



**ТАКСАЦИЯ
ОТДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

ТАКСАЦИЯ ОТДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА

Учебное пособие

Екатеринбург
2020

УДК 630.5 (075.8)

ББК 43.62я7

T15

Рецензенты:

Кафедра овощеводства и плодородства им. проф. Н. Ф. Коняева УрГАУ, канд. с.-х. наук Шингарева Н. И.;

Ерохина О. В. канд. биол. наук, научный сотрудник лаб. биоразнообразия растительного мира и микробиоты ФГБУН Института экологии растений и животных УРОРАН

Авторы: З. Я. Нагимов, С. С. Зубова, О. В. Сычугова, О. Н. Орехова, А. А. Григорьев, И. С. Сальникова, С. С. Постникова

T15 **Таксация отдельного дерева** : учебное пособие / [З. Я. Нагимов и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. – 160 с.

ISBN 978-5-94984-765-7

Учебное пособие предназначено для обучающихся в лесотехнических вузах, аспирантов и работников лесной отрасли. Рассматриваются вопросы измерения таксационных показателей, таксации отдельного дерева и его частей, определения надземной фитомассы деревьев.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.5 (075.8)

ББК 43.62я7

ISBN 978-5-94984-765-7

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2020

Оглавление

Введение	4
1. ИЗМЕРЕНИЯ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	6
1.1. Измерительные шкалы, системы и принципы измерений.....	6
1.2. Ошибки измерений.....	8
2. ТАКСАЦИЯ ОТДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА И ЕГО ЧАСТЕЙ	12
2.1. Основные части дерева.....	12
2.2. Таксационные показатели ствола и способы их определения.....	14
2.2.1. Определение возраста деревьев.....	15
2.2.2. Определение высоты растущего и длины срубленного дерева.....	28
2.2.3. Определение диаметра дерева.....	36
2.2.4. Определение площади поперечного сечения ствола.....	41
2.2.5. Показатели формы ствола и их определение.....	48
2.2.6. Определение объема ствола.....	56
2.2.7. Полнодревесность ствола.....	66
2.2.8. Товарная структура ствола.....	72
2.2.9. Приросты ствола и их определение.....	76
2.3. Анализ хода роста древесного ствола.....	85
2.4. Таксация крон деревьев.....	96
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ	98
3.1. Методики исследования фитомассы деревьев.....	98
3.2. Оценка методов расчета фитомассы древостоя.....	107
3.3. Зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их таксационных показателей.....	109
3.4. Многомерная оценка фракций надземной фитомассы деревьев.....	110
Приложение 1	112
Приложение 2	127
Приложение 3	129
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	155

Введение

Леса России являются одним из важнейших природных ресурсов страны. Они выполняют водоохранную и почвозащитную роль. Являясь источником обеспечения потребностей отраслей экономики и лесного рынка в древесине и недревесной продукции леса, они также важны и для повседневной жизни человека, так как выполняют санитарно-гигиеническую, оздоровительную, рекреационную и другие функции.

Планирование и осуществление лесохозяйственных мероприятий, направленных на воспроизводство и сохранение леса, а также выполнение его полезных функций, базируется на основе знаний по лесной таксации.

Лесная таксация изучает лес как объект измерения для разработки методов и техники всестороннего учета производимой лесом древесины и недревесной продукции (лесных ресурсов).

Учет лесов, их пространственное размещение, особенности роста и свойственные им закономерности строения, выявление лесосырьевых ресурсов, определение товарной структуры древостоев и объемов заготавливаемой лесопродукции – основные задачи, которые решает лесная таксация. Причем рассматривается учет и оценка как количественных, так и качественных показателей лесных ресурсов.

Изменение во времени различных таксационных показателей растущих деревьев имеет важное значение в лесном хозяйстве и также является одной из задач лесной таксации.

Лесная таксация имеет дело с измерениями следующих объектов:

- 1) отдельное дерево или его отдельная часть;
- 2) совокупность отдельных деревьев (деревья, отобранные в выборочную рубку, фанерная береза, резонансовая ель и т.п.);
- 3) элемент леса, древостой, насаждение;
- 4) совокупность отдельных древостоев;
- 5) лесные массивы;
- 6) лесосечный фонд.

Лесная таксация является одной из основополагающих дисциплин лесохозяйственного профиля и определяет подготовку лесного специалиста. Как и все прочие науки, она связана с различными дисциплинами: в вопросах моделирования роста с моделированием экосистем; при исследовании законов роста отдельных деревьев и насаждений с ботаникой, дендрологией и лесоводством; для характеристики условий местопроизрастания, определяющих различную

продуктивность лесов, она использует данные почвоведения; при выявлении выходов отдельных лесных материалов или сортиментов таксация основывается на материалах, рассматриваемых в курсе лесного товароведения; для качественной характеристики древесины она изучает пороки древесины, рассматриваемые в курсе древесиноведения и лесной фитопатологии; при учете запасов леса на значительных территориях и разграничения их по хозяйственной ценности необходимы знания по геодезии и пр. В то же время знания, приобретенные в ходе курса «Таксация леса», являются базой, фундаментом для изучения других дисциплин, в том числе лесоустройства, аэрокосмических методов в лесном хозяйстве и др.

Деятельность работников лесного хозяйства связана с усвоением практических навыков работы с таксационными приборами и инструментами, умением выполнять квалифицированные таксационные расчеты применительно к различным объектам лесной таксации.

Данное учебное пособие призвано детально рассмотреть один из важнейших объектов таксации – отдельное дерево.

Работа подготовлена коллективом преподавателей кафедры лесной таксации и лесоустройства: проф. З. Я. Нагимовым, доц. О. В. Сычуговой, доц. С. С. Зубовой, доц. И. С. Сальниковой, доц. А. А. Григорьевым, доц. О. Н. Ореховой, доц. С. С. Постниковой.

1. ИЗМЕРЕНИЯ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Таксация различных объектов включает замеры, проводимые специальными инструментами и приборами.

В настоящее время существует два подхода к измерительному процессу: классический и информационный. В большинстве случаев при таксации леса выполняют основные предпосылки классического подхода:

1) измеряемая величина предполагается неизменной на протяжении времени измерений и характеризуется одним (точечным) значением, для которого можно указать интервал неопределенности, т. е. ошибку измерений (например, определение возраста);

2) время измерения практически не ограничено (процесс изучения срубленного дерева не зависит от времени);

3) предполагается, что внешние условия и факторы, влияющие на результат измерения, учтены полностью (Никитин и др. 1978)

1.1. Измерительные шкалы, системы и принципы измерений

Измерения, выраженные числом, относятся к одной из четырех измерительных шкал (Атрощенко, 2004)

1) номинальная шкала – применяется тогда, когда признаки (идентичные) подсчитывают без оценки их качественного значения. Например, число типов леса подсчитываем на плане лесонасаждений, число деревьев определенной породы считаем без измерения их диаметров, высот и т. д. При обработке можно использовать статистики – моду, χ^2 – квадрат Пирсона;

2) порядковая шкала – признаки группируются по порядку в систему или ряд. Интервалы такой шкалы, как правило, неравные. Например, сортировка бревен, сортиментов, классификация качественных признаков растущих деревьев и т. д. При обработке таких данных ни среднее значение, ни среднеквадратическое отклонение не могут характеризовать совокупность. Допустимые статистики: мода (наибольшая частота), медиана (средняя), χ^2 (квадрат (различия)), коэффициент ранговой корреляции;

3) интервальная шкала – предусматривает равные интервалы. Начало отсчета не находится на нуле, но более или менее фиксировано.

Это различные температурные шкалы, деление процесса по времени на дни, недели, месяцы, годы. Интервальная шкала

определяет истинное количество, поэтому при обработке допустимо применение средней, варианты, коэффициента корреляции;

4) шкала отношений – имеет равные интервалы и начало – нуль.

Фундаментальные измерительные системы для длины, веса, времени и получаемые от них объемы, запасы, абсолютная температура, влажность основываются на данной шкале. В лесной таксации мы в основном имеем дело со шкалой отношений. Допустимо применение различных статистик для оценки показателей.

Непосредственно измеряемыми являются в основном только три показателя: длина, вес (физическая масса), время. Остальные данные (площадь сечения, объем ствола и т. д.) получаются на основе этих трех основных измерений, например, 1 м^3 – длина $1 \times 1 \times 1 \text{ м}$ (т. е. остальные производные).

В истории человечества применялись различные единицы измерения. В настоящее время в мире используются две системы измерений:

а) метрическая;

б) британская (в странах, использующих английский язык).

В то время как лесное хозяйство многих стран применяет метрическую систему (1 м, 1 м^3 и т. д.), лесная торговля США, Англии и даже Центральной Европы используют Британскую систему (дюйм, фут и т. д.).

Метрическая система принята в СССР в 1926 г., в Индии – в 1960 г., в Англии в последнее 20-летие таксационные таблицы переводятся в метрическую систему.

В метрологии с давних пор принято различать прямые, косвенные и совокупные измерения. Подобное различие принято и в лесной таксации (Анучин, 1982).

При **прямом измерении** результат получается непосредственно в процессе измерения: измерение длины дерева рулеткой, мерной лентой; толщины (диаметра) – мерной вилкой, мерной скобой; высоты дерева – высотомером и т. д. При **косвенном** измерении результат получается на основании известной зависимости между измеряемой величиной и другими величинами – аргументами, которые находят в результате прямых, косвенных или совокупных измерений. Например, площадь сечения дерева нельзя измерить непосредственно, но его можно оценить косвенно:

$$G = \frac{\pi d^2}{4},$$

где d – диаметр дерева, см; G – площадь сечения дерева, м^2 .

При *совокупных измерениях* результат находят путем решения системы уравнений, коэффициенты в которых получены обычно прямыми измерениями. В последнее время совокупные измерения делят:

1) на *собственно совокупные* – одновременно измеряют несколько одноименных величин (диаметры на относительных высотах – результат – сбег ствола);

2) *совместные* – измеряют несколько разноименных величин – диаметры, высоты по стволу, результат – выход сортиментов.

Совместные измерения основываются на известных уравнениях, отражающих существующие в природе связи между свойствами объектов (величинами), а совокупные – на уравнениях, отражающих произвольное комбинирование объектов с измеряемыми свойствами. Поэтому совместные измерения можно рассматривать как обобщение косвенных, а совокупные – обобщение прямых измерений (Севко, 2009).

Примером совместного измерения может быть определение объема ствола дерева V по простой формуле срединного сечения:

$$V = g_{1/2} H,$$

где H – высота дерева, м; g – площадь сечения дерева, м².

1.2. Ошибки измерений

В результате измерений лесных объектов могут возникать следующие ошибки:

1) грубые – в результате небрежности измерений или переутомления, их легко заметить, устраняют, повторив замер, при невозможности повторного замера – отбрасывают во время обработки результатов.

2) систематические – в результате неисправности инструментов, неверных таблиц, индивидуальных особенностей; всегда с одним знаком. При увеличении количества измерений они накапливаются. Эти ошибки вычисляют, прибавляя к каждому измерению с обратным знаком, таким образом исключая их.

$$c.o = \frac{\sum "+" + \sum "-"}{N}.$$

3) случайные или среднеквадратические – неизбежные и неустраняемые, их можно учесть лишь в среднем. Причины различные.

В процессе измерений имеют одновременно разные знаки (\pm). Их основные особенности:

- большие ошибки встречаются реже, чем малые;
- чем больше измерений, тем больше соответствуют положительные ошибки отрицательным по количеству и абсолютной величине;
- при увеличении количества измерений алгебраическая сумма всех ошибок стремится к нулю. (Мартынов и др., 2008)

Главной особенностью совокупности изучаемого объекта является наличие разнообразия между ее членами, т.е. изменчивости (вариации). Поэтому для характеристики совокупности используют показатели вариации: средняя арифметическая \bar{X} , дисперсия D , среднее квадратическое отклонение σ , коэффициент вариации V , точность опыта P ,

Средняя арифметическая

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n},$$

где $\sum x_i$ – сумма всей выборки;

n – объем выборки.

Дисперсией (D) называют среднее арифметическое квадратов отклонений признака совокупности от их среднего значения (Гмурман, 1997). Для вычисления используют следующие формулы.

Для малой выборки:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N - 1},$$

где x_i – варианта;

\bar{X} – среднее арифметическое значение показателя;

n – объем выборки.

Для большой выборки, где $n < 100$:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (x_i - \bar{X})^2}{N - 1},$$

где k – количество классов;

n_i – частота i -того класса;

x_i – срединное значение i -того класса

Для большой выборки, где $n > 100$:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (x_i - \bar{X})^2}{N} .$$

Среднее квадратическое отклонение σ – показывает, на сколько в среднем отличается значение варианты от среднего значения. Таким образом оно является натуральным показателем изменчивости

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}} .$$

Коэффициентом вариации (V) называют выраженное в процентах отношение среднего квадратического отклонения к средней (Гмурман, 1997).

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} 100 \% .$$

Коэффициент вариации V является относительной величиной и очень удобен для анализа. Показывает, на сколько % в среднем может отклоняться значение случайной величины от среднего. Шкала варьирования:

- слабое варьирование – до 10 %,
- среднее – 11-25 %,
- значительное – более 25%.

В случае варьирования более 50 % рекомендуется проверить выборку на ее однородность, а также вычисления на предмет ошибок. Как правило, у каждого признака свой уровень варьирования и для анализа изменчивости проводится сравнение показателя с данными других исследователей.

Процентное отношение основной ошибки среднего значения (m_X) к среднему значению выражает точность определения среднего значения и называется показателем точности исследования или точности опыта.

$$P = \frac{m_{\bar{X}}}{\bar{X}} 100 \% .$$

Для биологических исследований является допустимым значение ≤ 5 %. При значениях больше допустимого считается, что наблюдение проведено с недостаточной точностью и требуется увеличить объем выборки.

Если известен коэффициент вариации, то точность опыта определяется по формуле:

$$P = \frac{V}{\sqrt{n}}.$$

Число наблюдений можно найти:

- через отношение квадрата вариации к квадрату точности опыта

$$n = V^2/P^2$$

или

- через отношение квадратов среднего квадратического отклонения и ошибки

$$n = \sigma^2/m^2.$$

Что бы определить, на сколько достоверна статистика, рассчитывают статистические ошибки:

- ошибка средней арифметической:

$$m_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} ;$$

- ошибка среднеквадратичного отклонения:

$$m_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} ;$$

- ошибка коэффициента вариации:

$$m_v = \frac{V}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 2\left(\frac{V}{100}\right)^2} .$$

2. ТАКСАЦИЯ ОТДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА И ЕГО ЧАСТЕЙ

2.1. Основные части дерева

Отдельное дерево является одним из основных объектов лесной таксации. По естественным морфологическим признакам дерево делится на определенные части, содержащие некоторый объем лесопродукции – ствол, крону (сучья и ветви), корни.

