 мм ширины имело 25% сосудов. В другом дереве (*Ulmus foliacea* Gilib.) в годовичном кольце шириной в 3,1 мм сосуды составили 10%, в годовичном кольце шириной в 2,9 мм—14%, а в годовичном кольце шириной в 1,6 мм—19%, т. е. здесь все же наблюдается некоторое относительное увеличение сосудов при уменьшении величины прироста в толщину. Аналогичные данные были получены этим автором и для каркаса и дзельквы.

Краткий обзор литературных данных о связи между шириной годовичных колец и их структурой и механическими свойствами древесины приводит нас к заключению, что структура годовичного кольца находится в тесной связи с условиями, в которых растет то или иное дерево. Каждый вид или род имеет характерный для него тип реагирования на уменьшение прироста, соответствующий тем требованиям, которые данное растение предъявляет к окружающей среде. Поэтому уменьшение ширины годовичного кольца у сосны, лиственницы, тополя, дуба или ильма приводит к различным изменениям в структуре по сравнению со структурой годовичного кольца средней (для данной породы) ширины. Однако и в пределах этого видового (или родового) типа реакции имеются значительные отличия в строении ранней или поздней древесины, связанные с конкретными условиями роста дерева.

Так как ранняя и поздняя древесина значительно отличаются по своим физическим и механическим свойствам, что в свою очередь обусловлено различием в их структуре, то различное сочетание этих зон в годовичных кольцах определяет собой и физико-механические свойства древесины.

Сколько-нибудь детальных исследований связи между шириной годовичного кольца и физико-механическими свойствами древесины в литературе довольно мало. Среди этих работ надо отметить работы Л. М. Перелыгина (1934) по дубу из Шипова леса (Воронежская область). На основании своих исследований автор вывел целый ряд эмпирических формул, позволяющих по ширине слоя у дуба определять основные физические и механические показатели древесины. Аналогичные наблюдения для березы были проведены также Р. М. Мишоной (1934) и Н. А. Говоровым (1935). Среди более поздних работ следует указать на обстоятельное исследование покойного архангельского древесиноведа Н. И. Стрекаловского (1949а) над древесиной северной березы. Этим автором были изучены 12 модельных деревьев из опытного лесхоза Архангельского лесотехнического института. Полученные образцы после испытания были расклассифициро-

ваны по ширине годичных слоев. Произведенные сопоставления по объемному весу, пределам прочности при статическом изгибе, сжатию вдоль волокон, поперечному изгибу в радиальном направлении и в тангентальном направлении и ряду других показателей установили отчетливую зависимость между шириной годичного кольца и перечисленными свойствами, причем во всех случаях с уменьшением ширины слоя объемный вес и механические свойства древесины увеличиваются.

Из всех приведенных нами данных следует, что для каждой определенной породы существует своя определенная связь между шириной годичного слоя и механическими свойствами древесины, причем характер этой связи может изменяться в зависимости от конкретных лесорастительных условий, в которых выросли отдельные деревья.

Установление этих конкретных связей является весьма важным не только потому, что оно позволило бы, зная лесорастительные условия того или иного древостоя, по ширине годичного слоя оценивать качество древесины, но и потому, что оно позволяет нам планировать систему лесохозяйственных мероприятий, позволяющих выращивать в определенных условиях древесину определенных качеств.

Нами была сделана попытка установления этих связей для наших дубов, произрастающих в Армении (Хуршудян, 1958). Для разрешения интересующего нас вопроса мы решили произвести непосредственное сопоставление показателей физических и механических свойств с шириной годичного кольца испытанного образца так, как это было сделано Стрекаловским для древесины березы. Макроскопический и микроскопический анализ древесины делался нами только в отдельных случаях для получения более отчетливой картины выявляемых закономерностей.

Нами сопоставлялись с шириной годичного слоя следующие физические и механические свойства: объемный вес, коэффициент радиальной и тангентальной усушки, влагопоглощение на 30-е сутки, водопоглощение на 30-е сутки, процент разбухания в радиальном и тангентальном направлении, сжатие вдоль волокон, статический изгиб, скалывание в радиальной плоскости и в тангентальной плоскости, сжатие поперек волокон в радиальном направлении и в тангентальном направлении и торцовая твердость.

Исследованные образцы были получены от 24 деревьев, из них 17 деревьев восточного дуба, 4—грузинского дуба и 3—араксинского дуба. Из этого числа 4 дерева было взято из северной Армении, 9 из низкобонитетных порослевых дубняков центральной Армении и 11 деревьев из южной Армении (Зангезура). Описание пробных площадей и характеристика модельных деревьев, с которых изготовлены образцы, нами опубликованы в работе „Влияние экологических условий на физико-механические свойства древесины дубов Армении“ (Труды

Бот. ин-та АН АрмССР, т. 2, 1957). Всего было проанализировано 6304 образца.

В нижеследующих таблицах приведены средние данные по всем исследованным образцам. В первой вертикальной строке каждой таблицы приведена ширина годичного слоя в мм, во второй—количество деревьев, от которых были взяты образцы, в третьей—количество образцов, в четвертой—средние данные испытаний для каждой ширины годичного слоя, в пятой—эти же данные, выраженные в процентах от средней по данному показателю по всем 24 деревьям, в шестой—максимум и в седьмой—минимум абсолютных величин, характеризующих тот или иной показатель.

В табл. 1 сведены данные по связи между шириной годичного слоя и объемным весом древесины. Средний объемный вес для дубов Армении по нашим определениям равен 0,73. Из таблицы усматривается, что между шириной слоя и объемным весом существует довольно четкая связь, причем, чем шире годичный слой, тем больше

Таблица 1
Связь между шириной годичного слоя и объемным весом в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний объемный вес (гр/см ³)	Объемный вес в % от общей средней	Минимальный объемный вес (гр/см ³)	Максимальный объемный вес (гр/см ³)
0,4	4	14	0,63	86,3	0,56	0,71
0,5	4	28	0,63	86,3	0,52	0,71
0,6	10	66	0,62	84,9	0,53	0,75
0,7	9	43	0,65	89,0	0,57	0,77
0,8	12	80	0,65	89,0	0,51	0,77
0,9	12	45	0,67	91,8	0,52	0,81
1,0	14	48	0,61	83,5	0,55	0,83
1,1	16	33	0,72	98,6	0,55	0,83
1,2	10	17	0,70	95,9	0,62	0,77
1,3	12	22	0,69	94,5	0,56	0,83
1,4	10	20	0,72	98,6	0,58	0,82
1,5	8	13	0,72	98,6	0,59	0,82
1,6	9	11	0,75	102,7	0,66	0,82
1,8	9	16	0,76	104,1	0,65	0,90
2,0	8	12	0,75	102,7	0,62	0,84
2,2	6	14	0,78	106,8	0,72	0,86
2,5	7	8	0,82	112,3	0,73	0,94
2,8	2	7	0,76	104,1	0,66	0,86
3,3	4	9	0,80	109,9	0,71	0,89
4	3	5	0,77	105,5	0,71	0,89

Всего образцов 511. Средний объемный вес 0,73.

объемный вес. Так, в среднем, образцы с шириной годичного слоя в 0,4—0,8 мм имеют объемный вес 0,63—0,65, что составляет 86—89% от среднего показателя по дубам из Армении. В пределах ширины слоя от 1,1 и до 1,6 мм объемный вес равен примерно 0,72—0,75 (т. е. находится в пределах общей средней), в образцах, ширина слоя которых составляет 1,8—2,5 мм, объемный вес достигает своего максимума (0,76—0,82) и превышает общую среднюю на 4—12%. Затем, с увеличением ширины показатели начинают несколько снижаться, так что в древесине с шириной годичного слоя 3—5 мм объемный вес составляет 0,76—0,80.

Закономерность эта выражена довольно отчетливо и встречается только относительно немногие исключения. Сопоставление средних с минимальными и максимальными показателями указывает, что эта закономерность не является случайной. Разумеется, минимальные и максимальные показатели варьируют больше, чем средние, но, тем не менее, и они показывают ту же направленность, начиная с величины слоя 1,6 мм ни один образец не показал объемный вес менее 0,60, а максимальные показатели не были меньше 0,8, в то время как для образцов с меньшей шириной слоя минимальные показатели 0,6 и более встречаются относительно редко, только в одном случае.

В табл. 1 приведены средние данные по 24 деревьям, взятым в самых разнообразных типах леса и относящиеся ко всем трем исследованным нами видам дуба. Интересно проследить, насколько эта закономерность проявляется и в различных условиях роста. Анализ средних показателей величины объемного веса по каждому дереву в отдельности, с учетом условий роста, показывает, что повышение показателей с увеличением ширины слоя имеет место во всех случаях, однако абсолютные величины для одной и той же ширины слоя довольно значительно варьируют. Для иллюстрации этого положения проанализируем величины объемного веса для ширины годичного слоя в 1,0—1,1 мм. Эта ширина не является наиболее часто встречающейся, так как образцов, у которых средняя ширина составляет менее 1,0 мм, больше, чем образцов с шириной слоя 1,0 и более (276 и 234). Тем не менее, эта величина представляется наиболее удобной для средней оценки, так как во многих деревьях она является минимальной, в то время как у других (особенно из порослевых насаждений) напротив — максимальной.

Величина объемного веса в порослевых дубах в образцах с шириной годичного слоя в 1 мм довольно значительно варьирует от 0,63 (у модельного дерева № 10) до 0,78 (у модельного дерева № 4). В древостоях Зангезура мы наблюдаем довольно отчетливую связь между типом леса и величиной объемного веса (при ширине годичного слоя в 1,0 мм). Так, у деревьев 19, 20 и 21 объемный вес составляет 0,79, в то время как во влажных типах (например, деревья 14 и 15) он равен 0,61—0,64.

В табл. 2 приведены данные о связи между шириной слоя и коэффициентом усушки в радиальном направлении. Из таблицы можно усмотреть, что по мере увеличения ширины слоя наблюдается некоторое уменьшение коэффициента усушки, выраженное, однако, не вполне отчетливо. К такому же выводу о слабой связи между коэффициентом усушки в радиальном направлении и шириной слоя приводит и анализ максимумов и минимумов. Действительно, минимальные значения усушки были отмечены у образца с шириной слоя 0,7 мм (0,03), а максимальное значение у образца с шириной слоя 1,2 мм (0,21).

Таблица 2
Связь между шириной годичного слоя и коэффициентом радиальной усушки в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний коэффициент усушки	Коэффициент усушки в % от общей средней	Минимальный коэффициент усушки	Максимальный коэффициент усушки
0,5	1	1	0,15	107,1	—	—
0,6	2	7	0,14	100,0	0,13	0,15
0,7	3	22	0,11	78,6	0,03	0,17
0,8	3	20	0,12	85,7	0,04	0,17
0,9	3	22	0,13	92,8	0,04	0,20
1,0	3	28	0,15	107,1	0,05	0,20
1,1	2	9	0,15	107,1	0,06	0,20
1,2	3	7	0,16	114,3	0,14	0,21
1,3	2	6	0,18	128,6	0,17	0,20
1,5	3	5	0,15	107,1	0,09	0,17
1,6	2	5	0,12	85,7	0,05	0,07
1,7	1	1	0,19	135,7	—	—
1,8	2	2	0,12	85,7	0,07	0,17
1,9	1	2	0,07	50,0	0,06	0,07

Всего образцов 137. Средний коэффициент радиальной усушки 0,14.

Связь между коэффициентом усушки в тангенциальном направлении и шириной слоя показана в табл. 3. Приведенные цифры ясно показывают отсутствие выраженной связи между этими двумя показателями. Все же, в годичных кольцах шириной в 1,1 мм и более не отмечены коэффициенты усушки менее 0,28, в то время как в годичных кольцах шириной менее 1,1 мм не было ни одной средней более 0,26. Анализ максимумов и минимумов также подтверждает заключение, что для данного свойства мы имеем тенденцию к увеличению коэффициентов тангенциальной усушки по мере увеличения ширины годичного слоя.

Таблица 3

Связь между шириной годичного слоя и коэффициентом тангенциальной усушки в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний коэффициент усушки	Коэффициент усушки в % от общей средней	Минимальный коэффициент усушки	Максимальный коэффициент усушки
0,5	1	1	0,26	113,0	—	—
0,6	3	8	0,24	104,3	0,19	0,24
0,7	3	15	0,22	95,7	0,17	0,28
0,8	3	16	0,22	95,7	0,18	0,28
0,9	3	12	0,25	108,7	0,18	0,28
1,0	3	14	0,26	113,0	0,18	0,30
1,1	2	5	0,28	121,7	0,23	0,32
1,2	3	8	0,28	121,7	0,20	0,34
1,3	1	4	0,32	139,1	0,27	0,43
1,5	3	4	0,29	126,1	0,25	0,33
1,6	1	1	0,28	121,7	—	—
1,7	1	1	0,28	121,7	—	—
1,8	1	1	0,29	126,1	—	—

Всего образцов 90. Средний коэффициент тангенциальной усушки 0,25.

Отношения между гигроскопичностью древесины (влагопоглощением) и шириной годичного слоя приведены в табл. 4. Показатели гигроскопичности древесины менее варьируют, чем показатели других физических свойств, и поэтому различия между образцами здесь менее велики. В целом, связь почти совершенно не выражена, хотя можно отметить некоторое увеличение гигроскопичности с увеличением ширины слоя.

В табл. 5 приведены данные о связи между шириной слоя и водопоглощением. В этом случае мы имеем, напротив, довольно отчетливую связь, заключающуюся в том, что образцы с узкими кольцами поглощают воду интенсивнее, чем образцы с широкими кольцами. Интересно, что минимальные показатели обнаруживают большой разницей и не показывают той закономерности, которая обнаруживается в средних показателях, в то время как максимальные показатели дают вполне отчетливое уменьшение с возрастанием ширины слоя (рис. 1). Ниже мы увидим, что такие различия между максимальными и минимальными показателями наблюдаются при сопоставлении и других свойств древесины с шириной слоя, причем могут иметь и обратную направленность, т. е. максимальные показатели не показывают закономерности, выявляемой на средних, а минимальные ее показывают. Эти различия имеют свои причины, о которых речь будет идти ниже.

Разбухание в радиальном направлении в связи с шириной годичного слоя иллюстрировано в табл. 6. Здесь заметно довольно отчетливое повышение разбухания (выраженного в процентах) по мере

Таблица 4

Связь между шириной годичного слоя и гигроскопичностью на 30 суток (в %/%)
в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средняя гигроско- пичность (в %/%)	Гигроскопич- ность в %/%% от общей средней	Минимальная гигроскопич- ность в %/%%	Максималь- ная гигро- скопичность (в %/%%)
0,5	1	1	16,99	97,9	—	—
0,6	4	10	17,03	98,1	14,33	18,79
0,7	4	23	17,24	99,3	15,29	19,35
0,8	4	23	17,08	98,4	15,27	19,92
0,9	4	17	16,98	97,8	15,31	19,72
1,0	3	17	17,76	102,3	14,92	19,92
1,1	2	11	17,40	100,3	16,80	18,75
1,2	3	7	17,54	101,2	17,10	18,10
1,3	3	8	16,97	97,6	15,48	18,18
1,5	3	5	17,76	102,3	16,69	18,52
1,6	2	5	18,78	108,2	18,29	19,23
1,7	1	1	18,62	107,3	—	—
1,8	2	2	17,56	101,2	16,87	18,25
1,9	2	2	17,60	101,4	16,87	18,37

Всего образцов 132. Средняя гигроскопичность на 30 суток (в %/%) 17,35%.

Таблица 5

Связь между шириной годичного слоя и водопоглощением на 30 суток (в %/%)
в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средняя водопогло- щения (в %/%)	Водопогло- щение в %/%% от общей средней	Минимальное водопоглоще- ние (в %/%%)	Максималь- ное водо- поглощение (в %/%%)
0,6	4	18	119,96	110,1	91,1	124,4
0,7	4	34	107,7	99,5	89,9	144,1
0,8	4	25	114,39	105,7	93,0	143,0
0,9	4	22	105,0	97,0	85,0	126,3
1,0	3	13	114,6	105,9	88,5	129,4
1,1	3	10	105,6	97,5	96,4	124,0
1,2	4	15	94,5	87,3	82,2	128,1
1,3	1	1	83,6	77,2	—	—
1,4	2	2	82,4	76,1	81,0	83,8
1,5	2	2	92,4	85,4	84,9	99,8
1,6	3	4	89,0	82,2	79,3	98,3
1,9	1	1	78,8	72,8	—	—
2,2	1	1	101,4	93,7	—	—

Всего образцов 148. Среднее водопоглощение на 30-е сутки (в %/%)—108,2.

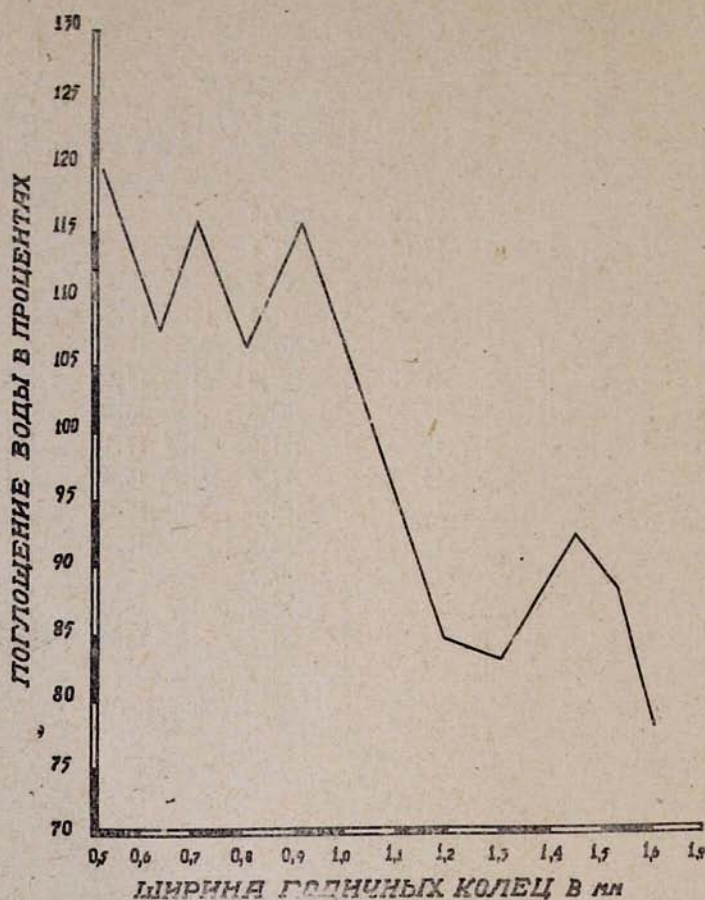


Рис. 1. Связь между шириной годовичного кольца и водопоглощением древесины дубов Армении.

увеличения ширины годовичного слоя. Некоторое уменьшение разбухания в образцах с очень широкими годовичными кольцами (1,9 и 2,2) может быть вызвано малым количеством образцов (но надо отметить, что аналогичное падение показателей в очень широких кольцах было установлено и при объемном весе на довольно значительном числе образцов).

Табл. 7 показывает связь между шириной слоя и разбуханием в тангенциальном направлении. Здесь также может быть замечена та же закономерность, что и в случае разбухания в радиальном направлении, причем падения величины разбухания в самых широких кольцах не отмечается (хотя максимальная величина разбухания отмечена в относительно не очень широком кольце—1,3 мм). Рис. 2 показывает связь между шириной годовичного кольца и физическими свойствами древесины дубов Армении.

Переходя к выявлению связи между шириной годовичного кольца и механическими свойствами древесины, рассмотрим сначала эту зави-

Связь между шириной годичного слоя и радиальным разбуханием (в ‰) в древесине дубов Армении

Таблица 6

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Среднее разбухание (в ‰)	Разбухание в ‰ от общей средней	Минимальное разбухание (в ‰)	Максимальное разбухание (в ‰)
0,6	4	19	4,62	85,1	3,44	6,14
0,7	4	34	5,08	95,0	3,87	6,30
0,8	4	18	4,95	93,1	3,72	6,09
0,9	4	22	5,98	112,6	3,90	9,64
1,0	3	13	5,44	102,5	4,54	6,95
1,1	3	10	5,91	111,5	4,37	7,22
1,2	4	14	6,42	120,9	5,12	7,00
1,3	1	1	7,36	138,6	—	—
1,4	2	2	4,86	91,5	3,50	6,21
1,5	2	2	6,35	119,6	5,83	6,78
1,6	3	4	6,63	124,7	5,73	8,48
1,9	1	1	5,05	95,1	—	—
2,2	1	1	5,70	107,3	—	—

Всего образцов 141. Среднее разбухание (в ‰)—5,31.