В спелом возрасте в среднем на ствол приходится от 50 до 90%, на долю кроны и корней 5-20%, на кору приходится от 7 до 20% от общего объема дерева (Нагимов, 2000). То есть большая часть дерева по объему приходится на ствол, имеющий наибольшее хозяйственное значение. Стволовая древесина является сырьем для деревообрабатывающей промышленности.

Соотношение данных частей зависит от множества факторов: условий роста, породы, возраста, полноты насаждения и др. К примеру, у березы на ствол приходится около 78-90%, в то время как для дуба этот показатель составляет 50-75%. Также общеизвестна тенденция увеличения доли ствола и уменьшения доли кроны с увеличением возраста.

С производственной точки зрения дерево подразделяют на следующие части:

1) ствол:

- ликвидная часть – деловые сортименты (без коры) и дрова;
- отходы (кора от деловых сортиментов, вершина – тоньше 3 см);

2) крона:

- дрова;
- сучья (техсырье);
- древесная зелень (лапка) – мелкие ветви с листьями или хвоей;

3) пни и корни:

- дрова;
- сырье для химической переработки.

Очищенная от сучьев часть ствола с отделенной вершиной носит название хлыст, представляющий наибольшую ценность для лесопромышленных предприятий, в то же время остальные части дерева также могут быть использованы для различных целей (в качестве мульчи для почвы, как сырье для ремесел, для получения эфирных масел, биологически активных веществ, клетчатки, древесных плит, хлорофилла и др.). Хлыст разделяется на определенные круглые лесоматериалы (сортименты). Выход деловой древесины и отдельных сортиментов выражают в процентах от объема стволовой древесины.

У кроны определяют диаметр как среднеарифметическое значение из двух измерений ее проекции (в направлении сторон света или наибольший и наименьший диаметры), а также протяженность в метрах или процентах от длины ствола, объем в складочных или плотных кубометров.

Доля сучьев и ветвей от общего объема дерева также зависит от его породы – у березы и осины с диаметром 10-20 см их доля составляет около 15%, с диаметром более 30 см – около 4%. У сосны и ели эти показатели 8-10 и 2-4% соответственно.

У корней, которые чаще всего вместе с пнем составляют 10-20% объема дерева, определяют их объем от ствола или дерева в % или м³. У сосны и некоторых других хвойных пород крупные корни и пни используют для получения живицы. Их таксируют в складочных м³ и кг (тоннах).

Наружная сторона ствола, сучьев и корней дерева покрыта корой, которая защищает живые ткани от неблагоприятных воздействий внешней среды. Толщина коры, как и ее внешний вид, изменяется по высоте дерева. Наибольшая толщина обычно бывает в нижней части. С увеличением высоты к вершине ствола она постепенно уменьшается.

Средний объем коры от объема ствола в коре составляет (Орлов, 1929) у ели – 10, сосны и осины – 14, березы – 15, дуба и лиственницы – 25%.

Объем коры (в %) уменьшается с увеличением диаметра, например, у сосны с 15,5% в ступени толщины 8 см до 7,5 в ступени 52 и выше, у ели, соответственно, с 13,5 до 8,5, березы и осины – с 17 до 12 %.

Древесная кора учитывается в м³, весовых единицах (кг, т), иногда в м², а также в % от объема ствола.

Кора используется при дублении кож (кора дуба, ивы, ели, лиственницы), для получения мочала (липа), изготовления хозяйственной тары и дегтекурения (береста), пробок и поплавков к рыбным сетям (пробковое дерево), в медицине (кора крушины и др.). (Нагимов, Шевелина, Коростелев, 2010). Процентное соотношение объемов коры, сучьев, пней к общему объему дерева приведены в табл. 1 (Нагимов, 2000).

По доступности для измерений срубленные стволы являются наиболее простыми в лесочетных работах.

Таблица 1

Объем сучьев, пней и корней у различных пород деревьев

Древесная порода	Объем коры, % от объема ствола в коре	Объем сучьев и ветвей, % от объема ствола	Объем пней и корней, % от объема стволов в полных спелых древостоях	
			пней	пней и корней
Сосна	10 – 17	4 – 10	8 – 12	18 – 25
Ель	7 – 15	5 – 12	10 – 12	25 – 30
Дуб	17 – 20	6 – 15	10 – 12	22 – 35
Береза	–	3 – 8	8 – 10	22 – 24
Ольха	–	5 – 12	8 – 10	22 – 24
Осина	13 – 15	5 – 12	8 – 10	22 – 24

Объем срубленных стволов в целом, как и частей, может быть определен с любой точностью, удовлетворяющей требованиям теории и практики лесного хозяйства. Часто при таких расчетах применяются автоматизированные подсистемы (Верхунов, Черных, 2009).

В последние десятилетия все более активно проводятся исследования фитомассы дерева и его частей с определением в килограммах (тоннах) сырого (в свежесрубленном состоянии), воздушно-сухого (высохшего в естественных условиях) или абсолютно сухого (высушенного в специальных шкафах) вещества древесины, коры, сучьев, ветвей, хвои, листвы (Нагимов и др., 2010).

2.2. Таксационные показатели ствола и способы их определения

Таксационные показатели, определяемые для отдельного дерева приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначения и единицы таксационных показателей

Таксационный показатель	Обозначение	Единицы измерения	Точность определения
Возраст	A, a	год	1
Высота растущего дерева	H, h	м	0,1
Длина срубленного дерева	L, l	м	0,1
Диаметр ствола на высоте груди	$d_{1,3}$	см	0,1
Площадь поперечного сечения ствола	g	м ²	0,0001
Диаметр кроны	D	м, см	до 5 см
Протяженность кроны	$L_{кр}$	м, %	0,01 м; 1,0%
Форма ствола (сбег, коэффициенты и классы формы)	S, q	-	0,01
Объем ствола, объем коры	V_c, V_k	м ³	0,0001
Полнодревесность ствола (видовое число)	F	-	0,001
Товарная структура (выход из ствола деловых сортиментов, дров, отходов)	-	-	-
Вес	W, w	кг	0,0001
Прирост ствола дерева по диаметру, высоте, объему	$Z, z_{d,h,v}$	см, м, м ³	0,1; 0,01; 0,0001; 0,1%

2.2.1. Определение возраста деревьев

Возраст дерева – время жизни дерева, выросшего из семени, определяемое при датировке первого годичного кольца, образование которого совпадает с датой прорастания. У дерева, выросшего из адвентивной почки (приуроченной к определенному месту), устанавливается только возраст побега (Матвеев, Румянцев, 2013).

Возраст отдельного дерева (деревьев) один из важнейших таксационных показателей, на основе которого определяются следующие характеристики всего древостоя: возраст древостоя, класс возраста древостоя, возрастная структура древостоя, возрастные этапы древостоя, класс бонитета и т.д. Существуют прямые методы определения возраста – по годичным кольцам и косвенные – по внешнему виду.

Различия в цвете древесины и структуре клеток древесных колец позволяют определить возраст подсчетом числа годичных слоев **на пне** срубленного дерева. Однако это не совсем правильно, так как в некоторых случаях можно ненамеренно ошибиться на 5, 10, 20 и более лет, особенно если дерево очень старое и угнетенное или растет в экстремальных условиях (горы, граница леса и степи, полярная граница леса, заболоченные участки). Изучению закономерностей роста древесных колец и факторов, влияющих на данный процесс, посвящена отдельная дисциплина «дендрохронология».

Для того чтобы правильно и точно определять возраст дерева по годичным кольцам, необходимо владеть некоторыми знаниями анатомии древесных пород, методиками сбора радиальных кернов древесины, их лабораторной и статистической обработкой.

Годичное кольцо (слой, прирост) хвойных и лиственных деревьев бореальных лесов

Годичные слои прироста древесины (или годичные кольца на поперечных спилах стволов и ветвей древесных растений) являются результатом активности камбия в вегетационный период. Камбий представляет собой расположенный между древесиной и флоэмой (лубом) тонкий слой из мелких тонкостенных клеток, способных к многократному делению (Ваганов и др., 2008).

Вследствие наличия годовой периодичности деятельности камбия образованный им прирост древесины состоит из годичных слоев. Годичные слои на поперечном срезе ствола представлены концентрическими кольцами, на радиальном срезе – продольными линиями, а на тангентальном – в виде параболических кривых (рис.1).

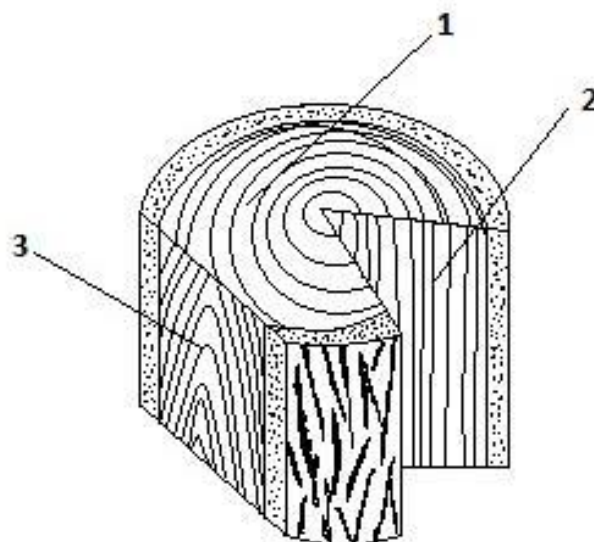


Рис. 1. Годичные слои на стволе:
1 – поперечный срез; 2 – радиальный срез; 3 – тангентальный срез

Годичные кольца формируются в древесных растениях умеренной зоны, так как в этой зоне наблюдается резкое различие между зимой и летом. В тропическом климате, где практически отсутствуют сезонные изменения погодных условий, древесина не образует годичных слоев (Матвеев, Румянцев, 2013).

Годичное кольцо древесины, как правило, состоит из двух частей (рис. 2). Одна часть развивается в первой половине вегетационного периода и состоит из тонкостенной и широкополосной проводящей ткани. Эта часть годичного кольца называется весенней, или **ранней** древесиной. Вторая часть годичного кольца развивается во второй половине вегетационного периода – летом и частично осенью, она состоит из толстостенных и узкополосных поздних элементов, которые большей частью выполняют механическую функцию (Матвеев, Румянцев, 2013) и называется **поздней** древесиной.

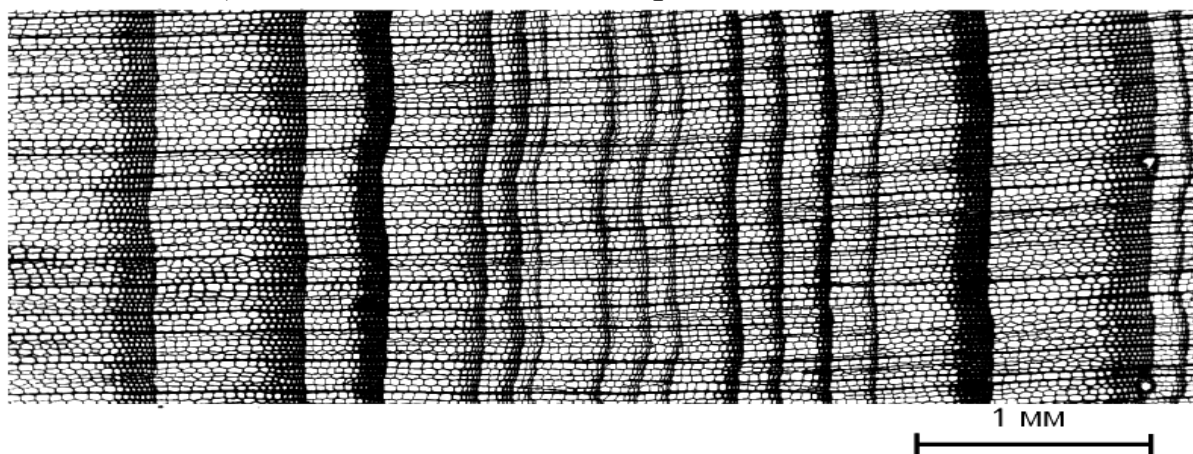


Рис. 2. Ранняя и поздняя древесина сосны обыкновенной

Переход между ранней и поздней древесиной внутри одного годичного кольца – постепенный, переход между поздней предыдущего года и ранней последующего – резкий, это и есть граница кольца. Ранняя древесина – более светлая, поздняя – более темная. Благодаря этой биологической особенности мы можем визуальным образом достаточно легко определять границы колец у большинства древесных пород умеренной климатической зоны. Трудности в определении границы между соседними кольцами чаще всего возникают для тех видов деревьев и кустарников, у которых слой поздней древесины очень узкий, а по цвету и плотности он слабо отличается от слоя ранней древесины (Ваганов и др., 2008), например, у березы, тополя, липы и др. (рис.3).