Связь между шириной годичного слоя и тангенциальным разбуханием (в ‰) в древесине дубов Армении

Таблица 7

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Среднее разбухание (в ‰)	Разбухание (в ‰) от общей средней	Минимальное разбухание (в ‰)	Максимальное разбухание (в ‰)
0,6	4	19	9,3	90,4	7,25	11,66
0,7	4	34	9,76	94,9	6,40	16,04
0,8	4	23	10,32	100,4	8,11	12,20
0,9	4	22	10,65	103,5	6,70	14,39
1,0	3	13	10,16	98,8	7,14	12,86
1,1	3	10	10,76	104,6	8,48	11,86
1,2	4	14	11,58	112,6	9,64	15,15
1,3	1	1	14,43	140,3	—	—
1,4	2	2	12,83	124,8	11,21	14,46
1,5	2	2	11,79	114,7	11,20	12,33
1,6	2	2	11,49	11,7	10,55	12,43
1,9	1	1	13,30	129,3	—	—
2,2	1	1	11,60	108,5	—	—

Всего образцов 144. Среднее разбухание (в ‰)—10,28.

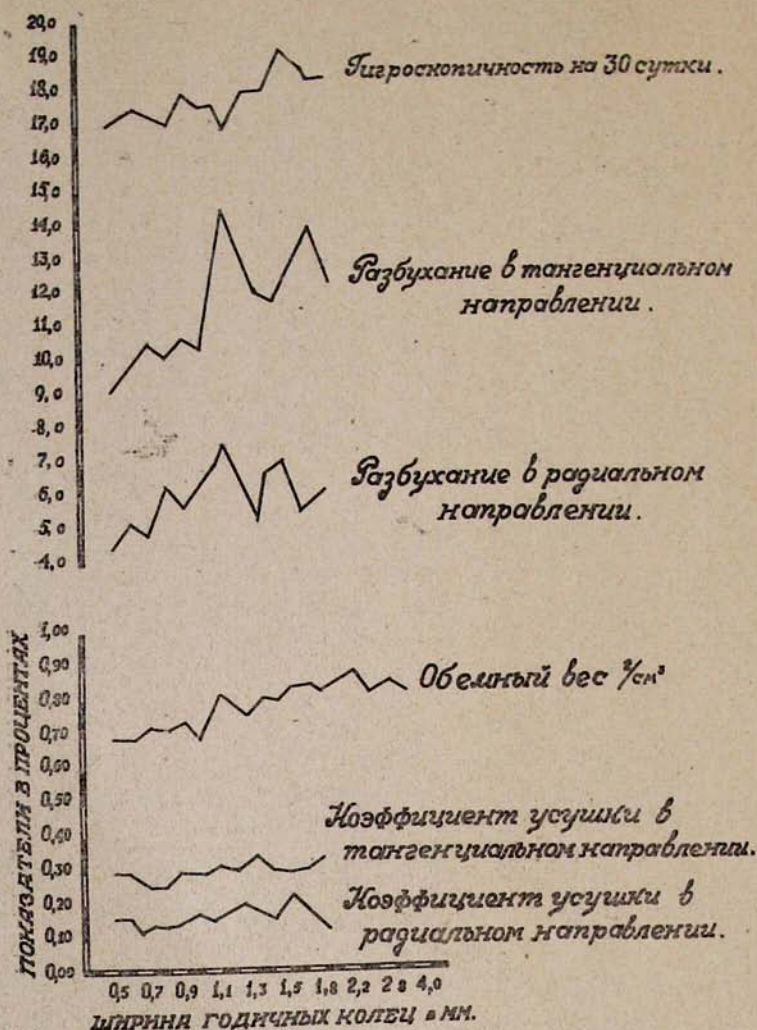


Рис. 2. Связь между шириной годичного кольца и физическими свойствами древесины дубов Армении.

симость для сжатия вдоль волокон. Соответствующие данные приведены в табл. 8. За некоторыми исключениями, неизбежными при анализе любых биологических явлений, из таблицы усматривается наличие вполне четкой зависимости между шириной слоя и показателями предела прочности при сжатии вдоль волокон. Образцы с шириной годичного слоя в 0,4—0,5 мм имеют предел прочности около 325 кг/см², в 0,6—0,7 мм—более 400, с шириной слоя 0,8—1,0 мм—около 450 кг/см², от 1,1 до 1,7 мм—от 444 до 507 кг/см² и, наконец, выше 1,7 мм—большой частью более 500 кг/см². Исключение представляют образцы со средней шириной 1,7 и 1,9 мм, так как количество их было очень незначительно и, кроме того, все они получены

Таблица 8

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при сжатии
вдоль волокон в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при сжатии (кг/см ²)	Предел прочности при сжатии в % от общей средней	Минимальный показатель предела прочности при сжатии (кг/см ²)	Максималь- ный показа- тель предела прочности при сжатии (кг/см ²)
0,4	4	23	328	70,5	288	441
0,5	8	86	321	69,0	262	467
0,6	10	236	391	84,9	282	530
0,7	12	194	415	89,2	290	581
0,8	14	231	434	93,3	208	655
0,9	15	191	449	91,6	304	754
1,0	15	138	458	98,5	294	640
1,1	17	150	480	103,2	257	660
1,2	14	52	485	104,3	318	642
1,3	14	66	481	103,4	309	679
1,5	16	47	507	109,0	362	626
1,6	15	38	505	108,6	312	601
1,7	2	4	444	95,5	330	536
1,8	13	41	513	110,3	396	629
1,9	1	1	447	96,1	—	—
2,0	11	41	515	110,8	410	650
2,2	10	42	533	114,6	419	644
2,5	11	53	515	110,8	427	636
2,8	8	31	482	103,8	346	563
3,3	5	27	503	108,1	432	640
4,0	4	9	531	114,2	445	614
5,0	1	1	571	122,9	—	—

Всего образцов 1750. Средний предел прочности при сжатии вдоль волокон 465 кг/см².

из деревьев северной Армении (где вообще, как это подробно описано нами в ранее опубликованной статье (Хуршудян, 1957), механические показатели древесины дуба ниже этих же показателей деревьев из южной Армении). Как максимальные, так и минимальные показатели также показывают ту же закономерность. Значительное количество образцов, использованных для составления этой таблицы (1650 шт.), указывает на достоверность выявленных связей.

В табл. 9 приведены средние показатели по связи между шириной годичного слоя и пределом прочности при статическом изгибе. Связь по этому показателю выражена весьма отчетливо—более отчетливо, чем связь объемного веса с шириной слоя. Предел прочности при статическом изгибе в образцах с годичным слоем шириной в 0,4—0,5 составляет всего 70—64% от среднего показателя данного свойства.

Таблица 9

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при статическом изгибе в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при статическом изгибе (кг/см ²)	Предел прочности при статическом изгибе в ‰ от общей средней	Минимальный показатель предела прочности при статическом изгибе (кг/см ²)	Максимальный показатель предела прочности при статическом изгибе (кг/см ²)
0,4	4	14	523	70,6	405	915
0,5	5	30	481	64,9	377	790
0,6	10	70	609	82,3	394	970
0,7	8	43	619	83,9	390	1007
0,8	12	81	675	91,1	347	1040
0,9	10	42	665	89,9	342	1034
1,0	15	47	722	97,4	402	1113
1,1	14	28	793	107,0	437	1044
1,2	9	16	771	104,0	377	965
1,3	13	21	784	105,8	505	1015
1,4	10	17	789	106,4	427	1020
1,5	7	10	673	90,8	403	851
1,6	7	8	785	105,9	681	1057
1,7	1	1	1124	151,7	—	—
1,8	6	8	784	105,9	562	1046
2,0	6	7	774	104,4	620	977
2,2	5	13	874	117,9	767	1164
2,5	4	4	936	126,3	880	1008
2,8	3	7	876	118,2	700	1076
3,3	3	7	822	110,9	382	999
4,4	3	5	917	123,7	743	1160

Всего образцов 479. Средний предел прочности при статическом изгибе—741 кг/см².

Как и при сопоставлении величины объемного веса с шириной слоя, средние показатели по статическому изгибу примерно равны показателям этого свойства в образцах с шириной слоя в 10 мм (97,4‰). Возрастание показателей предела прочности при статическом изгибе идет равномерно, и в образцах с очень широкими кольцами мы имеем наибольшие показатели (123‰ от среднего по 24 деревьям).

Однако анализ максимальных и минимальных показателей приводит к выводу, что колебания в абсолютных величинах предела прочности при статическом изгибе значительно большие, чем при объемном весе. Так, показатели свыше тысячи кг/см² были отмечены в отдельных образцах с шириной слоя в 0,7 мм, 0,8 мм, 0,9 мм и 1,0 мм, в то время как показатели менее тысячи кг/см² встречались в образцах с шириной слоя в 2,0 мм и 3,3 мм.

Беря, как и выше, за среднюю ширину годичного слоя слой в 1 мм, мы находим для предела прочности при статическом изгибе весьма значительные колебания в абсолютных величинах данного свойства. При этом колебания не связываются с типами леса* и в какой-то мере являются специфическими для каждого дерева в отдельности. Например, дерево № 13 (Зангезур, восточный дуб, пятая группа типов) дало для образцов с шириной годичных слоев 0,9, 1,0 и 1,1 пределы прочности в 893, 832 и 939 кг/см², в то время как восточный дуб (№ 17) из такого же влажного типа (высокогорный дубняк) в том же районе для той же ширины годичного слоя показал соответственно 430, 777 и 852 кг/см². Таким образом, если вообще для каждого дерева можно заметить возрастание показателя с увеличением ширины годичного слоя, то абсолютные значения этого показателя у разных деревьев при одной и той же ширине годичного слоя оказываются часто совершенно различными.

Сжатие поперек волокон в радиальном направлении следует тем же закономерностям, но в несколько ином ходе повышения показателей. В табл. 10 приведены пределы прочности при данном виде испытания. Показатели, равные среднему показателю по этому свойству, отмечаются не при ширине годичного слоя в 1,0 мм, а в образцах с шириной слоя в 1,5—1,8 мм. Само возрастание здесь более резко. Так, образцы с шириной слоя в 0,4 мм показали предел прочности равный 57,4% от общей средней, а образцы с шириной слоя в 4,0 мм—143,8%.

Анализ максимальных и минимальных показателей дает более равномерную картину, чем у некоторых других свойств. В образцах с шириной слоя менее 1,0 мм пределы прочности не поднимаются выше 200 кг/см², в то время как у образцов с шириной слоя в 2,5 мм и выше максимальные показатели всегда более 240 кг/см².

Абсолютные значения показателей предела прочности при сжатии поперек волокон в радиальном направлении в образцах с одинаковой шириной годичных слоев также довольно различны. Например, при ширине слоя в 1,0 мм дерево № 19 (Зангезур, дуб восточный, третья группа типов—степные дубравы) дало величину предела прочности в 205 кг/см², а дерево № 30 (северная Армения, восточный дуб, пятая группа типов)—всего 115 кг/см². Однако сколько-нибудь закономерной связи между абсолютными показателями по данному свойству и типами леса (при одной и той же ширине годичного кольца) на нашем материале выявить не удалось.

Табл. 11 иллюстрирует данные по связи между шириной слоя и пределом прочности при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении. Общая закономерность здесь выражена вполне ясно и в целом мы видим, что с увеличением ширины слоя показатели предела прочности увеличиваются. Размер этого увеличения, однако,

* За тип леса нами приняты хозяйственные группы типов дубовых лесов Армении по Л. Б. Махатадзе.

Таблица 10

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при сжатии поперек волокон в радиальном направлении в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при сжатии в радиальном направлении (кг/см ²)	Предел прочности при радиальном сжатии в % от общей средней	Минимальный показатель предела прочности при радиальном сжатии (кг/см ²)	Максимальный предел прочности при радиальном сжатии (кг/см ²)
0,4	1	1	97	57,4	—	—
0,5	3	14	128	75,7	107	159
0,6	7	56	127	75,1	92	175
0,7	8	44	134	79,3	100	163
0,8	11	61	140	82,8	95	172
0,9	12	41	144	85,2	104	174
1,0	15	47	154	91,1	112	200
1,2	12	19	157	92,9	9	201
1,3	9	14	160	94,7	116	201
1,4	7	15	174	102,9	126	191
1,5	7	11	169	100,0	130	200
1,6	8	10	169	100,0	141	206
1,8	7	10	161	95,2	105	203
2,0	7	10	182	107,7	119	222
2,1	1	3	139	82,2	121	170
2,2	8	14	180	106,5	134	225
2,5	6	11	198	117,1	124	273
2,8	4	10	181	107,1	130	297
3,3	3	6	214	126,6	189	241
4,0 и больше	3	5	243	143,8	216	270

Всего образцов 432. Средний предел прочности при сжатии поперек волокон в радиальном направлении 169 кг/см².

менее значителен, чем при сжатии в радиальном направлении. Образцы с годичными кольцами шириной в 0,4—0,5 имеют показатели, составляющие 86,5 и 73,6%, от общей средней, в то время как образцы с годичными слоями шириной в 3 мм и выше имеют показатели, превышающие среднюю на 24 и 33%. Совпадение общей средней со средней образцов с определенной шириной годичного слоя достигается в образцах с годичными кольцами толщиной в 1,0 мм. Как минимальные показатели, так и максимальные почти не показывают правильного возрастания. Общая картина связи весьма напоминает картину, установленную для предела прочности при статическом изгибе. Это сходство не является случайным, так как для обоих свойств нагрузки прилагаются в одинаковом направлении—перпендикулярно годичным слоям.

Таблица 11

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при тангенциальном сжатии (кг/см ²)	Предел прочности при тангенциальном сжатии в % от общей средней	Минимальный показатель предела прочности при тангенциальном сжатии (кг/см ²)	Максимальный показатель предела прочности при тангенциальном сжатии (кг/см ²)
0,4	2	3	128	86,5	113	144
0,5	4	29	109	73,6	89	144
0,6	7	27	122	82,4	79	151
0,7	8	32	118	79,9	88	165
0,8	11	65	118	79,9	81	156
0,9	11	37	135	91,2	77	185
1,0	13	33	148	100,0	96	208
1,1	11	30	139	93,8	89	200
1,2	9	15	148	100,0	119	180
1,3	6	9	149	100,7	116	226
1,4	9	13	166	112,2	95	216
1,5	6	9	165	111,6	150	203
1,6	3	5	144	97,3	123	177
1,8	8	12	175	118,2	113	263
2,0	6	12	167	112,9	117	200
2,2	6	11	181	122,3	114	200
2,5	4	5	170	114,9	136	195
2,8	4	6	177	119,6	115	207
3,3	3	4	184	124,3	92	239
4,0 и больше	5	5	197	133,1	169	211

Всего образцов 363. Средний предел прочности при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении 148 кг/см².

Анализ абсолютных величин для образцов с одной шириной годичного слоя (на примере образцов с годичными слоями шириной в 1 мм) показывает также значительные вариации. Так, дерево № 30 (северная Армения, дуб восточный, пятая группа типов) имеет предел прочности 108 кг/см², в то время как такое же дерево № 29 (из того же района и тот же вид) показало предел прочности в 151 кг/см².

Показатели торцевой твердости приведены в табл. 12. Общая закономерность здесь выявлена также достаточно отчетливо, но ход кривой несколько напоминает ход кривой при сжатии поперек волокон в радиальном направлении, так как совпадение с общей средней достигается также при ширине годичного слоя в 1,4—1,6 мм. Тем не менее, разброс средних показателей здесь довольно значителен и общая закономерность нарушается довольно часто. Такой же вывод может быть сделан и при анализе максимумов и минимумов.

Таблица 12

Связь между шириной годичного слоя и торцевой твердостью
древесины дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средняя торцевая твердость кг/см ²	Торцевая твердость в % от общей средней	Минимальная твердость кг/см ²	Максимальная твердость кг/см ²
0,4	2	4	323	49,7	292	358
0,5	4	26	435	66,4	251	416
0,6	8	47	380	58,1	243	570
0,7	9	62	393	60,1	261	537
0,8	9	25	471	72,2	265	816
0,9	8	31	502	76,7	282	885
1,0	9	31	512	78,3	295	892
1,1	11	30	561	85,9	278	978
1,2	13	35	528	80,7	223	764
1,3	4	16	417	63,7	307	535
1,4	9	27	647	98,9	457	857
1,5	3	7	421	64,4	310	494
1,6	11	26	757	115,7	432	883
1,8	4	11	467	71,4	398	541
2,0	9	20	785	120,0	498	955
2,2	1	3	446	69,7	434	466
2,5	10	25	743	113,6	539	484
3,3	9	22	800	122,3	620	979
4,0 и больше	4	4	863	131,9	717	1036

Всего образцов 452. Средняя твердость 654 кг/см².

Абсолютные значения показателей при одной и той же ширине годичного слоя варьируют весьма значительно. Так, образцы с шириной годичного слоя в 1,0 мм показывают твердость от 344 кг/см² (дерево № 28) и до 892 (дерево № 22). В отличие от данных по предыдущим свойствам, торцевая твердость показывает довольно отчетливую зависимость от типа леса—при одной и той же ширине годичного слоя, в сухих типах показатели выше, чем в свежих и влажных.

В табл. 13 приведены данные, иллюстрирующие связь между шириной годичных слоев и пределом прочности при скалывании в радиальной плоскости. Некоторое увеличение предела прочности может быть отмечено по мере увеличения ширины слоя, однако оно выражено не очень отчетливо и довольно часто нарушается. В этом отношении любопытен анализ максимальных и минимальных величин предела прочности. Минимальные величины возрастают с увеличением ширины слоя довольно закономерно. Так, в пределах ширины слоя от

Таблица 13

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при скалывании в радиальной плоскости в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при радиальном скалывании кг/см ²	Предел прочности при радиальном скалывании в % от общей средней	Максимальный показатель при радиальном скалывании (кг/см ²)	Максимальный показатель при радиальном скалывании (кг/см ²)
0,5	3	11	87	80,2	59	114
0,6	11	92	90	81,1	39	146
0,7	9	122	88	79,3	45	132
0,8	11	107	104	93,6	42	155
0,9	13	57	99	89,2	42	132
1,0	11	76	105	94,6	30	167
1,1	14	76	106	95,9	64	142
1,2	12	22	116	104,3	64	188
1,3	10	21	111	100,0	72	145
1,4	14	26	106	95,5	61	127
1,5	12	20	118	106,3	80	175
1,6	9	16	115	103,7	84	143
1,8	8	15	132	119,8	81	178
1,9	1	2	95	85,6	69	121
2,0	7	10	124	111,7	102	151
2,2	6	7	125	112,6	100	148
2,5	4	7	122	109,9	110	154
2,8	3	6	109	98,2	91	130
3,3	1	7	105	94,6	90	128
4,0	3	6	126	113,5	97	137

Всего образцов 706. Средний предел прочности при скалывании в радиальной плоскости 11 кг/см².

0,5 до 1,0 мм не было ни одного образца, который показал бы минимальную разрушающую нагрузку более 59 кг/см²; при ширине слоя от 1,1 и до 1,6 мм нет минимальных нагрузок менее 60 кг/см²; а в образцах со слоями от 1,8 и до 4—5 мм только в одном случае мы встречаем предел прочности равный 69 кг/см² и большинство минимальных нагрузок происходит 90 кг/см². Напротив, максимальные нагрузки варьируют очень сильно и в их величинах нельзя найти какого-либо закономерного хода. Это различие не является случайным, но имеет свое объяснение, на котором мы также остановимся несколько ниже.

Рассмотрение величин предела прочности при радиальном скалывании для образцов со средней шириной годичного слоя в 1,0 мм также показывает значительные колебания. Наибольшие величины отмечаются при этом у образцов порослевого дуба и наименьшие у образцов из северной Армении.

Скалывание в тангенциальной плоскости, данные о котором приведены в табл. 14, показывают несколько более отчетливое возрастание пределов прочности при увеличении ширины годичного слоя. Совпадение средних данных образцов с той или иной шириной годичного слоя с общей средней данного свойства по 19 деревьям достигается (и то с рядом исключений) при ширине около 2,0 мм (т. е. при

Таблица 14

Связь между шириной годичного слоя и пределом прочности при скалывании в тангенциальной плоскости в древесине дубов Армении

Средняя ширина годичного слоя (в мм)	К-во деревьев	К-во образцов	Средний предел прочности при тангенциальном скалывании кг/см ²	Предел прочности при тангенциальном скалывании в % от общей средней	Минимальный показатель при тангенциальном скалывании (кг/см ²)	Максимальный показатель при тангенциальном скалывании (кг/см ²)
0,4	1	3	99	82,5	89	106
0,5	5	37	91	75,8	60	115
0,6	8	89	97	80,8	52	137
0,7	8	109	98	81,7	57	128
0,8	10	119	91	75,8	48	153
0,9	12	77	128	106,6	61	176
1,0	12	85	112	93,3	65	187
1,1	14	90	108	90,0	66	161
1,2	10	35	110	91,7	77	145
1,3	10	23	115	95,8	82	151
1,4	12	22	115	95,8	92	138
1,5	9	19	116	96,6	68	162
1,6	8	14	117	97,5	84	144
1,8	11	18	127	105,8	91	194
1,9	2	2	109	90,8	99	119
2,0	8	13	115	95,8	78	166
2,1	2	2	127	105,8	113	142
2,2	7	11	124	103,5	104	140
2,5	4	7	137	114,1	111	183
2,8	2	6	125	104,1	115	144
3,0	2	6	142	118,3	120	187
3,3	4	13	132	110,0	89	181
4,0	2	19	159	132,5	138	195

Всего образцов 819. Средний предел прочности при скалывании в тангенциальной плоскости 120 кг/см².