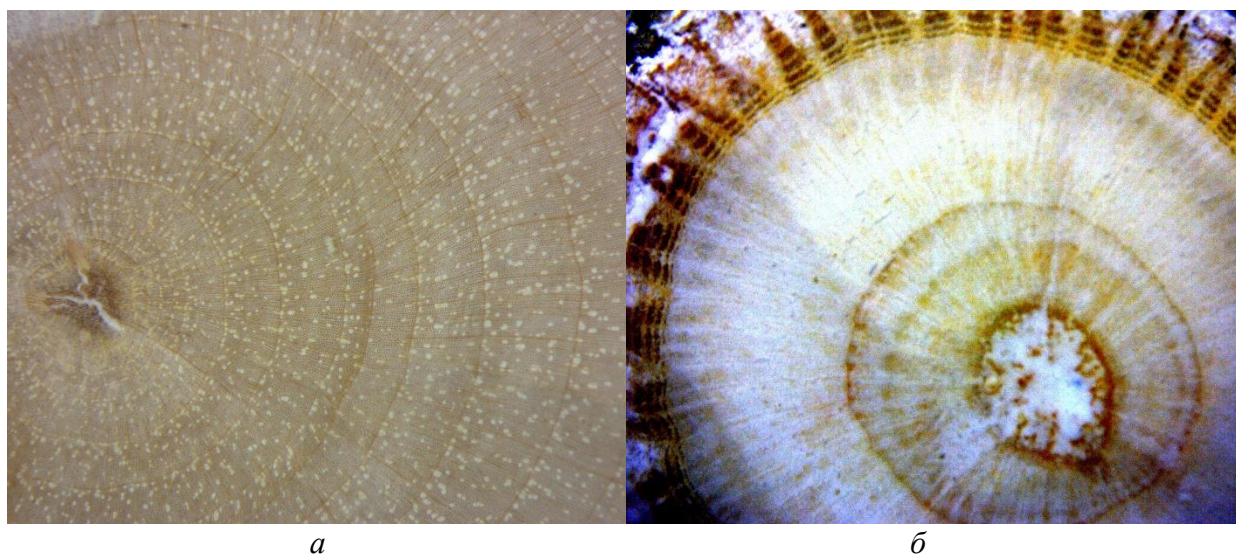


Рис. 3. Годичные кольца:
a – *Betula tortuosa* (Хибины), *б* – *Tilia cordata* (Свердловская область)

Патологические структуры в древесине

В условиях, где древесные породы произрастают в экстремальных климатических, гидрологических, почвенно-грунтовых условиях, а также в условиях, где периодически происходят вспышки энтомофитовредителей (например, шелкопряда), в древесине могут формироваться различные патологические структуры, которые при подсчете годичных колец можно принять за годичные кольца. В особо экстремальных условиях, а также у деревьев большого возраста и сильно угнетенных в отдельные неблагоприятные годы годичные кольца могут совсем не формироваться. Ниже приводится список основных, наиболее часто встречающихся патологий в древесине и их характеристики.

1. Ложное кольцо (или потемнение) – слой более мелких, более толстостенных и темноокрашенных клеток в пределах годичного кольца. Отличается от истинного отсутствием резкой границы между слоями поздней и ранней древесины, а также тем, что оно обычно прослеживается не по всей окружности годичного слоя прироста (рис. 4).

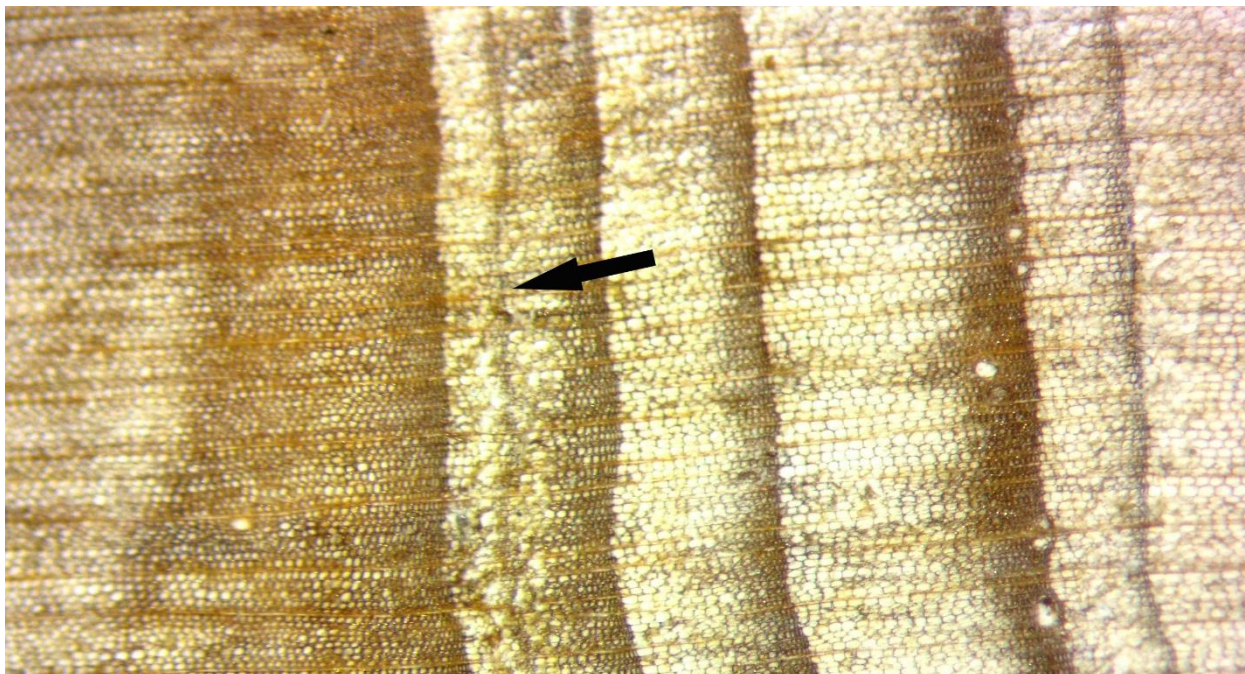


Рис. 4. Ложное кольцо в древесине *Larix gmelinii* (плато Путорана)

Может сформироваться в результате длительного ухудшения погодных условий (засуха, пониженная температура воздуха) или объедания листьев (хвои) насекомыми. У некоторых видов древесных растений, произрастающих в районах субтропиков или полупустыни, в один год может сформироваться несколько ложных колец, которые ничем не отличаются от настоящих. В таких случаях определение границ между истинными годичными приростами затруднено, а порой и невозможно (Ваганов и др., 2008).

2. Частично выпадающее кольцо – годичное кольцо, которое не просматривается на некотором протяжении окружности радиального спила ствола дерева. Часто встречается у деревьев, имеющих наклон и растущих в горных районах). В горах оно формируется в результате значительной негативной деятельности ветра и снега (снежной абразии, морозного иссушения) на определенную часть ствола дерева – с той стороны, где преобладает влияние данных факторов. В результате формируется эксцентричная древесина (рис. 5).



Рис. 5. Эксцентричная древесина *Picea abovata* L. (хребет Зигальга, Южный Урал)

В месте наибольшей нагрузки на ствол дерева в отдельные годы формирование годичных колец не происходит.

3. Морозобойное кольцо – формируется в результате воздействия весенних и ранних весенних заморозков в период активного деления камбия и растяжения клеток. Внешне в отдельных случаях морозобойные кольца могут быть схожи с обычными кольцами годичного прироста (рис. 6).



Рис. 6. Морозобойное кольцо (фото к.б.н. Гурской М.А.)

4. Полностью выпадающее годичное кольцо – годичное кольцо, которое не просматривается на всем протяжении окружности радиального спила ствола дерева, т.е. дерево в конкретный год не росло в ради-

альном направлении. Данный феномен можно наблюдать у деревьев, растущих в крайне неблагоприятных условиях (особенно климатических), а также у очень старых и угнетенных деревьев (рис. 7).



Рис. 7. Спил *Larix gmelinii* 500-летнего возраста (полуостров Таймыр). Около 40 раз за свою жизнь дерево не формировало прирост в радиальном направлении

5. Светлое кольцо - формируется в холодные вегетационные периоды и при раннем наступлении холодов в конце лета, когда клетки поздней древесины не успевают одревеснеть (рис.8).

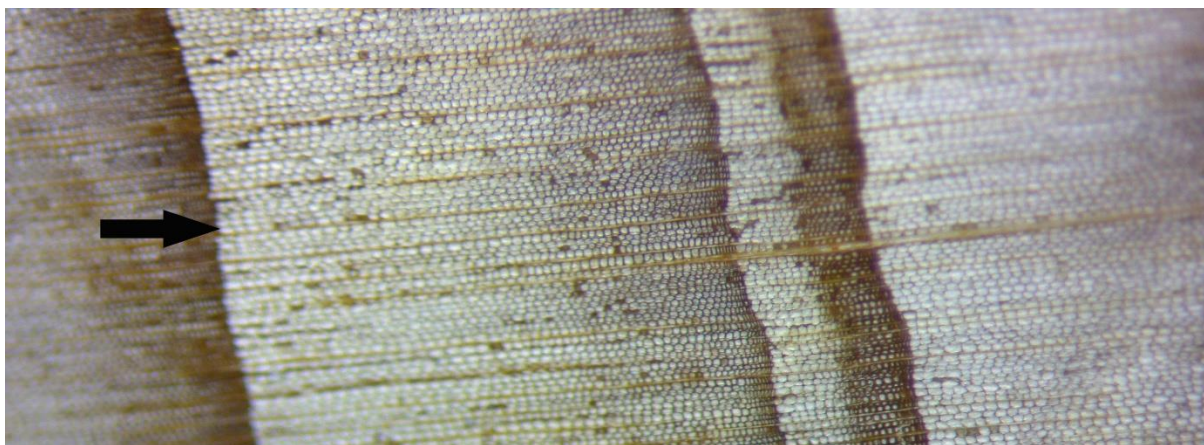


Рис. 8. Светлое кольцо *Larix sibirica* (окрестности г. Салехард, фото к.б.н. М.А. Гурской)

В данном случае слой поздней древесины по цвету не отличается от слоя ранней древесины. Встречается у деревьев, произрастающих в крайне экстремальных климатических условиях.

6. Патологический смоляной ход – формируется при огневых и различного рода механических повреждениях ствола дерева, иногда (особенно у хвойных) при повреждении хвои и живых тканей ствола дерева насекомыми. В отдельных случаях смоляные ходы могут быть похожи на годовичные кольца (рис. 9).

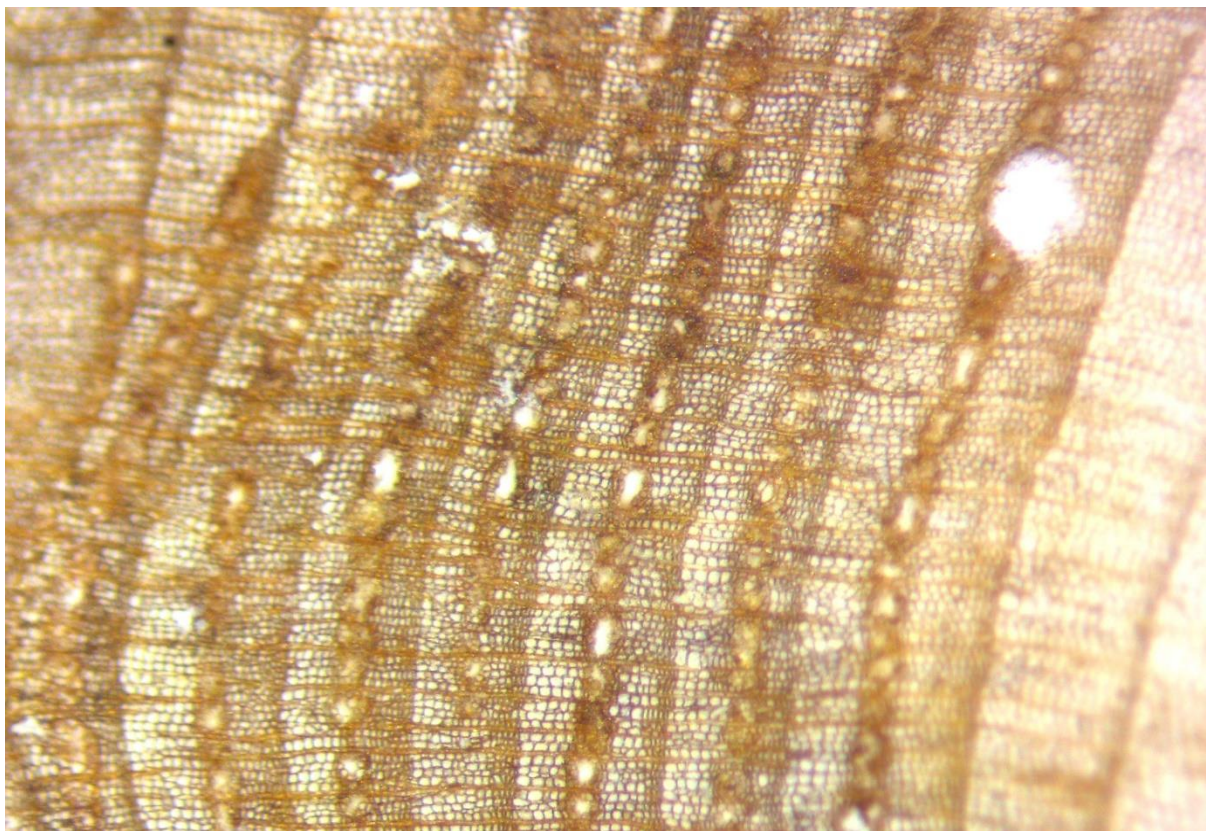


Рис. 9. Патологические смоляные ходы *Larix gmelinii* (п-ов Таймыр)

Взятие, хранение и обработка радиальных кернов древесины

Относительно еще совсем недавно (до 50-х годов XX века) для того, чтобы определить возраст дерева, необходимо было либо его полностью спилить, либо сделать клиновидный выпил у шейки корня. В настоящее время разработаны специализированные приборы (возрастные бурава), позволяющие без явного вреда брать (высверливать) из стволов деревьев радиальные керны древесины шириной от 3 до 5 мм.

На российском рынке возрастные бурава представлены двумя производителями – фирмы «Haglof» (Швеция) и «Suunto» (Финляндия). Производство осуществляется из высоколегированных марок стали, а режущую часть подвергают специальной закалке.

Возрастной бур состоит из трех составных частей – бур, рукоять и экстрактор (рис. 10).



Рис. 10. Возрастной бур, рукоять, экстрактор и наклеенный на деревянную основу радиальный керн древесины

Для начала работы необходимо бур вставить в рукоять безрезьбовой частью и закрепить с помощью специального крепления. Экстрактор должен располагаться отдельно от бура. Наибольшее количество колец у дерева находится в его нижней части в месте под названием «гипокотиль», где ствол крепится к корням. Соответственно, чем ближе к гипокотилю (чем ниже) будет взят радиальный керн древесины, тем ближе мы приблизимся к абсолютному значению возраста исследуемого дерева. Стоит также учитывать, что наибольшее количество колец сосредоточено от центра к периферии ствола, поэтому при бурении необходимо, чтобы бур проходил через центральные кольца.

Для получения радиального керна древесины необходимо на первом этапе возрастной бурав одновременно с надавливанием вкрутить в ствол дерева (рис. 11).