большей ширине, чем для большинства других свойств). Анализ максимальных и минимальных значений пределов прочности показывает примерно ту же закономерность, что и при скалывании в радиальной плоскости, т. е. минимум показывает гораздо более отчетливую тенденцию к возрастанию с увеличением ширины годичного слоя, чем максимумы.

Образцы со средней шириной годичного слоя в 1,0 мм, так же как и во всех предыдущих случаях, показывают большие вариации, причем, как и для скалывания в радиальной плоскости, порослевые дубы дают большие величины, а образцы из северной Армении — наименьшие.

Изменение механических свойств древесины дубов Армении в связи с шириной годичного кольца приведены на рис. 3.



Рис. 3. Связь между шириной годичного кольца и механическими свойствами древесины дубов Армении

Анализируя результаты сопоставлений между шириной годичного слоя с различными физическими и механическими свойствами, приведенными в табл. 1—14, мы прежде всего должны констатировать, что далеко не все свойства древесины дуба показывают в одинаковой степени связь с шириной годичного слоя. Некоторые свойства очень

тесно коррелированы с шириной слоя, другие—менее, наконец, ряд свойств, по-видимому, почти никак не связан с этим признаком древесины.

Наиболее четкие корреляционные связи с шириной слоя могут быть отмечены у таких свойств древесины, как предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности при статическом изгибе и предел прочности при сжатии поперек волокон (как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях). Для этих показателей древесины дуба характерно большое развитие между пределами прочности у образцов с узкими кольцами и у образцов с широкими кольцами. Так, для сжатия поперек волокон различия в величине средних разрушающих нагрузок достигают почти трехкратного размера—у образцов с узкими кольцами они составляют всего около 50% от значения средней, в то время как у образцов с широкими кольцами—143%. У остальных из перечисленных четырех свойств эти различия несколько меньше, но все же они обычно двукратны или около того. Следует отметить, что речь идет здесь о средних значениях большей частью из довольно большого числа образцов, и сравнение максимальных и минимальных показателей дало бы еще более разительные отличия.

Другие свойства, такие как торцовая твердость, объемный вес, водопоглощение и разбухание как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях, показывают менее четкие корреляции с шириной годичного слоя. Слабая выраженность связи или ее частые нарушения говорят о том, что в данных свойствах древесины мы имеем какие-то факторы, которые нарушают связь. К этим же свойствам надо добавить и скалывание в обоих плоскостях (как радиальной, так и тангенциальной), хотя у них нарушения общей закономерности еще более обычны.

Наконец, для коэффициентов радиальной и тангенциальной усушки и для гигроскопичности мы по сути дела уже не можем говорить о корреляционных связях с шириной годичного слоя, но лишь о некоторых тенденциях к увеличению или уменьшению показателей при возрастании ширины слоя.

Все сказанное выше относится к средним показателям тех или иных свойств древесины и характеризует собой некоторые статистические закономерности, полученные при анализе определенного (иногда довольно значительного) количества образцов. Вместе с тем, как и показывают литературные данные, установленные закономерности связаны с особенностями в сложении годичных колец различной ширины и именно в этих особенностях следует искать объяснения как выявленных закономерностей, так и особенно отмеченных отклонений от них.

С целью раскрытия тех особенностей структуры годичного кольца дуба, которые определяют собой выявленные закономерные связи, нами был произведен количественный, анатомический анализ целого ряда наших образцов. Для того чтобы правильно ориентироваться в

нашем довольно обширном материале, нами исследовались образцы с широкими (1,5 мм и больше), средними (1,0 мм) и узкими (менее 0,7 мм) годичными кольцами, причем были выбраны образцы, выдержавшие максимальные и минимальные разрушающие нагрузки. Для того чтобы в какой-то мере установить влияние условий произрастания, образцы выбирались из наиболее характерных групп типов (сложные дубравы, дубравы араксинского дуба, степные дубравы, высокопроизводительные дубравы и смешанные дубравы леса среднего горного пояса и субальпийские влажные дубравы) дубовых лесов Армении.

Древесина дубов анатомически очень хорошо исследована (Туманян, 1953), поэтому можно не останавливаться на ее более или менее детальном анатомическом описании, которое можно найти как у указанного автора, так и в курсах древесиноведения С. И. Ванина и Л. М. Перелыгина, в „Древесинах Кавказа“ А. А. Яценко-Хмелевского и т. д.

Значительная сложность структуры древесины дуба, ее неравномерность и неправильное распределение в ней группы мелких сосудов и островков трахеид, а также неравномерное прохождение широких лучей делают весьма трудным получение каких-либо цифровых характеристик удельного объема отдельных групп элементов. Просмотр и пробные замеры многих десятков препаратов, изготовленных из наших образцов, привели нас к убеждению, что наиболее варьирующими по своему удельному объему элементами древесины дуба являются сосуды как мелкие, так и крупные, трахеиды и волокна либриформа. Напротив, лучи (как узкие, так и широкие) и паренхима варьируют меньше (особенно в связи с большей или меньшей шириной годичного кольца), хотя условия произрастания все же оказывают некоторое влияние и на эти элементы также.

Оценивая влияние изменения ширины годичного кольца на структуру древесины, мы произвели целый ряд соответствующих измерений. Сложность структуры годичного кольца приводит к тому, что обычные методы измерений (т. е. „линейные методы“) дают очень варьирующие и недостаточно достоверные результаты. Поэтому для получения более или менее обобщенных показателей в ряде случаев пришлось отказаться от определения удельных объемов линейным методом и прибегнуть как к весовому методу, так и к визуальному определению количества тех или иных элементов.

Крупные сосуды в древесине дуба, расположенные в кольце просветов, относительно легко поддаются точному учету. Для установления их удельного объема, мы прибегнули к наиболее простому и одновременно достаточно точному линейному методу. Произведенные измерения показали, в полном согласии с имевшимися ранее литературными данными, что в узких годичных кольцах процент объема полостей широких сосудов, как правило, значительно больше этого процента в широких кольцах (соответствующие данные смотри в Трудах Бот. ин-та АН АрмССР, том II,

табл. 7). Следует отметить, что в абсолютных цифрах процента объема сосудов существуют довольно большие колебания, так как для каждого дерева имеется своя некоторая норма количества сосудов. Так, модельное дерево № 14 (пятая группа типов) в узком годичном кольце (0,6 мм) имело 34% полостей сосудов, в то время как в широком слое (2,2 мм) полости сосудов занимали 22% от общего объема древесины в кольце. Напротив, модельное дерево № 24 (араксинские дубравы) в узком годичном кольце шириной в 0,9 мм имело 16% полостей широких сосудов, а в широком кольце (3,3 мм)—5% полостей широких сосудов.

Установленная закономерность уменьшения удельного объема полостей крупных сосудов (известная, как мы это уже подчеркивали, и раньше) в некоторой мере объясняет то повышение механических свойств древесины с увеличением ширины слоя, которое было показано нами на предыдущих страницах. Однако далеко не одни крупные сосуды играют основную роль в итоговом удельном объеме плотной массы древесинного вещества, заключающемся в том или ином объеме древесины. Не меньшую, а иногда и большую роль играет здесь и соотношение между волокнами либриформа, с одной стороны, и трахеидами и мелкими сосудами, с другой.

Просмотр препаратов показал нам, что соотношения между волокнами и трахеидами и мелкими сосудами подвержены значительным колебаниям. Однако размах этих колебаний различен в узких и в широких годичных кольцах. В узких годичных кольцах мы наблюдаем гораздо более сильные колебания, чем в широких. Произведенные измерения весовым способом показали, что объем волокон либриформа в узких кольцах может варьировать от нуля и до 60%, в то время как в широких кольцах нами не было ни разу встречено случая почти полного отсутствия волокон либриформа, и колебания здесь имеют гораздо меньший диапазон (Хуршудян, 1958).

Различия в проценте плотной массы в пределах групп волокон либриформа и групп трахеид и мелких сосудов очень велики. Соответствующими измерениями, произведенными линейным методом, было установлено, что в то время как в среднем в пределах группы волокон либриформа полости занимают 30—20% от общего объема древесины, занятого этой группой, в пределах островков трахеид (без мелких сосудов в островке) полости составляют 50—60%, т. е. почти в два раза больше. Это различие, естественно, еще больше усиливается, когда в островках трахеид мы наблюдаем также и мелкие сосуды.

Из этих данных можно сделать вывод, что большее или меньшее развитие островков трахеид оказывает значительное влияние на физические и механические свойства древесины. Если наши наблюдения о большом размахе колебаний в количестве островков трахеид и мелких сосудов в узких кольцах соответствуют каким-либо общим закономерностям в сложении годичных колец дуба, то можно было

ожидать, что коэффициенты вариации у образцов с узкими кольцами будут больше, чем коэффициенты вариации у образцов с широкими кольцами. Произведенные нами сопоставления над рядом образцов (табл. 15), показали, что действительно у одного и того же дерева коэффициенты вариации ($V\%$) и точность опыта ($P\%$), вычисленные отдельно для образцов с узкими и с широкими годовыми кольцами, оказались весьма различными. Как можно усмотреть из таблицы, это различие в величине коэффициента вариации иногда почти двукратно (9,5 для узких годовых колец и 4,85 для широких годовых колец у дерева № 17), но всегда отчетливо выражено.

Таблица 15

Средние показатели предела прочности при сжатии вдоль волокон и коэффициент изменчивости в древесине дубов с широкими и узкими годовыми кольцами

№№ мо- дельных деревьев	Количество образцов n	Ширина годичного слоя от 0,5 до 0,7 мм					Количество образцов n	Ширина годичного слоя 1,8 мм				
		M	±σ	±m	V°/о	P°/о		M	±σ	±m	V°/о	P°/о
13	36	403	50,4	1,4	12,5	0,34	19	513	30,8	7,06	6,12	1,38
14	42	408	47,5	7,33	11,64	1,79	34	566	47,8	8,19	8,44	1,44
17	22	416	39,5	8,42	9,5	2,02	11	536	26,02	7,83	4,85	1,46

Следовательно, отмеченная нами под микроскопом закономерность действительно отвечает какой-то биологической закономерности в развитии годовых колец у дуба. В ранее опубликованной (П. А. Хуршудян, 1957) работе мы показали влияние условий внешней среды на свойства древесины дуба. Сейчас же ограничимся только констатацией того факта, имеющего определенное значение для прикладного лесоведения, что вариации в показателях прочности древесины дуба значительно больше (почти в два раза) у древесины с узкими кольцами по сравнению с древесиной с широкими кольцами. Таким образом, древесина с узкими кольцами не только как правило отличается пониженными механическими свойствами, но еще и меньшим постоянством в свойствах.