После того как он плотно закрепился в стволе, его вращают по часовой стрелке на глубину чуть больше радиуса ствола. Определить глубину бурения можно достаточно легко, приложив экстрактор к ручке бура в направлении закрученной части (длина экстрактора соответствует длине бура). Экстрактор вставляется внутрь бура до упора выпуклой частью к земной поверхности. Затем делается два вра-

щения буром на 360 град. против часовой стрелки и экстрактор с керном извлекается.



Рис. 11. Взятие радиальных кернов древесины с помощью возрастного бурава Naglof

Радиальные керны древесины упаковываются в пластиковые контейнеры (обычно используют коктейльные палочки) или обертываются широким скотчем. К каждому керну прикрепляется этикетка с маркировкой номера пробной площади, номера дерева, высоты взятия керна и других необходимых характеристик.

В лабораторных условиях каждый керн древесины наклеивается с помощью ПВА или клеевого пистолета с герметиком на специально подготовленные деревянные держатели П-образной формы. После высыхания клеевой основы керны обильно смачиваются водой и зачищаются канцелярским ножом (снимается примерно $\frac{1}{4}$ часть керна). Если дерево росло в экстремальных условиях или было угнетенное и старое, то в месте концентрации узких колец проводится дополнительное зачищение керна опасным лезвием. После высыхания кернов для лучшей визуализации годичных колец (придания им большей контрастности) проводят механическое втирание зубного порошка в древесину керна. У некоторых древесных пород (особенно лиственных – береза, тополь, липа) для лучшей визуализации колец после их зачистки керн обильно смачивают без втирания порошка.

Выявление патологических структур, датировка и определение возраста дерева

В основу выявления патологических структур в древесине (особенно ложных и частично или полностью выпадающих колец) положена процедура перекрестного датирования (Шиятов, 1973).

Биологическим принципом перекрестного датирования является тот факт, что деревья одной породы, произрастая на близкой территории, синхронно образуют годичные кольца сопоставимой ширины. Если измерить ширину годичных колец нескольких деревьев и построить графики этих значений - они будут очень похожи друг на друга. Особенно показательны узкие кольца, когда прирост дерева был невелик из-за засухи, например. Чередование узких и широких колец неповторимо во времени, как отпечатки пальцев у человека, и максимальная синхронность их ширины наблюдается лишь в том случае, когда графики прироста будут совмещены строго хронологически. Поэтому всегда можно определить принадлежность одного дерева к конкретному древостою, построив график ширины его годичных колец и сравнив с такими же графиками прироста соседних деревьев. Они будут обладать высоким подобием (Шиятов, 1973; Унжакова и др., 2009). Именно благодаря этой особенности можно выявить ложные и выпадающие кольца и другие патологические структуры в древесине, похожие на годичные кольца, с высокой точностью.

Древесные кольца, образованные в год окончания каждого десятилетия (например, 1940, 1930, 1920), карандашом отмечались точкой. Две точки ставились в год окончания каждого пятидесятилетия (1950, 1850), а три – в год окончания столетия (2000, 1900, 1800).

Для датировки колец применяют визуальный метод (Шиятов, 1973), метод построения скелетных графиков и метод построения полулогарифмических диаграмм. Более подробно о данных методах освещается в дисциплине «Дендрохронология». В отдельных случаях общий характер роста, наличие морозобойных и ложных колец, процент поздней древесины являются вспомогательными признаками при датировке годовых колец (Шиятов, 1973).

Поправка к возрасту дерева на высоту бурения определяется по упрощенной модели роста подроста в высоту в этих же лесорастительных условиях. Данная модель строится по трем значениям возраста: у основания ствола, на высоте 25 см и вершинки дерева. Искомый возраст деревьев определяется путем добавления поправки на высоту бурения.

Если взятые керны не достигают центра ствола, то для определения времени формирования центрального кольца сначала определяется радиус дуги, образуемой самым ранним (ближним к центру) годовым кольцом, сравнивая его с линиями окружностей разного размера, нанесенных на прозрачную пленку. Затем подсчитывается количество годовых колец на самом раннем участке керна, равном вычисленному радиусу, и прибавляется к количеству выявленных и датированных годовых колец на образце.

Для упрощенного определения возраста дерева можно воспользоваться следующей методикой:

1. Определяем возраст подсчетом числа годовых слоев на пне срубленного дерева.

2. К полученному возрасту прибавляем 2 – 5 лет (так как реальный возраст можно определить только на спиле у шейки корня, а высота пня обычно выше).

3. Используем для уточнения возраста пня подрост аналогичной высоты.

Разница возраста на пне и у шейки корня зависит от породы, происхождения, условий местопроизрастания.

При необходимости (для контроля) подсчитывают кольца в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При подсчете требуется особое внимание в связи с вышеперечисленными особенностями данной работы (возможностью выпадения годового кольца, образования ложных сдвоенных колец и т.д.), поэтому в целях удобства можно комлевую часть дерева спиливать под углом (годовые кольца становятся более растянутыми). Также для лучшей видимости используют оптические устройства и на пне черточками отмечают десятки лет.

Косвенные методы определения возраста деревьев

В случае, если определение возраста точными способами не представляется возможным либо нецелесообразно, возраст допустимо определить приближенно (глазомерно, по косвенным признакам). Для этого можно использовать свежие пни, находящиеся в непосредственной близости от исследуемого дерева. У хвойных пород, особенно у сосны примерно до 40 – 50 лет, возраст определяют по количеству мутовок.

Также для приближенного определения возраста могут быть использованы некоторые морфологические признаки дерева:

1. Форма кроны – у молодых деревьев крона имеет конусообразную форму, с увеличением возраста она становится шарообразной или зонтикообразной (рис. 12).



Рис. 12. Форма кроны деревьев в зависимости от возраста

2. Цвет хвои и листвы – чем моложе дерево, тем ярче и гуще его хвоя или листва.

3. Кора – у хвойных до 60 лет имеет гладкую поверхность (рис. 13,а), к возрасту 100 лет до высоты 3 – 4 метра становится чешуйчатой (рис. 13,б), в возрасте 140 лет и более чешуйчатость поднимается до 8 метров, а нижняя часть ствола становится бороздчатой, трещиноватой (рис. 13,в).



а б в

Рис. 13. Кора дерева в разном возрастном диапазоне

4. Расположение сучьев первого порядка относительно ствола – чем моложе дерево, тем острее угол прикрепления к стволу (рис. 14,а), с увеличением возраста сучья могут принимать горизонтальное положение (рис.14,б).



а б

Рис. 14. Расположение сучьев первого порядка:
а – молодое дерево, б – старое дерево

5. Очищенность нижней части ствола от сучьев – чем старше дерево, тем выше находится первый сучок, в молодом возрасте сучья расположены на уровне, близком к шейке корня (рис.15).

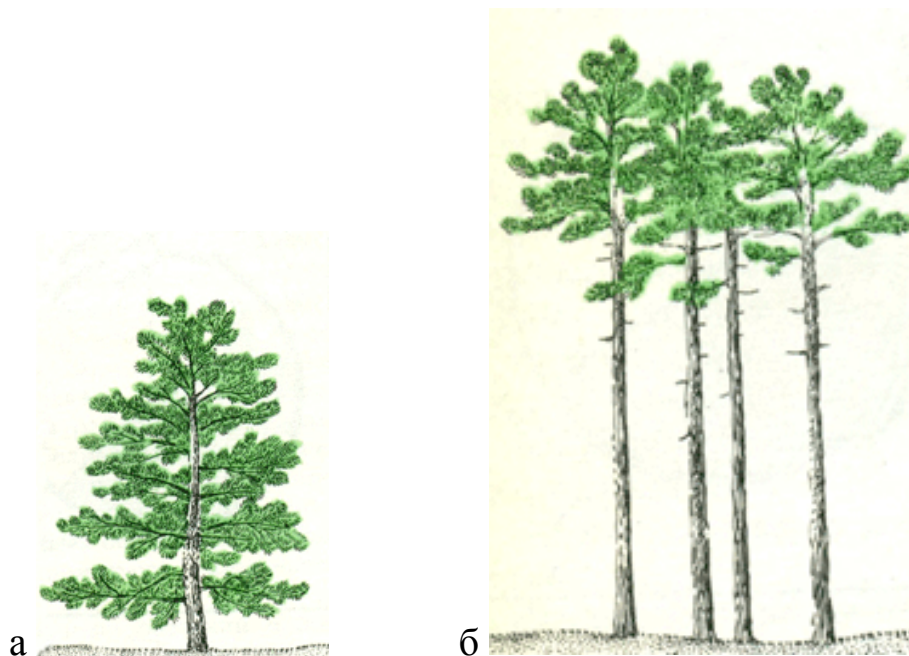


Рис. 15. Очищенность нижней части ствола от сучьев в разном возрасте:
а – молодое дерево, б – старое дерево

На данные признаки влияют различные показатели, в том числе древесная порода, условия роста, местоположение и т.п., что требует изучения местных условий и опыта таксатора. (Верхунов, Черных, 2009).

2.2.2. Определение высоты растущего и длины срубленного дерева

Для измерения длины срубленного дерева используются складные ленты или рулетки, длиной от 5 до 50 метров, мерные шнуры, мерные шести. Измерения проводят с точностью до 0,1 м.

Для измерения высоты растущих деревьев в основном используют высотомеры различной конструкции, реже мерную вилку или эклиметр (инструмент для измерения вертикальных углов).

В зависимости от принципа измерения высотомеры делят на группы: тригонометрического, геометрического и оптического действия.

Принцип измерения высотомерами тригонометрического действия заключается в том, чтобы отложить от измеряемого дерева базис (расстояние, примерно равное высоте дерева) и с этого расстояния провести измерение угла, заключенного между линией визирования и базисом (рис.16).

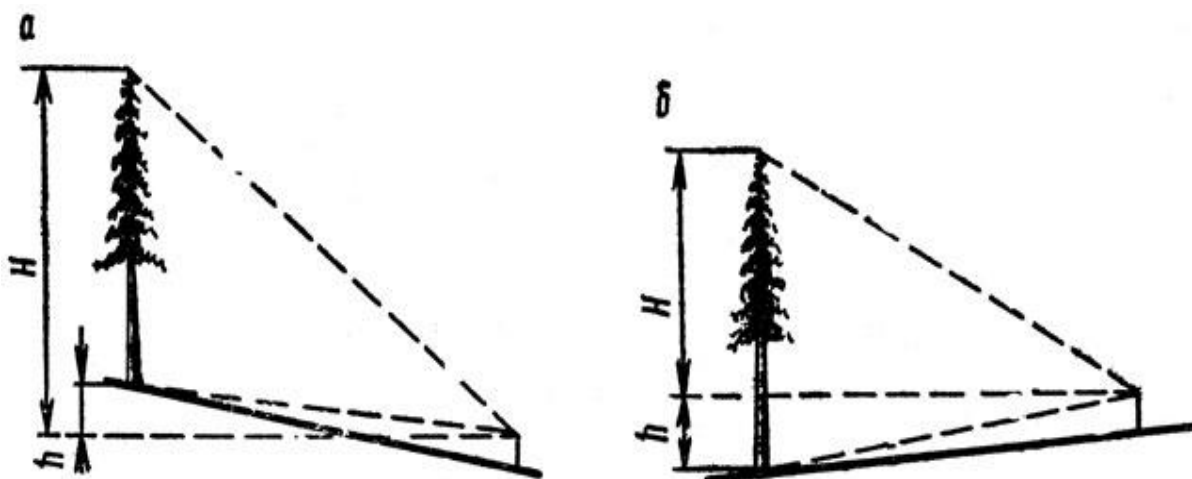


Рис. 16. Измерение высоты дерева: а-дерево находится выше, чем наблюдатель, б-дерево находится ниже, чем наблюдатель

Если дерево находится выше (рис.16,а) или ниже, чем наблюдатель (рис.16,б), то визирование производится дважды – на вершину дерева и на его основание. В случае, если дерево находится в понижении (ниже уровня глаз), то высоту получают как сумму отсчетов. Если дерево находится выше (основание дерева выше уровня глаз), то высоту дерева рассчитывают как разность отсчетов. На этом принципе основана работа эклиметров, высотомеров Макарова, Никитина, Блюме – Лейсса, SUUNTO (рис.17) и других.

Такие высотомеры состоят из трех основных узлов:

- визирующее устройство;
- маятник;
- шкала высот.

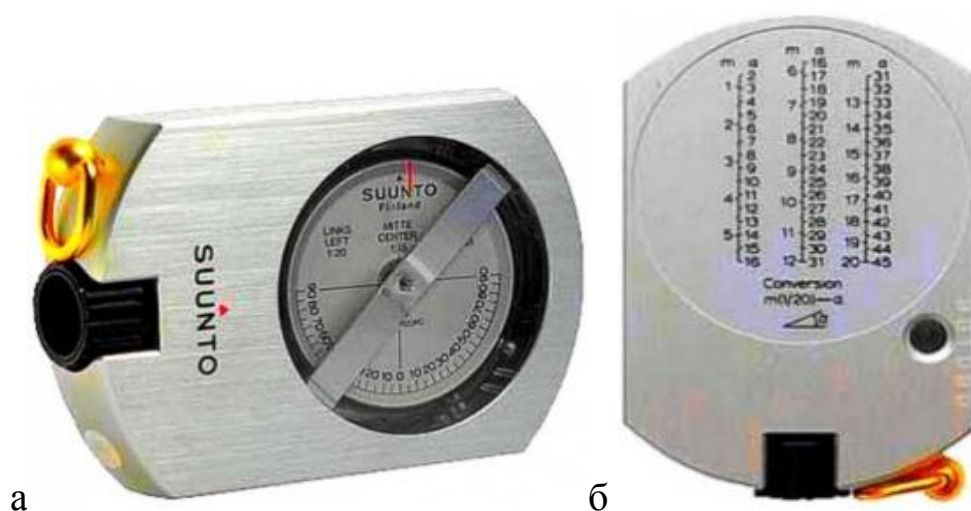


Рис. 17. Высотомер SUUNTO:
а – общий вид, б – корпус высотомера с нанесенной шкалой

На шкале высот вместо градусов, показывающих значение углов α , нанесены соответствующие этим углам высоты при постоянных базисах. Шкалы у высотомеров Блюме – Лейсса, SUUNTO, ЭВ-1 имеют два базиса 15 и 20 м.

Для измерения высоты необходимо отложить от дерева базис, затем в этой точке (на расстоянии от дерева, примерно равном его высоте) произвести визирование на вершину и основание измеряемого дерева. В зависимости от того, какое положение оно занимает, высоту рассчитывают либо как разность отсчетов, либо как их сумму.

Некоторые высотомеры для измерения расстояния снабжены дальномерами.

Измерение высоты дерева эклиметром. Эклиметр – прибор для измерения вертикальных углов, успешно используется для измерения высот. Для этого составлена специальная таблица, где для различных значений базиса и вертикальных углов даны высоты (табл. 3).

Таблица 3

Определение высоты дерева с помощью эклиметра

Угол наклона, градус	Высота дерева, м, при расстоянии, м			Угол наклона, градус	Высота дерева, м, при расстоянии, м		
	10	15	20		10	15	20
30	7,3	10,1	13,0	45	11,5	16,6	21,5
31	7,5	10,5	13,5	46	11,9	17,0	22,2
32	7,8	10,9	14,0	47	12,2	17,6	22,9
33	8,0	11,2	14,5	48	12,6	18,2	23,7
34	8,3	11,6	15,0	49	13,0	18,8	24,5
35	8,5	12,0	15,5	50	13,4	19,4	25,3
36	8,8	12,4	16,0	51	13,9	20,0	26,2
37	9,0	12,8	16,6	52	14,3	20,7	27,1
38	9,3	13,2	17,1	53	14,8	21,4	28,0
39	9,6	13,6	17,7	54	15,3	22,1	29,0
40	9,9	14,1	18,3	55	15,8	22,9	30,1
41	10,2	14,5	18,9	56	16,3	23,7	31,2
42	10,5	15,0	19,5	57	16,9	24,6	32,3
43	10,8	15,5	20,2	58	17,5	25,5	33,5
44	11,2	16,0	20,8	59	18,1	26,5	34,8

Высотомеры геометрического действия

Работа таких высотомеров основана на подобии треугольников. По этому принципу работают высотомеры Вейзе, Фаустмана, Христана, мерная вилка (рис. 18) и другие.

Для измерения высоты деревьев мерная вилка должна быть специальным образом приспособлена: на неподвижной ножке на расстоянии 5 – 10 см от конца прикрепляется нить с отвесом.

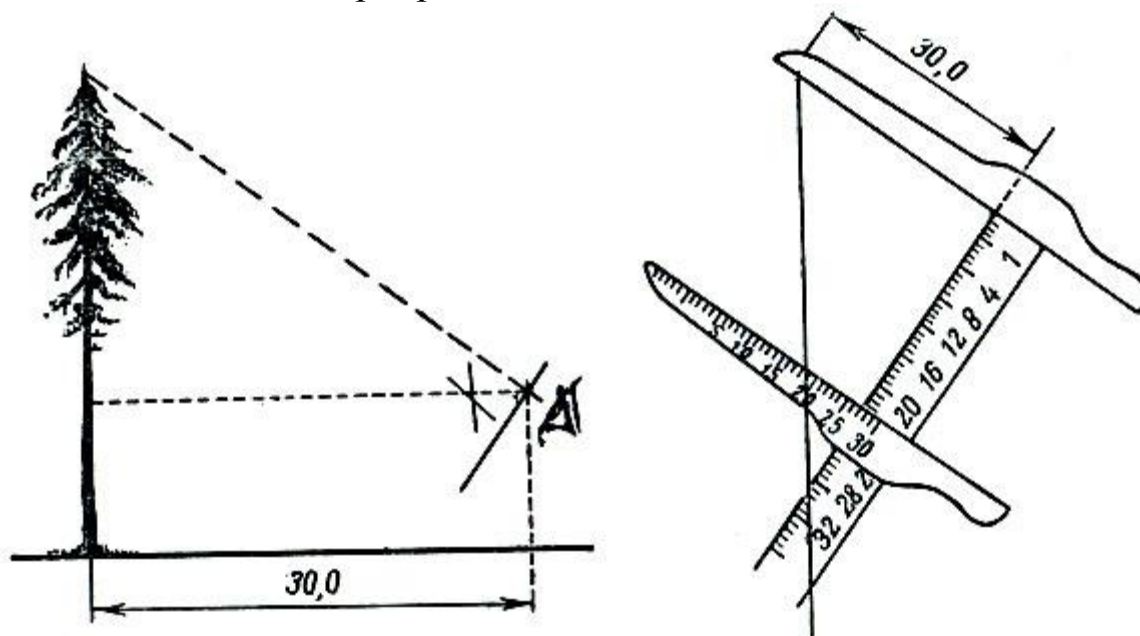


Рис. 18. Измерение высоты дерева мерной вилкой

На подвижной ножке против нити с отвесом наносится черта с обозначением нуля и по обе стороны от этой черты наносят сантиметровые деления.

Измерения высоты мерной вилкой производят в следующем порядке:

- 1) необходимо отложить от дерева и измерить расстояние примерно равное его высоте;
- 2) подвижную ножку мерной вилки отодвинуть на столько сантиметров, на сколько метров отошли от дерева;
- 3) по внутренней грани неподвижной ножки произвести визирование на вершину дерева, тогда нить с отвесом на подвижной ножке покажет отсчёт в сантиметрах, равный высоте дерева.

Высотомеры оптического действия

Среди высотомеров, имеющих оптический принцип действия, наибольшее значение имеет реласкоп Биттерлиха и высотомер Анучина. При работе с высотомером Анучина необходимо отложить от дерева базис 15 – 20 метров. Нижнее нулевое деление соответствующей шкалы навести на основание дерева, при этом наблюдатель увидит прямое сильно уменьшенное изображение дерева. На шкале высотомера вершина дерева отсечет соответствующее деление, показывающее общую высоту дерева. Точность измерения 5 – 10 %.

Более подробную информацию о технических характеристиках, устройстве, принципах работы высотомеров различной конструкции и их использовании при измерении высоты дерева можно найти в учебном пособии Нагимова, Шевелиной, Коростелева (2019).

При отсутствии высотомеров измерение высоты можно проводить с использованием подручных средств.

Измерение высоты дерева по падающей тени

Измерение высоты по тени следует проводить в солнечную погоду у одиночно стоящих деревьев. Сначала следует измерить длину падающей тени от дерева. Затем взять вешку или палочку длиной 1 – 2 м, воткнуть ее вертикально в землю и замерить отброшенную ею тень (рис. 19). Высота дерева будет равна:

$$H = \frac{Lh}{l},$$

где H – высота дерева, м,

h – высота вешки (палочки), м,

L – длина падающей тени от дерева, м,

l – длина падающей тени от вешки, м.

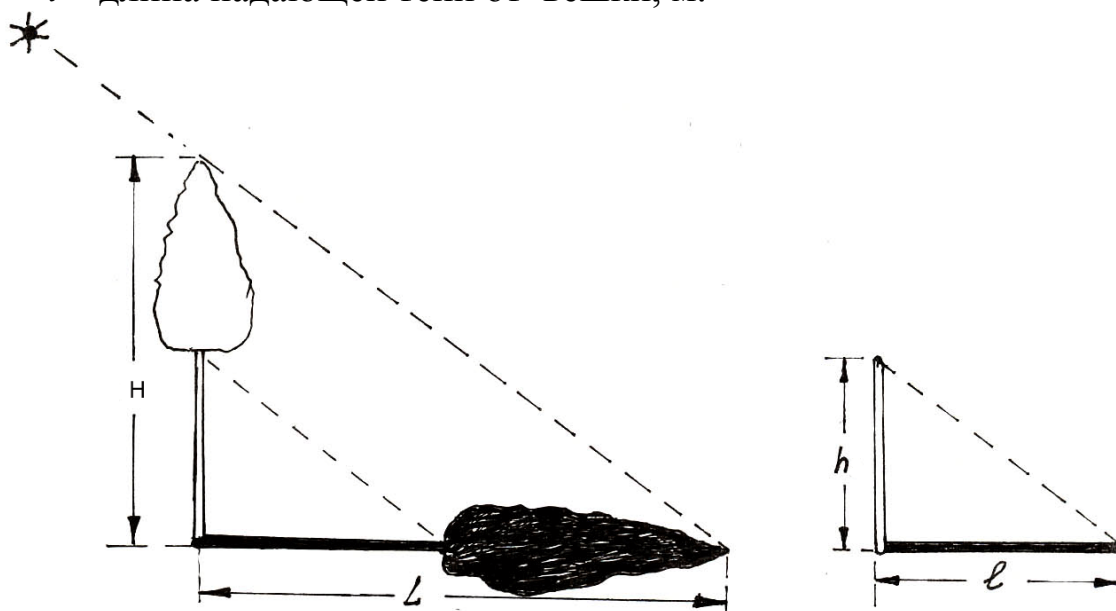


Рис. 19. Измерение высоты дерева по падающей от него тени

Измерение высоты дерева визированием лежа

В пасмурную погоду при отсутствии тени высоту дерева можно определить следующим образом. Заготовить палку (вешку) длиной около 2 м. Отойти от дерева на расстояние, примерно равное его высоте, и воткнуть палку в землю вертикально (на сухом месте). Лечь на

землю так, чтобы ноги прикасались к палке (рис. 20) и глазами визи-ровать на вершину (верхнюю точку) дерева. Линия визирования пройдет у верхней части палки в точке, которую следует заметить. Высота дерева определяется из подобия двух треугольников (см. рис. 20) по формуле:

$$H = \frac{L}{l} h,$$

где H – высота дерева, м,

L – расстояние от дерева до головы лежащего на земле человека, м,

l – рост человека, м,

h – высота от земли точки на палке (вешке), через которую прошла линия визирования на вершину (верхнюю точку) дерева.

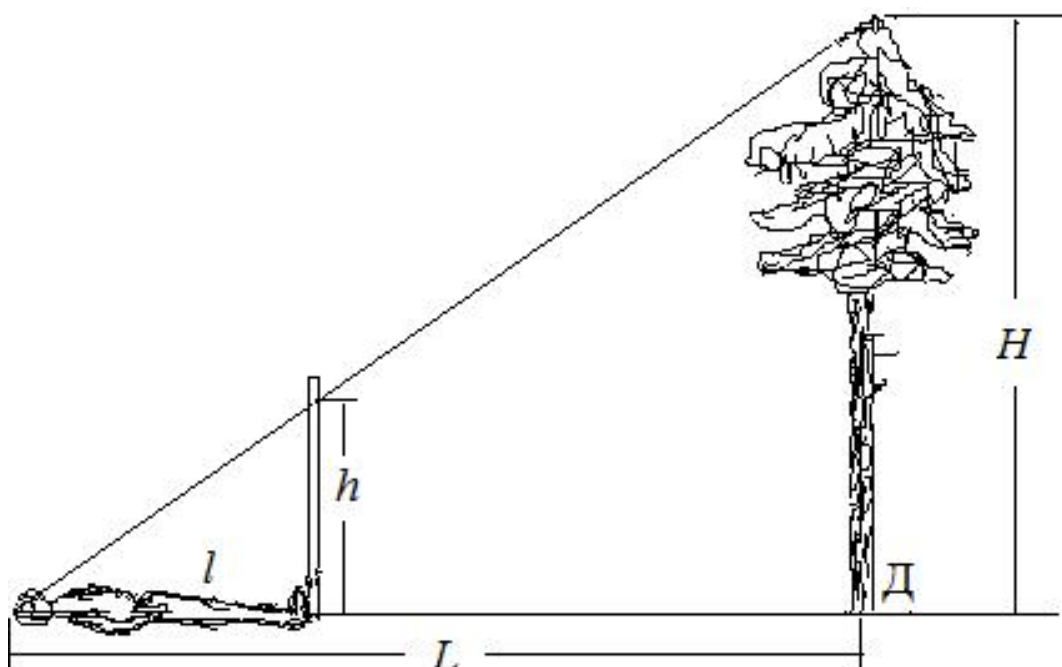


Рис. 20. Измерение высоты дерева визированием лежа

Измерение высоты дерева с использованием равнобедренного треугольника

Для этого необходимо вооружиться указанным треугольником (с наличием прямого угла), а также рулеткой.

Вначале на дереве следует отметить высоту уровня глаз мерщика.

Затем отойти от дерева на расстояние, равное примерно его высоте.

Приставив угольник одним из острых углов (45^0) к глазу, прилегающим катетом произвести визирование на отметку уровня глаз исполнителя на дереве. Далее необходимо визировать по длинной стороне

треугольника, отходя от дерева или приближаясь к нему, чтобы линия визирования точно указала на верхнюю точку дерева (рис. 20, а). От места стояния (точки) измерить расстояние до дерева. Прибавить к полученному значению отрезок, равный высоте исполнителя до уровня глаз. Это и будет высота дерева.

В лесных условиях равнобедренный треугольник можно получить, взяв две одинаковые палочки длиной 25-30 см. В одной из палочек посередине нужно сделать отверстие, чтобы просунуть в нее вторую палочку. Палочки подравнять по длине и прямым углам в крестовине.

Мысленная прямая, соединяющая два конца от горизонтальной палочки к вертикальной, будет гипотенузой, которую следует визировать на вершину дерева (рис. 21, б).

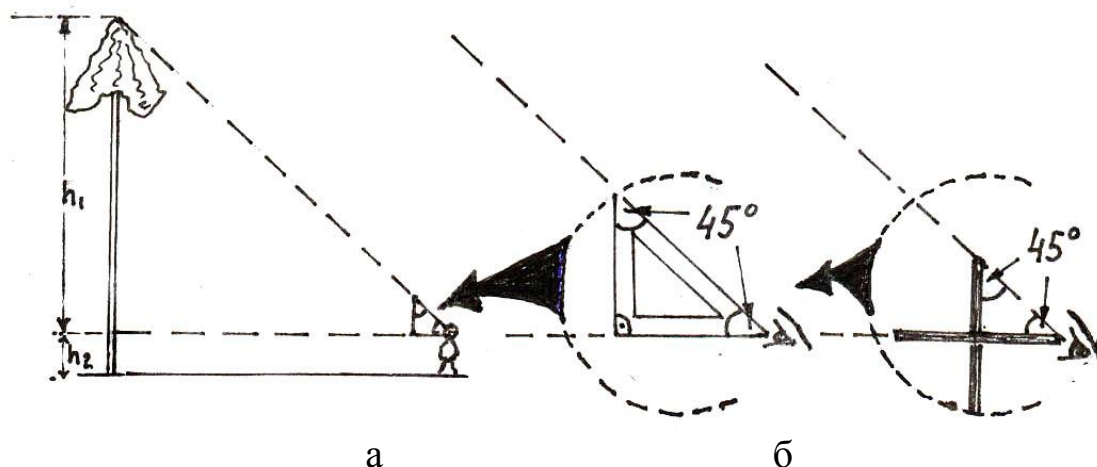


Рис. 21. Определение высоты дерева с использованием равнобедренного треугольника с углами 45° (а) и крестообразно соединенных палочек (б)

Определение высоты дерева по отметке его относительной высоты

На плоской палочке длиной до 30 см (можно использовать для этого обычную ученическую линейку) можно отграничить двумя линиями отрезок. Отойти от дерева на расстояние, примерно равное его высоте, держа палочку (линейку) вертикально, отставить ее от глаза наблюдателя так, чтобы дерево по высоте точно вписалось в границы, отмеченные на палочке (рис. 22). При этом риска 0,1 должна быть в нижней части вертикально расположенной своеобразной шкалы. Далее замечается на дереве точка, которая получается визированием через риску 0,1. Задача отметки этой точки облегчится, если у мерщика будет помощник.