Анализируя корреляционную связь между шириной годового кольца и различными физическими и механическими свойствами древесины, мы пришли к заключению, что не все свойства показывают одинаково отчетливо выраженную зависимость. Без сомнения, это отчасти связано с тем, что при различных механических нагрузках работают различные структурные элементы древесины. Так, все те свойства древесины, при которых, в конкретных условиях испытаний, под нагрузкой находится более или менее значительный массив древесины, в котором разрушающие усилия распределяются более или менее равномерно, показывают более отчетливую корреляционную

связь с шириной слоя, чем те свойства, где разрушающие усилия прилагаются к более или менее ограниченным поверхностям древесины. Надо полагать, что именно поэтому пределы прочности при смятии поперек волокон, сжатии вдоль волокон и статическом изгибе показывают значительное и довольно строгое возрастание при увеличении кольца, в то время как оба вида скалывания показывают значительно меньшую связь. При последних испытаниях распределение прикладываемых сил может быть в известной степени случайным и в зависимости от того, в какой зоне древесины возникают разрушающие деформации, могут быть различны и показатели прочности, указываемые прессом.

Особенно это относится к определению торцевой твердости. Казалось бы, что такой показатель, как твердость древесины, должен особенно четко реагировать на увеличение плотной массы. Однако наши испытания показали довольно значительный разбой в цифрах. Нам представляется, что это должно быть объяснено тем, что при определении твердости вдавливаемая в древесину металлическая полусфера имеет диаметр, в какой-то мере соизмеримый с размерами отдельных групп элементов древесины (кольцом просветов, островками трахеид и т. д.). Поэтому, в зависимости от того, на какой именно участок годичного слоя попадает металлическая полусфера, и изменяется результат испытания. При той неоднородности древесины дуба, о которой мы говорили выше, естественно получение часто разнородных результатов.

Следовательно, разбой в данных при сопоставлении показателей по торцевой твердости с шириной слоя зависит не только от изменчивости этого свойства (твердости), но и от особенностей принятого метода испытания.

Весьма интересно, что большинство физических свойств древесины, за исключением водопоглощения, показывает менее отчетливые связи с шириной кольца, чем механические. Следует полагать, что физические свойства древесины в большей мере чем механические связаны с различиями в свойствах самих древесных элементов и потому процент плотной массы древесины не является здесь основным определяющим моментом.

Анализируя приведенные в тексте таблицы, мы в ряде случаев отметили отличия для образцов с различной шириной годичного слоя. Так, например, при скалывании в радиальной поверхности (табл. 13) максимальные нагрузки варьируют очень сильно, в то время как минимальные показатели возрастают с увеличением ширины годичного слоя. Напротив, при водопоглощении наблюдается обратное явление — минимальные показатели варьируют сильно, а максимальные показатели закономерно уменьшаются при увеличении ширины слоя. Мы уже указывали, что эти различия не являются случайными. Так, для случая скалывания в радиальной плоскости возможность появления разрушения при минимальной нагрузке требует наличия определенных

зон в древесине с очень низким процентом плотной массы, причем эти зоны должны быть расположены в радиальном направлении. Такие зоны, как мы на это обращали внимание несколько выше, представляют собой полосы трахеид и мелких сосудов и довольно обычны в узких слоях и редки или отсутствуют в широких. Возможность же разрушения при максимальной нагрузке почти так же часта в узких, как и в широких кольцах (так как при скалывании в радиальной плоскости, надо полагать, кольцо просветов, расположенное поперек прилагаемых сил, не играет основной роли).

Напротив, в случае водопоглощения, видимо, основную роль играет кольцо просветов, меньшую—мелкие сосуды и трахеиды, а волокна либриформа—совершенно ничтожную. В узких кольцах массивы либриформа или отсутствуют или занимают до 60% всего объема древесины, в то время как в широких кольцах волокна либриформа всегда хорошо развиты. Поэтому минимальные величины водопоглощения могут быть встречены как в узких кольцах (в тех образцах, где волокна либриформа относительно сильно развиты), так и, естественно, в широких кольцах, в то время как максимальное водопоглощение наблюдается почти исключительно в узких кольцах.

Такие различия между рядом максимальных и рядом минимальных показателей могут быть отмечены и в некоторых других случаях.

* * *

Вопрос об изменении свойств древесины по двум осям ствола исследован более или менее удовлетворительно только для изменений по радиусу. В этом направлении имеется целый ряд работ, проведенных как с древесиной дуба, так и с некоторыми другими породами. Вопрос этот освещен в соответствующих курсах древесиноведения проф. С. И. Ванина (1949) и проф. Л. М. Перелыгина (1949) и поэтому мы не будем на нем здесь останавливаться. Укажем только, что хотя отличия в свойствах древесины по радиусу ствола были констатированы у всех тех пород, которые исследовались в этом направлении, тем не менее, у разных пород они имеют разную направленность. Так, А. Л. Синкевич (1950), исследовавший древесину березы одного из лесхозов Ленинградской области, отметил, что физико-механические свойства древесины березы увеличиваются от центра к периферии. Та же закономерность для этой породы была отмечена в свое время Г. А. Сафроновым и А. П. Флансерман (1931). К тому же выводу пришел В. Е. Вихров (1949) при своих исследованиях древесины липы. Напротив, для дуба (Чулицкий, 1932; Вихров, 1950 и ряд других) и ильма (Вихров, 1953) было отмечено уменьшение механических свойств и объемного веса от центра к периферии. Наконец, Б. И. Савков (1930) для сосны нашел максимальные показатели в средней части ствола, которые падают как к периферии, так и к центру.

Изменение некоторых механических свойств

Место произрастания и № дерева	Место образца в стволе от коры к сердцевине	Предел прочности при							
		при сжатии вдоль волокон		при статическом изгибе		при скалывании			
		абс.	в ‰	абс.	в ‰	в радиаль- ной пло- скости		в танген- циальной плоскости	
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 30 (северная Армения)	А	376	97,4	633	102,1	92	97,8	98	100,0
	Б	408	105,7	657	105,9	94	100,0	103	105,1
	В—Г	387	100,2	605	97,7	98	104,2	103	105,1
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 29 (северная Армения)	А	351	79,6	454	79,2	92	94,8	97	92,3
	Б	391	86,7	601	104,9	98	101,0	99	94,3
	В	456	109,9	624	108,9	107	110,3	112	106,6
	Г—Д	488	117,1	620	108,2	121	124,6	105	100,0
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 28 (северная Армения)	А	359	84,7	547	93,3	72	92,3	90	98,9
	Б	369	87,1	557	95,0	80	102,5	91	100,0
	В	427	103,6	595	101,5	82	105,1	91	100,0
	Г—Д	469	113,0	697	108,9	84	107,7	96	105,5
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 27 (северная Армения)	А	395	93,6	694	102,3	81	98,7	90	102,3
	Б	389	92,1	602	88,7	81	98,7	86	97,7
	В	472	111,8	753	111,1	88	107,3	85	96,6
	Г	561	132,9	905	133,4	82	100,0	—	—
Дубравы араксинского дуба II группа. Дерево № 24 (южная Армения)	А	422	92,4	682	94,7	103	93,6	133	100,0
	Б	539	117,9	791	109,8	154	140,0	132	99,2
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 18 (южная Армения)	А	466	99,2	912	90,8	106	97,2	121	94,5
	Б	511	102,8	994	106,9	117	107,3	132	103,1
	В	478	97,1	815	87,6	128	117,4	150	117,8
Высокопроизводительные дубовые и смешанные дубовые леса среднего горного пояса, V группа. Дерево № 16 (южная Армения)	А	470	93,2	724	94,6	95	92,2	105	72,4
	Б	532	104,5	765	100,0	107	103,9	123	106,9
	В	520	102,1	860	112,4	117	113,6	126	109,5
	Г	553	108,6	695	90,8	119	115,5	123	106,9
Субальпийские влажные дубравы, VIII группа. Дерево № 6 (центр. Армения)	А	453	96,4	743	97,7	109	99,1	107	100,0
	Б	494	105,1	335	109,1	125	113,6	113	105,6
Низкопроизводительные разнотравные дубравы верхнего горного пояса, VII группа. Дерево № 1 (центральная Армения)	А	439	94,4	—	—	101	99,0	127	99,2
	Б	515	110,7	—	—	111	108,8	133	103,9

древесины дуба по радиусу ствола

Таблица 16

15% в л а ж н о с т и кг/см ²								Твердость по Янка при 15% влажности кг/см ²	
при растяжении поперек волокон				при сжатии вдоль волокон					
в радиальном направлении		в тангенциальном направлении		в радиальном направлении		в тангенциальном направлении			
абс.	в %	абс.	в %	абс.	в %	абс.	в %	абс.	в %
53	103,9	41	100,0	119	101,7	113	96,9	346	98,57
50	98,2	42	102,4	119	101,7	120	102,5	343	97,72
47	92,1	44	107,3	114	97,4	119	101,7	384	109,4
57	98,3	34	91,9	129	81,4	107	78,7	364	95,54
58	100,0	40	108,5	141	100,0	124	91,2	399	104,72
—	—	—	—	148	104,9	156	115,4	—	—
—	—	—	—	148	104,9	193	141,9	—	—
51	100,0	34	91,7	134	99,2	106	95,5	328	93,45
49	96,1	35	94,4	137	101,5	108	97,3	346	98,57
56	109,8	38	105,5	120	82,9	113	101,8	367	104,56
57	111,7	41	113,8	148	117,7	128	115,3	442	125,92
50	101,0	38	95,0	135	90,6	129	97,7	373	94,43
47	95,9	42	105,0	152	102,0	126	95,4	413	104,29
58	118,3	46	115,0	156	104,7	140	106,0	465	117,42
—	—	—	—	179	120,1	157	115,6	—	—
65	41	40	97,5	169	92,3	151	92,0	731	99,18
—	—	54	131,7	241	120,7	231	143,4	754	102,31
61	93,8	37	102,8	162	88,5	129	90,1	652	91,19
70	107,7	39	108,3	203	110,9	160	112,6	804	112,45
80	123,1	43	119,4	200	109,3	—	—	843	117,90
52	96,3	31	91,2	172	95,5	109	85,6	512	89,20
56	103,7	37	108,8	175	97,2	132	105,6	632	110,10
52	96,3	40	117,6	187	103,9	135	108,0	—	—
—	—	—	—	200	111,1	152	121,6	—	—
55	100,0	35	100,0	135	95,7	—	—	—	—
—	—	—	—	167	118,4	—	—	—	—
59	100,0	35	100,0	138	102,2	136	95,1	706	100,0
—	—	—	—	133	98,4	166	116,0	—	—

В весьма подробном исследовании древесины дуба из Теллермановского лесничества (Воронежская область), произведенном В. Е. Вихровым (1950, 1954), установлено, что значительное снижение объемного веса древесины дуба от сердцевины к периферии ствола наблюдается во всех трех изученных этим автором типах леса, причем у нагорного дуба это уменьшение составляет 13,2%, у солонцового—11% и у пойменного—9%. Для сопротивления сжатию это уменьшение составляет соответственно 26,5%, 30% и 12%, для статического изгиба—24,3%, 33,5% и 18%, для растяжения—24,5%, 37,5% и 26% и для ударного изгиба—29,5%, 31% и 13,5%.