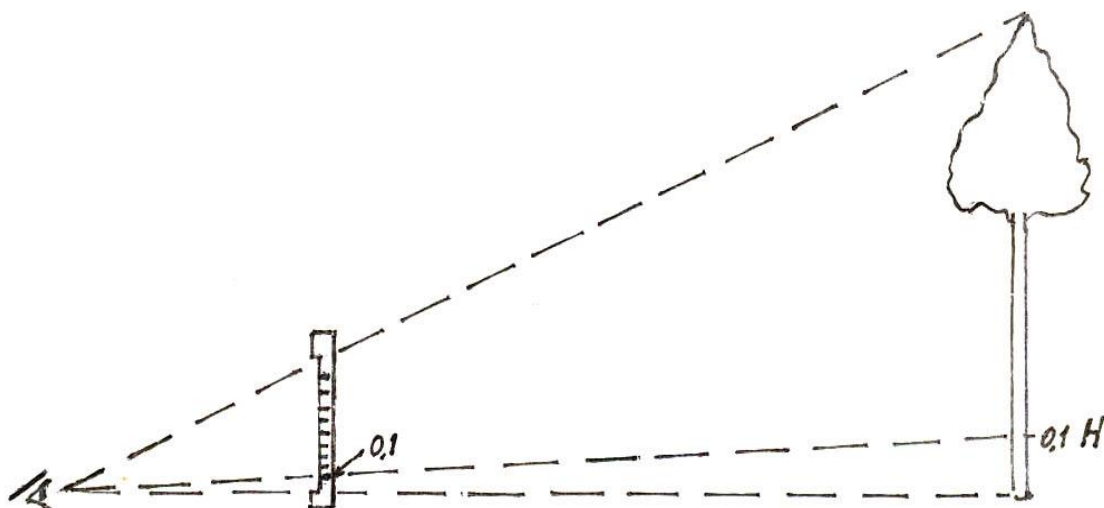


Рис. 22. К определению высоты дерева по отметке 0,1 его относительной высоты

Остается измерить высоту дерева от шейки корня до данной точки и полученную величину увеличить в 10 раз. Ориентировочная длина применяемой плоской палочки (линейки) 20 – 25 см, на ней необходимо нанести границу 0,1 ее длины.

Определение высоты дерева по изображению с цифровой видеокамеры, цифрового фотоаппарата и сотового телефона

Растровое изображение деревьев (цифровое фото), получаемое с помощью видеокамер, фотоаппаратов и сотовых телефонов, позволяет определять их общую высоту и промежуточные, а также диаметры ствола и кроны дерева.

Для определения высоты по растровому изображению необходимо перед фотографированием прислонить к дереву вешку длиной 1 или 2 м (нижний и верхний концы для лучшего обозначения на фотоизображении желательно выделить, например, белой бумажкой или краской). Затем произвести фотографирование так, чтобы изображение дерева полностью вошло в рамку снимаемого аппарата (рис. 23). Далее измерить высоту дерева на фотоизображении H_1 и высоту метровой вешки h (если вешка взята длиной 2 м, тогда измеренную высоту разделить пополам). Высота дерева H определяется вычислением частного от деления H_1 на h :

$$H = H_1 : h$$

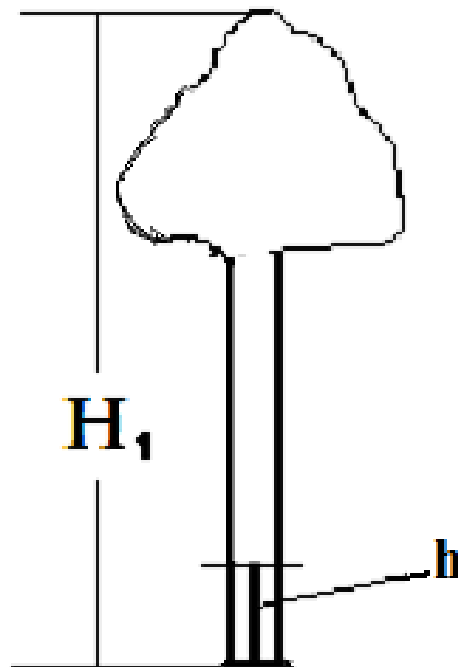


Рис. 23. Определение высоты дерева по фотоизображению

Так как при фотографировании дерева его комлевая и верхняя части по отношению к фотоаппарату будут находиться на разном удалении, в приведенную формулу для получения более точного значения высоты ствола следует внести поправочный коэффициент. Он является индивидуальным и выводится для каждого (своего) фотографического аппарата. Для этого необходимо измерить 2-3 дерева высотомером, получить процент расхождения измеренной и истинной высоты, который и будет поправочным коэффициентом.

2.2.3. Определение диаметра дерева

Диаметр ствола в лесной таксации принято измерять на строго определенной высоте – 1,3 м от шейки корня ствола. Эта высота соответствует уровню груди среднего человека, является наиболее удобной для производства измерений. Поэтому диаметр, измеряемый на высоте 1,3 м от основания ствола, в таксации называется диаметром на уровне груди или таксационным диаметром и обозначается – $d_{1,3}$.

Диаметр ствола измеряется при помощи мерной вилки (рис. 24). Она может быть текстолитовой, деревянной, дюралевой. Мерная вилка представляет собой линейку, имеющую расположенные перпендикулярно ей подвижную и неподвижную ножки.

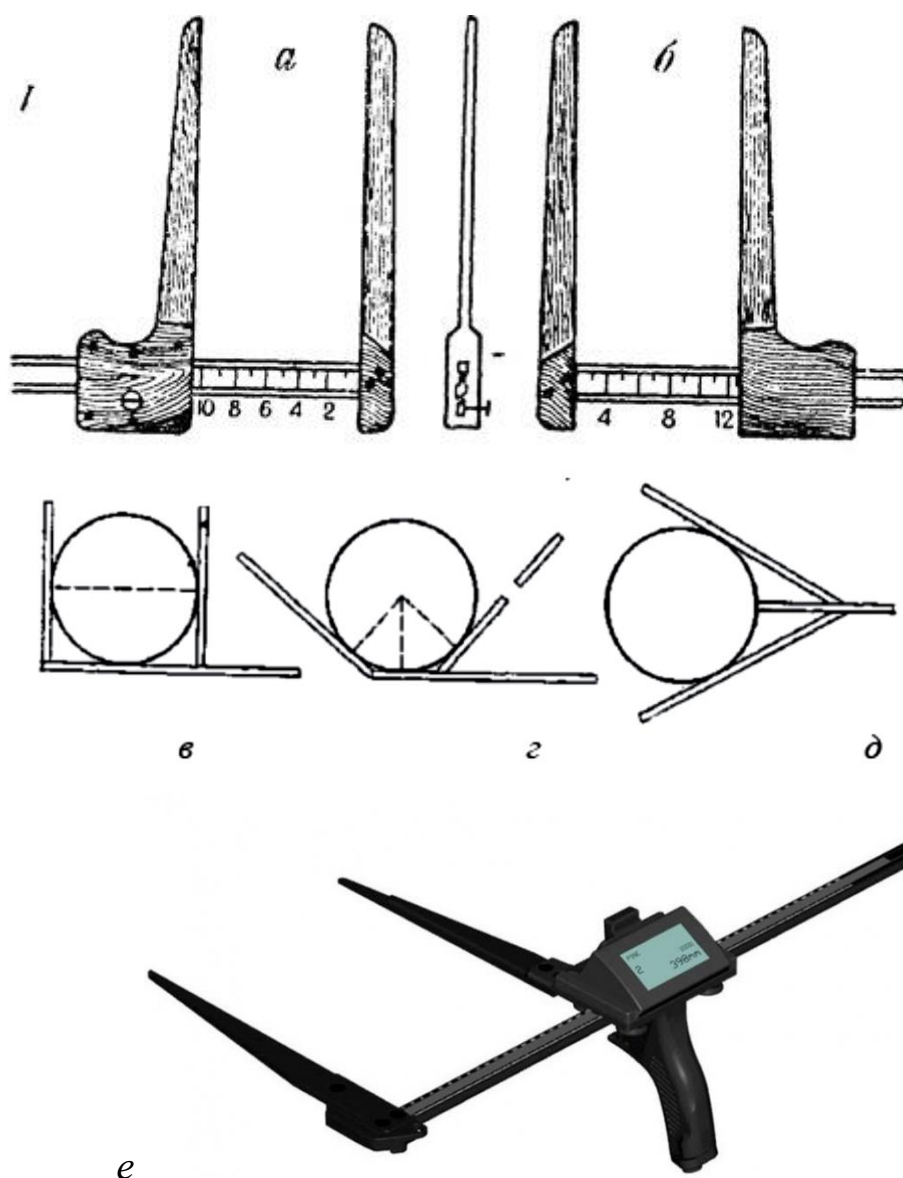


Рис. 24. Мерные вилки: а – с оцифровкой по двухсантиметровым ступеням толщины; б – с оцифровкой по четырехсантиметровым ступеням толщины; в, г, д – типы мерных вилок; е – электронная мерная вилка Masser BT Caliper (Финляндия)

На одной стороне линейки нанесена шкала с ценой деления 0,5 см, и оцифровкой через 2 см. Эту шкалу используют при индивидуальном измерении деревьев, определяя диаметр с точностью до 0,1 см. На другой стороне нанесена шкала с ценой деления 1,0 см, оцифровка через 4 см.

Массовые обмеры деревьев (сплошной пересчет) проводят по центральным ступеням толщины. Распределение деревьев по ступеням толщины приведено в табл. 4.

Таблица 4

Распределение диаметров по ступеням толщины

Диаметры по односантиметровым ступеням толщины											
Нижняя и верхняя граница диаметра по ступеням толщины, см	1,6	2,5	2,6	3,5	3,6	4,5	4,6	5,5	5,6	6,5	...
Степень толщины	2		3		4		5		6		...
Диаметры по двухсантиметровым ступеням толщины											
Нижняя и верхняя граница диаметра по ступеням толщины, см	3,1	5,0	5,1	7,0	7,1	9,0	9,1	11,0	11,1	13,0	...
Степень толщины	4		6		8		10		12		...
Диаметры по четырехсантиметровым ступеням толщины											
Диаметр, см	10,1	14,0	14,1	18,0	18,1	22,0	22,1	26,0	26,1	30,0	...
Степень толщины	12		16		20		24		28		...

Размер ступеней принимается в зависимости от среднего диаметра древостоя. Если средний диаметр до 6 см, то размер ступеней 1 см. Это значит, при диаметре 5,4 см его относят к 5-й ступени толщины, при диаметре 5,9 – к шестой. При среднем диаметре древостоя от 6,1 см до 16 см размер ступеней 2 см, при значениях среднего диаметра более 16 см ступень принимают равной 4 см.

При четырехсантиметровой ступени границами будут являться: для 12-й ступени – диаметры 10,1 и 14,0 и т.д.

Таким образом, при измерении диаметра по ступеням толщины производится округление диаметра: все деревья диаметрами от 10,1 см до 14,0 см принимают равными 12-й ступени толщины, от 14,1 см до 18,0 см – 16-й ступени. Оформление проводят компактно –


методом «конверта»  (табл.5).

Таблица 5

Учет деревьев методом «конверта»

Количество деревьев, шт.	1	2	3	7	10	11	12	13	14	15
Способ записи	•	••	•••	□	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗

Для удобства массовых измерений диаметра по ступеням толщины неподвижную ножку линейки смещают при односантиметровых ступенях на 0,5 см, при двухсантиметровых ступенях на 1 см, при четырёхсантиметровых на 2 см.

Тогда при измерении диаметра ствола крайнее значение толщины, видимое на вилке, и будет показывать ступень толщины, к которой относится дерево. На некоторых двусторонних мерных вилках вторая сторона инструмента для массовых измерений уже имеет смещенную шкалу. Это значительно упрощает работу таксатора при сплошном перече́те стволов.

При измерениях диаметра необходимо соблюдать следующие требования:

1. Линейка мерной вилки должна касаться ствола, а ножки заходить за его середину (рис. 25).
2. Ножки мерной вилки должны быть параллельны между собой и перпендикулярны линейке.
3. Движение подвижной ножки должно быть плавным, а цифры на линейке – чётко видны.

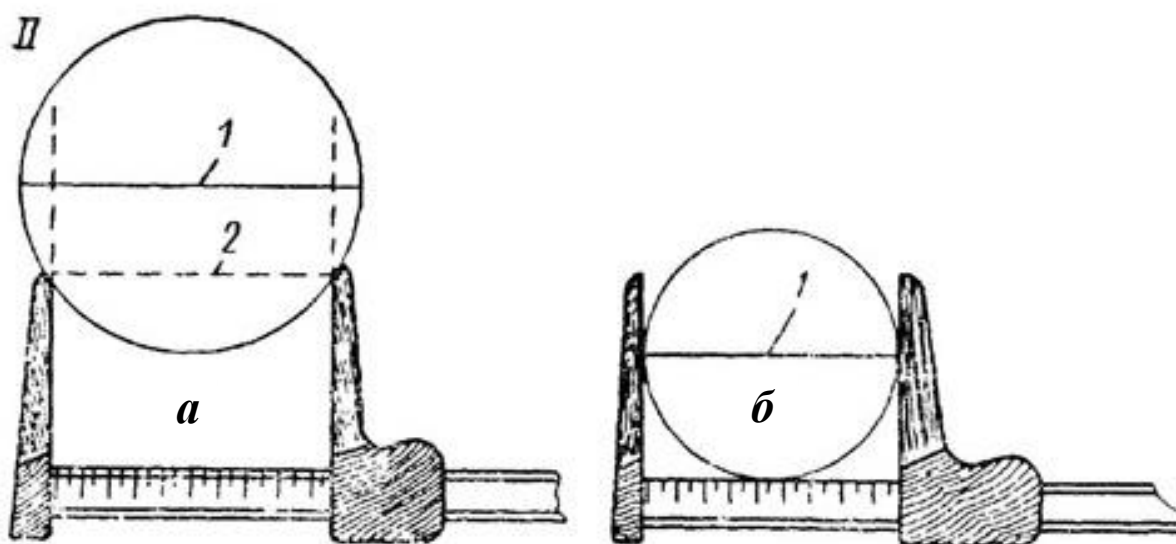


Рис.25. Измерение диаметра с помощью мерной вилки:
а – неправильное; *б* – правильное

Для измерения диаметра ствола в молодняках целесообразно использовать штангенциркуль с удлиненными ножками.