Наши наблюдения над изменением механических свойств древесины дуба в направлении от периферии к центру приведены в табл. 16, в которой собраны данные по механическим показателям древесины 9 деревьев из различных групп типов леса в различных зонах ствола. Образцы, маркированные литерой „А“, взяты с периферии на расстоянии 6 или 4 см в зависимости от вида испытания от коры, последующие образцы от „Б“ и до „Г“ и „Д“ на том же расстоянии от предыдущих (рис. 4). Всего в таблице приведены данные по 9 механическим

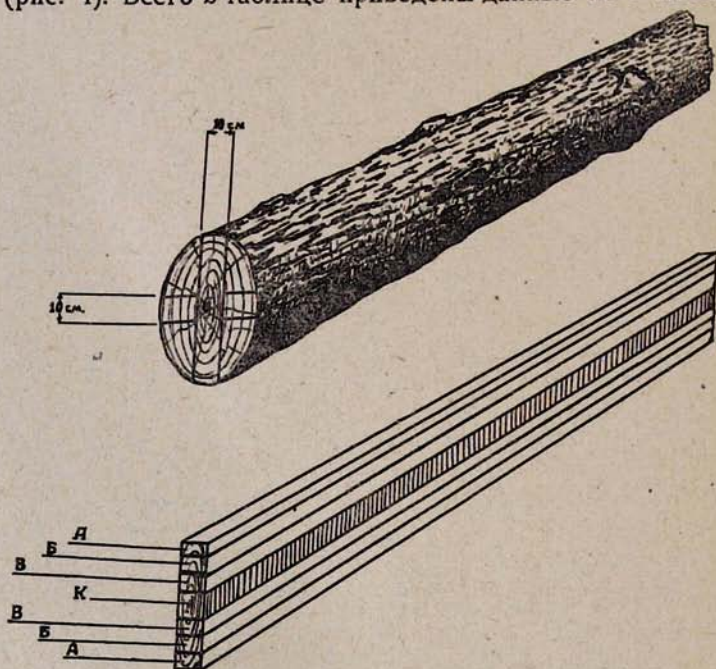


Рис. 4. Схема распиловки кряжа на сердовые доски и рейки.

свойствам, причем надо отметить, что данные являются средними из общего числа кряжей, выпиленных из данного дерева на различных высотах ствола.

Данные, собранные в таблице, указывают, что по направлению от периферии к центру, механические свойства заметно возрастают по всем показателям—сжатию вдоль волокон, статическому изгибу, растя-

жению поперек волокон (в обоих направлениях), сжатию поперек волокон (в обоих направлениях) и твердости по Янка. Некоторым исключением являются показатели по скалыванию, которые показывают очень частые отклонения от общей закономерности, настолько, что у некоторых деревьев она вообще не наблюдается.

Величина возрастания довольно значительно варьирует у различных деревьев, причем иногда отдельные деревья имеют по одним показателям значительные отличия между древесиной периферийных и центральных слоев, а по другим—небольшие.

Различие в физических и механических свойствах древесины в различных по радиусу зонах ствола, надо думать, прежде всего связано с различием в ширине годовичных слоев в центре и на периферии. В табл. 17 приведены данные о средней ширине годовичного слоя в зонах „А“, „Б“, „В“ и „Г“ на разной высоте ствола. В деловой части ствола (до кроны), увеличение ширины слоя от периферии к центру заметно весьма отчетливо, на больших высотах ствола (и особенно в кроне) эти различия уже становятся невыраженными.

Таблица 17
Изменение ширины годовичного слоя (в мм)
по двум осям ствола

Высота над почвой (в м)	Зоны ствола по радиусу			
	А	Б	В	Г
1,3	0,98	1,50	1,80	—
3,6	0,98	1,60	1,70	—
5,6	0,97	1,30	1,90	2,40
7,6	1,1	1,40	1,80	—
9,6	1,05	1,80	1,30	—
11,6	0,80	0,95	0,90	—

Большая ширина слоя в центральных участках ствола связана с тем фактом, что большинство древесных пород в нормальных лесных древостоях в молодом возрасте растет быстрее, чем в зрелом. Конечно, во внутренних слоях ствола большого дерева могут происходить некоторые химические процессы, приводящие к изменению состава клеточных оболочек и как-то отражающихся на механических свойствах древесины. Однако заслуживает внимания тот факт, что у тех пород, у которых узкие слои показывают повышенные механические свойства (как, например, береза), наблюдается понижение механических свойств от периферии к центру, что также естественно связать с большей шириной слоя в центральных участках ствола.

Как мы указывали, вопрос об изменении свойств древесины по высоте ствола исследован хуже, чем вопрос об изменении этих свойств по радиусу ствола. Довольно подробно этот вопрос был исследован Кольманом (Kollmann, 1941) для ясеня обыкновенного. К сожалению,

Изменение некоторых механических свойств древесины дуба по высоте ствола

Вид и район произрастания	Высота кряжа в мм	Предел прочности при 15% влажности (кг/см ²)								Твердость по Янка при 15% влажности (кг/см ²)		
		при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе	при скалывании		при растяжении поперек волокон		при сжатии поперек волокон		торцовая	боковая	
				в радиальной плоскости	в тангенциальной плоскости	в радиальном направлении	в тангенциальном направлении	радиальное направл.	тангенциальное направл.		радиальная	тангенциальная
Восточный дуб из северной Армении. Дерево № 30	1,3	388	730	96,7	104	47	41	117	119	369	342	364
	3,6	420	608	98	100	57	46	126	121	318	254	302
	5,6	379	747	95	106	48	38	129	124	341	448	297
	7,6	366	553	93	97	49	41	119	119	340	332	305
	9,6	406	585	95	101	52	39	115	115	377	365	349
	11,6	307	599	87	99	54	43	109	110	339	267	290
Восточный дуб из северной Армении. Дерево № 29	1,3	454	620	105	100	63	39	151	153	384	318	345
	3,6	381	508	96	100	54	37	137	127	363	298	333
	5,6	407	470	90	100	64	40	150	153	389	302	363
	9,6	403	552	98	102	51	33	132	132	404	335	386
	11,6	443	630	93	97	61	36	149	125	364	301	302
Грузинский дуб из северной Армении. Дерево № 28	1,3	408	595	82	98	54	39	137	106	317	290	313
	3,6	398	576	73	89	49	38	128	106	363	319	344
	5,6	364	569	71	93	54	37	119	100	278	258	275
	7,6	406	613	81	89	49	34	148	118	389	350	287
	9,6	405	592	82	89	53	36	148	110	351	314	335
	11,6	406	563	74	92	50	34	139	128	372	332	355

Грузинский дуб из северной Армении. Дерево № 27	1,3	391	612	74	84	43	35	133	119	353	335	325
	3,6	410	660	80	90	49	36	144	126	393	352	366
	5,6	443	768	85	85	50	45	156	128	448	387	433
	7,6	417	685	84	94	56	44	151	141	402	363	390
	9,6	430	625	89	80	44	36	150	140	380	379	379
Восточный дуб из южной Армении. Дерево № 18	1,3	488	869	113	138	73	39	170	136	769	599	711
	3,6	490	960	103	125	60	38	161	134	701	533	636
	5,6	481	941	110	125	62	37	188	156	746	572	691
	7,6	492	889	101	120	67	40	217	133	644	532	613
	9,6	519	1004	107	122	56	37	178	126	598	472	485
Восточный дуб из южной Армении. Дерево № 14	1,3	448	874	82	102	45	33	139	101	494	433	415
	3,6	460	755	95	104	38	29	126	112	411	386	452
	5,6	430	727	92	105	39	37	147	120	456	416	384
	9,6	493	560	93	94	42	38	139	126	508	404	400
	11,6	437	697	88	99	51	32	127	108	458	352	379
Восточный дуб из южной Армении. Дерево № 13	1,3	474	769	102	121	52	29	168	145	630	490	542
	3,6	484	930	109	124	55	36	159	137	600	453	499
	5,6	441	948	107	122	54	31	159	130	529	350	443
	7,6	379	755	95	113	55	31	148	120	609	456	551
	9,6	—	—	103	110	62	35	—	—	676	506	608
	11,6	418	894	123	117	58	36	161	113	477	408	508

этим автором изменения по высоте и диаметру ствола были проведены только для величины объемного веса. На основании своих определений Кольман составил диаграмму, показывающую распределение древесины с различным объемным весом по высоте ствола. Никаких более или менее правильных закономерностей в этой диаграмме установить не оказывается возможным. Наиболее легкая древесина была отмечена Кольманом в центре ствола на высоте около 2 м над уровнем почвы. В этом участке объемный вес древесины равен $0,55 \text{ г/см}^3$. Участки с наиболее тяжелой древесиной были отмечены в отдельных местах ствола выше начала кроны и немного ниже кроны, причем в одном случае они занимали периферийное положение, в другом располагались по середине радиуса. В этих местах объемный вес был равен $0,85 \text{ г/см}^3$. Древесина с промежуточным объемным весом располагается весьма неправильно как в комлевой части, так и под кроной.

Е. И. Савков (1930) нашел, что у сосны объемный вес понижается в направлении от комля к вершине. А. А. Солнцев (1949) отметил для сосны, что сопротивление сжатию постепенно падает от комля к вершине. Однако это падение имеет очень незначительный характер, так как составляет на один метр длины в производительных типах леса 1% , в бору-брусничнике III бонитета— $1,3\%$ и в лишайниковом бору IV бонитета— 2% . В. Е. Вихров (1949), исследовавший этот вопрос для липы, тоже отметил некоторое уменьшение показателей по направлению от комля к вершине. Такое же уменьшение по высоте ствола механических свойств и объемного веса А. Л. Синкевич (1950) отметил для березы. Напротив, В. Е. Вихров (1953) для ильма и вяза отметил некоторое повышение объемного веса и прочности древесины по высоте ствола.

Наши наблюдения над изменением механических свойств по высоте ствола приведены в табл. 18, в которой взяты для примера некоторые из исследованных нами деревьев, относящихся к одной—высокопроизводительной—группе типов, так как именно в этой группе типов мы имеем наиболее высокоствольные деревья. Таблица наглядно показывает полное отсутствие каких-либо закономерных связей между высотой ствола и механическими свойствами образца.

Нам представлялось интересным проследить, как изменяются по радиусу и по высоте ствола те закономерности по связи между шириной слоя и физико-механическими свойствами древесины, которые были описаны в первой части настоящей работы. Для решения этого вопроса мы выбрали величину объемного веса, который сопоставили с шириной слоя и с местом на обоих осях ствола. Указанные сопоставления приведены в табл. 19 и 20. Таблицы отчетливо показывают, что если для каждой зоны по радиусу („А“, „Б“ и т. д.) или по высоте над уровнем почвы более или менее отчетливо прослеживается общая закономерность увеличения объемного веса с увеличением ширины слоя, то для вертикальных граф (величина объемного веса при одной и той же ширине годичного кольца на разных расстояниях

Таблица 19

Изменение объемного веса по радиусу ствола в связи с шириной
годового слоя (модельные деревья № 27, 29 и 30)

Ширина кольца в мм	З о н ы с т в о л а				
	А	Б	В	Г	Д
0,4	0,63	0,62	0,56	—	—
0,5	0,65	0,69	0,62	—	—
0,6	0,69	0,63	0,62	0,81	—
0,7	0,66	0,66	0,65	0,61	—
0,8	0,64	0,65	0,71	0,63	—
0,9	0,67	0,68	0,73	0,76	—
1,0	0,77	0,77	0,72	—	—
1,1	0,75	0,77	0,72	0,78	—
1,2	—	—	0,71	0,71	0,77
1,3	—	—	—	0,71	—
1,4	—	—	0,78	—	—
1,5 и больше	—	—	—	0,73	—

Таблица 20

Изменение объемного веса по высоте ствола в связи с шириной
годового слоя (модельные деревья № 27, 29 и 30)

Ширина кольца в мм	В ы с о т а в с т в о л е в м м					
	1,3	3,6	5,6	7,6	9,6	11,6
0,4	0,61	0,59	0,64	0,64	0,64	—
0,5	0,59	0,62	0,64	0,67	0,64	0,66
0,6	0,63	0,63	0,68	0,61	0,64	0,59
0,7	0,57	0,64	0,68	0,67	0,66	0,70
0,8	0,58	0,69	0,68	0,68	0,66	0,63
0,9	0,75	0,67	0,78	0,73	0,68	—
1,0	0,79	0,77	0,76	0,77	0,72	—
1,1	—	—	—	—	0,74	0,75
1,2	0,71	0,77	—	—	0,71	—
1,3	—	—	—	—	—	0,71
1,4	0,78	—	—	0,76	0,82	—
1,5 и больше	—	0,75	—	—	—	—

от центра или на разной высоте ствола) никаких закономерностей не отмечается.

Настоящая работа была проведена под руководством проф. А. А. Яценко-Хмелевского, которому и приношу свою благодарность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа материала выяснено, что наиболее четко прямая зависимость с шириной годичного слоя может быть установлена для предела прочности при сжатии вдоль волокон, при статическом изгибе и при сжатии поперек волокон (в обоих направлениях). Другие свойства, такие, как скалывание (в обоих плоскостях), торцовая твердость, объемный вес, водопоглощение и разбухание, показывают менее четкие корреляции с шириной годичного слоя. Это закономерное увеличение механических показателей свойств древесины с увеличением ширины годичного слоя было отмечено во всех группах типов леса, изучаемых нами.

Коэффициент изменчивости свойств древесины с узкими кольцами примерно в два раза больше этого коэффициента у древесины с широкими кольцами, т. е. древесина дуба с узкими кольцами не только как правило отличается пониженными механическими свойствами, но еще и меньшим постоянством в этих свойствах.

Анатомический анализ исследованных образцов показал, что для всех узких колец характерно увеличение относительного объема, занимаемого крупными сосудами кольца просветов. Это обстоятельство является одной из основных причин понижения показателей механических свойств древесины с узкими кольцами. Однако механические свойства древесины определяются не только соотношением полостей крупных сосудов к остальной массе древесины, но и относительным количеством мелких сосудов и толстостенных сосудистых трахенд. В широких кольцах основную массу поздней древесины всегда составляют толстостенные волокна либриформа, а мелкие сосуды и сосудистые трахеиды занимают подчиненное положение. Напротив, в древесине с узкими кольцами относительный объем мелких сосудов и сосудистых трахенд сильно колеблется—они или занимают почти всю позднюю древесину, или же развиты относительно слабо, или даже почти отсутствуют. Именно этими вариациями в количестве мелких сосудов и сосудистых трахенд объясняются отмеченные нами вариации в показателях механических свойств древесины с узкими годичными кольцами.

Анализ различий в показателях свойств древесины у одного и того же дерева по радиусу ствола показал, что у дуба показатели механических свойств древесины падают от центра к периферии. Это падение хорошо согласуется с тем обстоятельством, что ширина годичных колец в центральных участках ствола больше, чем на периферии, так как молодые деревья дуба (до 50—60 лет) растут в толщину, как правило, быстрее, чем после этого возраста.

Наблюдения над изменением показателей механических свойств по высоте ствола наглядно показывают полное отсутствие каких-либо закономерных связей между высотой ствола и механическими свойствами древесины дубов, произрастающих в Армении.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Богословский С. А. 1913. Очерк по вопросу о технических свойствах древесины. „Лесной журнал“, № 6.
- Ванин С. И. 1949. Древесиноведение. М.—Л.
- Вихров В. Е. 1949. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. Труды Ин-та леса АН СССР, 4.
- Вихров В. Е. 1949. Физико-механические свойства древесины липы. Труды Ин-та леса АН СССР, вып. 4.
- Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями произрастания. Гослесбумиздат, М., 1950.
- Вихров В. Е. 1953. Физико-механические свойства древесины ильма (*Ulmus scabra* Mill.). Труды Ин-та леса АН СССР, 9.
- Вихров В. Е. 1954. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. Изд-во АН СССР, М.
- Гзырян М. С. 1950. Древесина ясеней. Труды Бот. ин-та АН АрмССР, VII.
- Гзырян М. С. 1950. Соотношение между шириной годичного кольца и порозностью древесины у тополей. ДАН СССР, XXIII. № 1.
- Говров Н. А. 1953. Исследование физико-механических свойств древесины березы. Сборник ВИАМ, 7.
- Махатадзе Л. Б. 1957. Дубравы Армении. Изд-во АН АрмССР.
- Мелехов И. С. 1934. О технических свойствах древесины Плесецкого леспромхоза. Сборник работ Архангельского лесотехнического ин-та, 1.
- Мелехов И. С. 1949. Значение типов лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств. Труды Ин-та леса АН СССР, 4.
- Мелехова С. А. О формировании древесины сосны и некоторых других древесных пород севера в связи с лесорастительными условиями, 1952, Автореферат канд. диссертации, Ин-т леса АН СССР, Архангельск.
- Мишинова Р. М. 1934. О физико-механических свойствах древесины березы. Сборник ЦНИИМОД.
- Паланджян В. А. 1953. Строение древесины кавказских представителей сем. ильмовых в связи с их эволюцией и систематикой. Труды Бот. ин-та АН АрмССР, IX.
- Пахомов И. Д. 1938. Исследование некоторых физико-механических свойств древесины сибирской лиственницы. Труды Лесотехнич. академии им. С. М. Кирова, 53.
- Панферов К. В. 1949. Упругость и прочность ранней и поздней древесины сосны при сжатии поперек волокон. Труды Ин-та леса АН СССР, 4.
- Перельгин Л. М. 1934. Физико-механические свойства древесины дуба и влияние на них условий произрастания (климата и почвы), часть 2. Результаты испытаний. Сб. ЦНИИМОД, 3.
- Перельгин Л. М. 1949. Древесиноведение. М.—Л.
- Савков Е. И. 1930. Исследование физико-механических свойств древесины сосны. 1. Труды ЦАГИ, 62.
- Сафронов Г. А. и Флансерман А. Н. 1931. Исследование физико-механических свойств древесины ясеня, березы и клена. Труды ЦАГИ, 79.
- Синкевич А. Л. 1950. Физико-механические свойства древесины березы в связи с типами леса. Автореферат канд. диссертации. Лесотехническая академия им. Кирова. Л.
- Солнцев А. А. 1949. Влияние условий произрастания на физико-механические свойства древесины сосны сибирской. Труды Ин-та леса АН СССР, 4.
- Стрекаловский Н. И. 1949. Физико-механические свойства древесины северной ели. Труды Ин-та леса АН СССР, 4.

- Стрекаловский Н. И. 1949 (а). О физико-механических свойствах древесины березы. Труды Архангельского лесотехнического ин-та им. В. В. Куйбышева, 13.
- Хуршудян П. А. 1957. Влияние экологических условий на физико-механические свойства древесины дубов Армении. Труды Бот. ин-та АН АрмССР, т. 11.
- Хуршудян П. А. 1958. Некоторые данные о связи между шириной годичного слоя и физико-механическими свойствами древесины дубов Армении. Изв. АН АрмССР, сер. биологическая № 4.
- Чулицкий Н. И. 1932. Исследование основных физико-механических свойств древесины дуба. Труды ЦАГИ, 121.
- Яценко-Хмелевский А. А. 1948. Принципы систематики древесины. Труды Бот. ин-та АН АрмССР, 5.
- Яценко-Хмелевский А. А. 1954. „Древесина Кавказа“, I том.
- Hartig R. 1898. Über den Einfluss der Kronengrösse und der Nährstoffzufuhr aus dem Boden auf Crosse und Form des Zuwachses und auf den anatomischen Baues des Holzes, Forst. Nat. Ztschr., 7.
- Kollmann F. Die Esche und ihr Holz. Berlin, Julius Springer.
- Nördlinger H. 1860. Die technischen Eigenschaften der Holzer Stuttgart.
- Paul, Benson H. 1930. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood (U. S. Depart. Agri. Tech. Bull. 168).