Измерение диаметра круглых лесоматериалов производится в основном в тонком верхнем конце при помощи мерной скобы.

Мерная скоба – деревянный брусок длиной 80 см, на одной стороне которого нанесена шкала с ценой деления 0,5 см (для измерения

бревен диаметром до 14 см), на другой – 1,0 см (для бревен диаметром более 14 см). На концах бруска расположены ручка и выступ (служит для фиксации скобы на торце бревна) (рис.26).

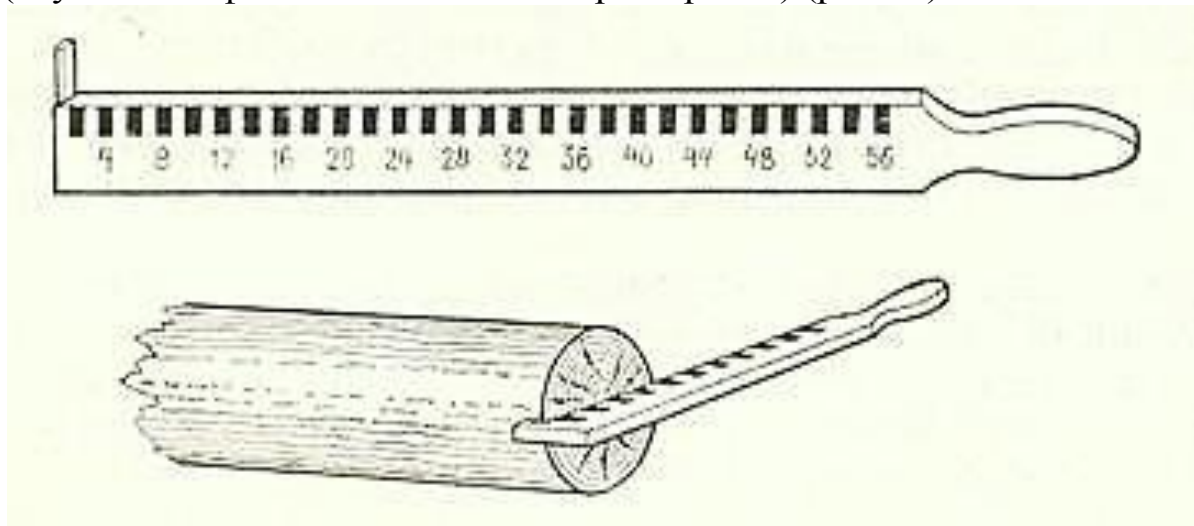


Рис. 26. Общий вид мерной скобы

Так же для измерения диаметра может быть использована мерная лента, позволяющая определить диаметр аналитическим способом, зная длину окружности ствола (c).

$$d = \frac{c}{\pi} .$$

Диаметр ствола на больших высотах измеряется с помощью мерной вилки, закрепленной на шесте заданной длины с особым устройством. Подвижная ножка мерной вилки приводится в движение при помощи шнура, перекинутого через блок, вставленный в линейку. При натягивании шнура ножка передвигается до соприкосновения со стволом.

На больших высотах, не доступных для непосредственного измерения, могут быть использованы дендрометры различных конструкций.

Также в последние годы все большее распространение получают электронные мерные вилки (Masser 2000GR, Masser 45-55GR финского производства, Mantax Computer Galiper шведского производства), позволяющие повысить производительность и точность (до ± 1 мм) работы таксатора при измерении диаметров деревьев. Конструкция некоторых из них дает возможность таксатору проводить измерения, используя только одну руку.

Современное оборудование дает возможность оперативно обрабатывать данные с нескольких мерных вилок одновременно. Выдача результатов производится на дисплей вилки, на персональный ком-

пьютер (ноутбук, планшет, телефон), принтер или модем. Возможно использование электронной вилки (со встроенной антенной) на расстоянии до 60 м от принимающего устройства.

Таким образом, использование электронной мерной вилки уменьшает трудозатраты как на полевом этапе работ (позволяет вести перечет одним таксатором), так и при камеральной обработке полученных данных (с использованием ПК). Еще одним преимуществом является высокая точность полученных данных при их сборе и отсутствие этапа ручной обработки.

Несмотря на появление данного оборудования на рынке более 20 лет назад, ограничивающим фактором для их широкого использования является стоимость таких вилок – 3-3,5 тыс. долл. (Мартынов, 2008).

Подробнее ознакомиться с конструкцией и особенностями мерных вилок и других лесотаксационных инструментов можно в учебном пособии «Приборы, инструменты и устройства для таксации леса» (Нагимов и др., 2019).

2.2.4. Определение площади поперечного сечения ствола

Форма поперечного сечения ствола зависит от многих факторов: условий роста, возраста, породы, высоты сечения, толщины коры и др. Под их влиянием поперечное сечение ствола в той или иной степени отклоняется от правильных геометрических фигур (круга или эллипса) и в некоторых случаях она может иметь неправильную форму (у шейки корня дуба, ели и др.). Но в основном на разных высотах поперечное сечение дерева приближается по форме к правильным геометрическим фигурам, поэтому его площадь чаще всего определяют через формулы площади круга и эллипса. Формула площади круга обеспечивает определение площади поперечного сечения ствола с точностью до 3 %. Более точным, но менее применяемым способом является определение площади поперечного сечения ствола по формуле эллипса, она позволяет получить результат с точностью 1 – 2%. Причем обе формулы дают положительную систематическую ошибку.

Формула круга получила широкое применение на практике. При этом для более точных результатов измерение проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях, с выводом среднего значения диаметра. При массовых наблюдениях допускается измерение в одном направлении с учетом теории погрешности.

Площадь поперечного сечения целесообразно определять по формуле площади круга в случаях, когда два взаимно перпендикулярных диаметра сечения окажутся абсолютно равными:

$$g_k = \frac{\pi d^2}{4},$$

где g_k – площадь круга.

При любом отличии (даже незначительном) в значениях диаметров площадь поперечного сечения можно определить по формулам:

$$g_э = \frac{\pi}{4} ab,$$

где $g_э$ – площадь эллипса;

a и b – оси эллипса.

Таким образом, конечная формула для расчета:

$$g_k = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} d_{cp}^2.$$

Также при большой толщине деревьев или в случае отсутствия мерной вилки возможно определение площади поперечного сечения ствола через длину окружности:

$$g_k = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$d = \frac{c}{\pi};$$

$$d^2 = \frac{c^2}{\pi^2};$$

$$g = \frac{\pi C^2}{4 \pi^2} = \frac{C^2}{4\pi} = \frac{C^2}{4 \cdot 3,14} = \frac{C^2}{12,56}.$$

Таким образом, площадь поперечного сечения выразится формулой:

$$g = \frac{C^2}{12,56} = 0,0796C^2 \approx 0,08C^2.$$

Ошибка в данном случае положительная 6-10%.

Из-за шероховатости коры деревьев и неплотного прилегания мерной тесьмы этот способ дает завышенные значения площади сечения: для ели в среднем на +3,4%, для сосны на +7,9% и лиственницы на +11,2%.

Также для проведения научных исследований возможно определение площади поперечного сечения ствола в соответствии с его очертаниями с помощью планиметра, графическим и аналитическим способами (по формуле Симпсона).

Планиметр – специальный прибор для определения площадей геометрических фигур (рис. 27).



Рис. 27. Планиметр роликового типа PLANIX 7

Порядок определения площади поперечного сечения ствола:

а) с помощью планиметра – контуры среза ствола переносят на бумагу (путем обжима листа, наложенного на срез), и площадь оттиска вычисляют планиметром; этот прием обеспечивает высокую точность результатов (до 0,1%); планиметры имеют ролики, обеспечивающие значительное горизонтальное перемещение, они вычисляют площади в квадратных сантиметрах или квадратных дюймах. PLANIX 7 имеет цифровую клавиатуру, которая позволяет вводить пользовательский масштаб, в котором вычисляется площадь плана или рисунка.

б) при использовании графического способа (рис. 28) – контуры сечения ствола переносят на бумагу, и площадь оттиска разбивают на правильные геометрические фигуры (квадраты, прямоугольники, трапеции, треугольники), площадь которых вычисляют по известным геометрическим формулам; полученные результаты суммируют и устанавливают площадь сечения ствола;

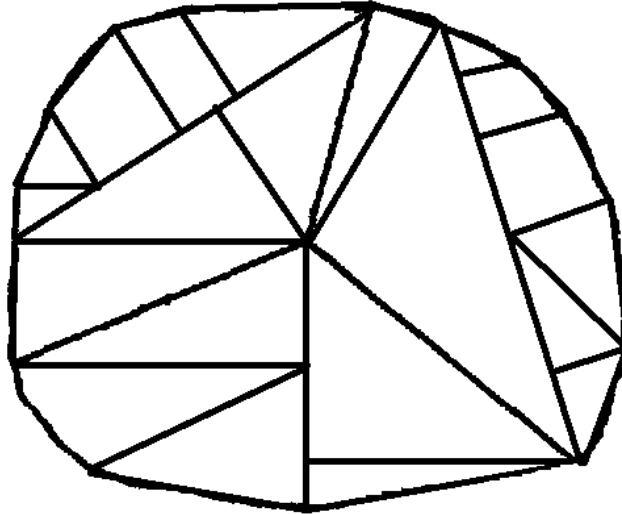


Рис. 28. Использование графического способа при определении площади сечения ствола

в) при использовании аналитического способа – вычисление площадей поперечного сечения по формуле Симпсона, предложенной в 1743 г. Контур поперечного сечения ствола (рис. 29) разбивают параллельными линиями l_1, l_2, \dots, l_n на полосы одинаковой ширины h , обычно по 2 см, посередине которых проводят дополнительные линии k ; площадь такой полосы вычисляют по формуле:

$$g = \frac{h}{6}(l_1 + 4k + l_2) .$$

Суммируя полученные результаты, устанавливают общую площадь сечения. Конечный результат суммированной площади рассчитывают по формуле:

$$g = \frac{h}{6} [l_1 + l_n + 2(l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}) + 4(k_1 + k_2 + \dots + k_{n-1} + k_n)] .$$

При тщательной работе способ Симпсона показывает хорошие результаты. Проведенное отдельными авторами исследование формы поперечных сечений стволов выявило их значительное варьирование, которое зависит от различных факторов, а именно: древесной породы, возраста дерева, части ствола, откуда взято сечение, условий роста и развития отдельного дерева.

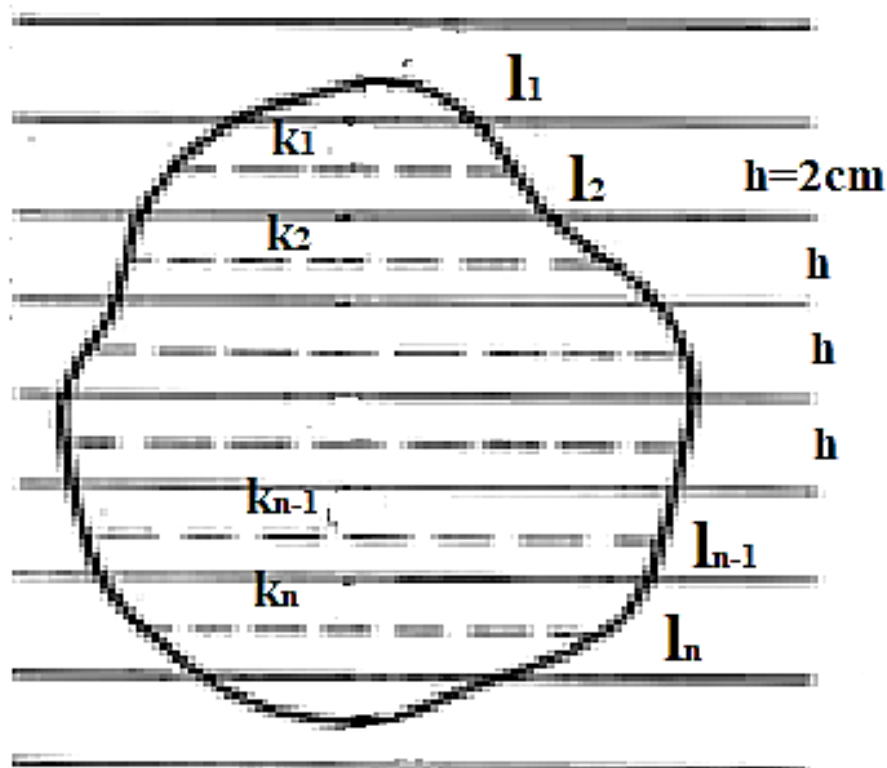


Рис. 29. Определение площади сечения ствола аналитическим способом

Для наглядности приведем сравнительную точность определения площади сечения различными способами. За истинную площадь принималась величина, полученная по формуле эллипса с измерением осей a и b , а также площадь круга по двум взаимно перпендикулярным диаметрам a_1 и b_1 . Результаты таких сравнений приведены в табл. 6 (Захаров, 1967).

Формула круга по среднему диаметру из двух взаимно перпендикулярных диаметров в среднем дает различие площадей со знаком плюс.

Из анализа таблицы можно увидеть, что наиболее приближаются к форме эллипса сечения стволов ели, имеющие более гладкую кору; наибольшее отклонение наблюдается у лиственницы высокого возраста (140 – 150 лет), имеющей толстую, трещиноватую кору; сосна занимает промежуточное положение.

Также Захаровым (1967) приведены данные об исследовании формы сечений древесных стволов на трех высотах: 2,13 м, 10,65 м и 21,3 м у девяти стволов сосны в коре. За истинную площадь принимались величины, вычисленные при помощи планиметра, и снятые на кальку контуры сечений.

Таблица 6

Сравнительная точность площади сечения
различными способами

Характер отклонения	Отклонения площадей, вычисленных по формулам, от аналогичных величин, вычисленных по формуле Симпсона, %			
	эллипса $g = \frac{\pi}{4} ab$	круга $g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a+b}{2} \right)^2$	эллипса $g = \frac{\pi}{4} a_1 b_1$	круга $g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a_1 + b_1}{2} \right)^2$
	по наибольшему и наименьшему диаметру		по двум взаимно перпендикулярным диаметрам	
<i>Ель, диаметр 17 – 37 см на высоте 1,3 м, возраст 62 – 88</i>				
Среднее арифметическое	+0,81	+0,94	+1,04	+1,07
Наибольшее положительное	+2,51	+2,68	+3,21	+3,23
Наибольшее отрицательное	- 0,39	- 0,28	- 0,30	- 0,26
<i>Сосна, диаметр 20 – 34 см на высоте 1,3 м, возраст 64 – 89</i>				
Среднее арифметическое	+1,77	+1,93	+2,66	+2,71
Наибольшее положительное	+5,35	+5,46	+6,12	+6,13
Наибольшее отрицательное	- 0,51	- 0,49	0,0	0,0
<i>Лиственница, диаметр 22 – 40 см на высоте 1,3 м, возраст 140 – 160</i>				
Среднее арифметическое	+3,45	+3,55	+5,23	+5,25
Наибольшее положительное	+5,45	+5,48	+7,91	+7,91
Наибольшее отрицательное	0,0	0,0	0,0	0,0

Отклонения площади эллипса от истинной площади сечений в процентах приведены в табл. 7.

Таблица 7

Отклонения площадей сечений по формуле эллипса
от истинной площади сечений, %

Характер отклонения	$g = \frac{\pi}{4} ab$ по наибольшему и наименьшему диаметру на высоте, м			$g = \frac{\pi}{4} a_1 b_1$ по двум взаимно перпендикулярным диа- метрам на высоте, м		
	2,13	10,65	21,3	2,13	10,65	21,3
Среднее арифметическое	$\frac{+3,5}{+0,2}$	$\frac{0,0}{-0,3}$	$\frac{0,0}{+0,8}$	$\frac{+3,5}{+0,1}$	$\frac{+1,7}{+1,3}$	$\frac{-0,2}{+1,1}$
Наибольшее положительное	$\frac{+8,4}{+1,5}$	$\frac{+2,7}{+1,4}$	$\frac{+1,2}{+2,9}$	$\frac{+6,4}{+1,9}$	$\frac{+3,8}{+3,9}$	$\frac{+4,2}{+4,3}$
Наибольшее отрицательное	$\frac{-}{-0,7}$	$\frac{-1,6}{-1,4}$	$\frac{-2,4}{-4,0}$	$\frac{-}{-0,7}$	$\frac{-0,1}{-0,8}$	$\frac{-5,2}{-2,1}$

Примечание. В числителе приведены отклонения для сечений стволов в коре, в знаменателе – без коры.

Из данных таблицы видно, что при исследовании сечений стволов в коре по формуле $g = \frac{\pi}{4} ab$ наблюдается наибольшее совпадение с формой эллипса в средней и верхней частях ствола; формулы эллипса по взаимно перпендикулярными диаметрам a_1 и b_1 показывают худшие результаты (со знаком плюс).

Форма сечений стволов без коры наиболее близка к форме эллипса с незначительным различием при вычислениях по обеим формулам, что на практике приводит к их равноценности и преимущественному использованию формулы круга. Худшие результаты со знаком плюс при исследовании сечений стволов в коре нужно отнести за счет коры, особенно в нижней части ствола, где она толстая и трещиновидная; у деревьев с тонкой корой это преувеличение в среднем равно 1%, с толстой корой 2 – 3 % и очень толстой 4 – 5 %.

Рассмотренные методы исследований формы поперечных сечений стволов и установление их величины позволяют сделать следующие выводы:

а) форма поперечных сечений стволов приближается к форме эллипса;

б) форма сечений изменяется в зависимости от породы, высоты сечения, характера и толщины коры;

в) площадь сечения, вычисленная по формуле площади круга по среднему из двух взаимно перпендикулярных диаметров, дает по сравнению с расчетом по формуле площади эллипса некоторое превышение, в среднем не более 3%; эта формула (при наличии таблиц площадей круга) находит широкое практическое применение;

г) наилучшие результаты вычисления площадей сечений по обеим формулам получаются при исследованиях без коры.

Рекомендуется:

а) при научных исследованиях отдельных деревьев измерять два взаимно перпендикулярных диаметра или наибольший и наименьший диаметры с вычислением среднего их значения;

б) при измерении множества деревьев определять диаметр в произвольном направлении;

в) для древостоев со средним диаметром до 20 см принимать ступени 2 см, выше 20 см – 4 см;

г) при научных исследованиях множества деревьев ступени толщины принимать 1 см, реже (для толстомерных деревьев) – 2 см (Захаров, 1967).

2.2.5. Показатели формы ствола и их определение

Показатели формы ствола являются одними из наиболее важных лесотаксационных показателей, так как при определенном соотношении диаметра и высоты форма обуславливает объем ствола и его товарную структуру (возможность использования в производстве).

Наряду с другими таксационными показателями форма ствола зависит от многих факторов – биологических и экологических свойств древесных пород, возраста дерева и внешних условий роста и развития и т.д. Если представить древесный ствол рассеченным, то можно увидеть фигуру, определяющую форму и объем древесного ствола. Полученная фигура при благоприятных условиях будет симметрична по отношению к вертикальной оси. Обычно даже в пределах одной древесной породы кривая – образующая древесного ствола может значительно меняться в зависимости от влияния многообразных факторов внутренней и внешней среды.

Научные исследования в области лесной таксации выдвинули ряд методов и гипотез по разрешению данной проблемы:

а) приравнивание формы древесных стволов и их частей к форме правильных стереометрических тел вращения, полных и усеченных;

б) использование законов механики и физики для объяснения формы древесного ствола;

в) непосредственные исследования вида образующей древесного ствола с установлением математических уравнений и уравнений логарифмической кривой;

г) характеристика формы древесного ствола отношениями диаметра на относительных высотах ($1/4H$, $1/2H$, $3/4H$) и при основании дерева к диаметру на высоте груди (1,3 м), названных коэффициентами формы q_n (предложение А. Шиффеля).

Использование законов механики и физики для объяснения формы древесного ствола нашло отражение в исследованиях Метцгера, Козицына, Гогенадля и др. Выдвигались гипотезы о формировании ствола под действием изгибающей силы ветра, собственного веса ствола и веса кроны, и других отдельных факторов, не учитывающих комплексный подход, что делает гипотезы односторонними.

В работах Д. И. Менделеева, И. Г. Белоновского, Хойера и других, ставилась задача – установить вид образующей древесного ствола и выразить ее соответствующими математическими уравнениями, но не исследовались факторы, под влиянием которых происходит формирование древесного ствола. При этом они исходили из общей зависимости между диаметром ствола d и его высотой H , которую можно выразить уравнением общего вида, где y – диаметр ствола на высоте x :

$$y=f(x).$$

Для различных исследований использовали уравнение 2-го, 3-го, 4-го порядка, логарифмическую кривую и т.д.

Однако рассматривая древесный ствол как тело вращения, можно убедиться, что его образующая на всем протяжении не может быть выражена уравнением одного вида и что отрезки образующих древесного ствола в отдельных его частях являются сочетанием разных кривых: в комлевой части имеют вогнутую форму, на незначительном по длине участке – форму, близкую к прямой, а на преобладающей части ствола – слабовыпуклую (рис. 30).

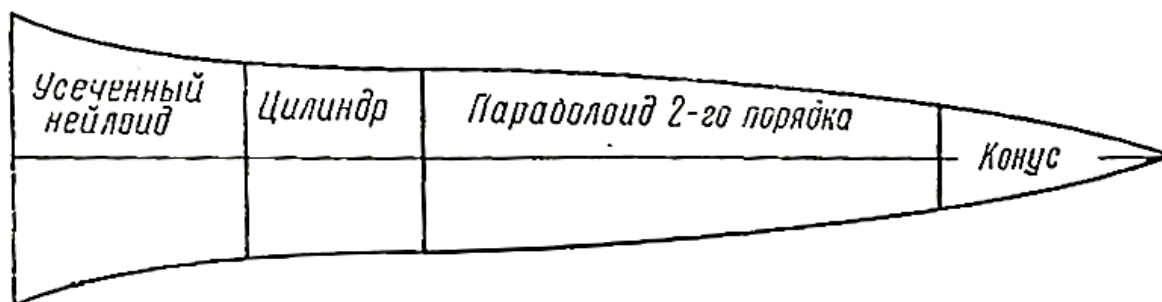


Рис. 30. Схема формы древесного ствола в разных его частях, приравняемых к формам правильных тел вращения

Многочисленные попытки охарактеризовать форму древесного ствола математическими уравнениями ее образующей не дали окончательных результатов, так как эта образующая, являясь сложной непостоянной кривой, не укладывается в какие-либо универсальные математические формулы.

Ситуация изменилась, когда А. Шиффель (1900 – 1912) обратил внимание на изучение сбега ствола по относительным высотам. Он предложил характеризовать форму древесных стволов коэффициентами формы. Однако, несмотря на возможность уяснить индивидуальную форму древесных стволов и степень ее изменчивости в зависимости от отдельных факторов с помощью коэффициентов, зависимость от их высоты искажала представление об их действительной форме. Например, для $H = 2,6$ м $q_2=1$, для $H < 2,6$ м $q_2 < 1$.

Чтобы исключить влияние высоты дерева и его диаметра на высоте 1,3 м на характеристику формы стволов, В. К. Захаровым (Захаров, 1967) была разработана оригинальная методика, заключающаяся в следующем. Древесный ствол делят на 10 одинаковых по длине секций (на рисунке обозначены римскими цифрами), равных $0,1H$; измеряют диаметр ствола в коре и без коры, начиная от шейки корня, а затем в конце каждой секции, т. е. на относительных высотах: 0 – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0; дополнительно измеряют диаметр на высоте 1,3 м (рис. 31).

При последующей обработке материалов диаметры ствола на высоте $0,1H$ принимают за 100%, а диаметры на остальных относительных высотах выражают в процентах от исходного диаметра. За исходную величину принимают диаметр на высоте $0,1H$, потому что на этой высоте практически заканчивается влияние корневых наплывов и ствол приобретает более правильную форму.

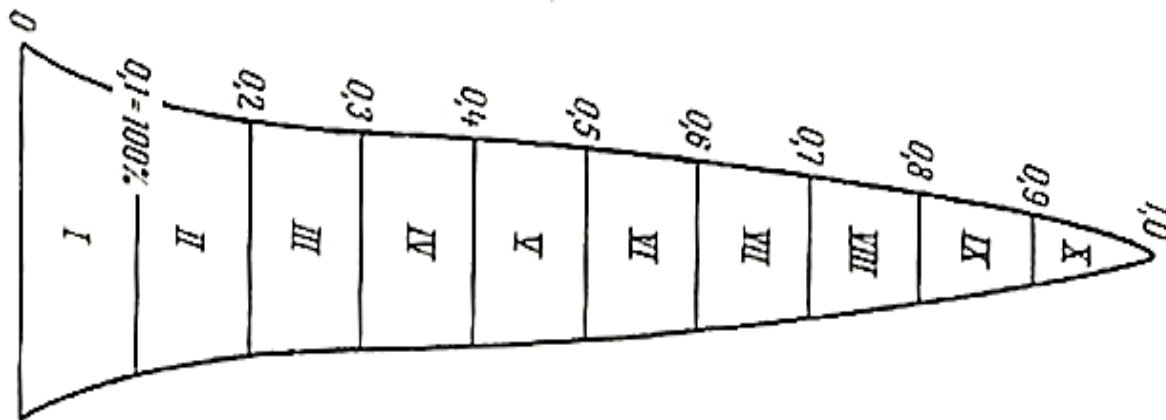


Рис. 31. Схема изменения диаметра ствола (по 10 секциям)

Данные обмеров обрабатывают с применением способов математической статистики. Для получения среднего значения сбega стволов данной породы с точностью до 1% необходимо измерить для каждой ступени толщины 8 – 10 стволов, а всего для породы до 150 стволов (Захаров, 1967).

Средние проценты сбega на одинаковых относительных высотах в пределах данной породы не зависят от диаметра ствола на 1,3 м и его высоты, а также условий среды, т. е. они носят стабильный характер.

В табл. 8 наглядно показаны индивидуальные особенности формы трех древесных пород (березы, сосны и ели), отражающие их лесоводственно-биологические свойства.

Таблица 8

Относительные значения диаметров
на разных относительных высотах

Порода	Относительное значение диаметра на относительных высотах				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Береза	185,7 ± 1,85	100	89,5 ± 0,36	82,3 ± 0,41	75,0 ± 0,37
Сосна	140,9 ± 0,61	100	91,6 ± 0,15	84,4 ± 0,22	78,3 ± 0,22
Ель	165,9 ± 1,10	100	95,0 ± 0,20	89,2 ± 0,24	83,1 ± 0,29
Порода	Относительное значение диаметра на относительных высотах				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Береза	65,9 ± 0,45	55,5 ± 0,43	42,3 ± 0,44	26,4 ± 0,47	12,2 ± 0,36
Сосна	71,8 ± 0,24	64,6 ± 0,24	55,4 ± 0,26	43,3 ± 0,29	25,0 ± 0,31
Ель	76,2 ± 0,34	66,9 ± 0,43	56,4 ± 0,48	42,3 ± 0,53	23,3 ± 0,48

Использование методики позволяет получить данные индивидуальных особенностей формы, что не может быть получено методами математических уравнений и логарифмических кривых, и является положительной чертой данной методики. Породы в таблице располо-

жены по возрастающей полндревесности стволов и требовательности их к свету (Захаров, 1967).

Сбег древесного ствола

Рассмотренная форма ствола и графическое изображение продольного его разреза наглядно указывают на изменение (уменьшение) диаметра ствола от его основания к вершине, называемое сбегом ствола.

Выделяют 3 вида сбега:

- действительный абсолютный;
- действительный относительный;
- действительный средний.

Действительный абсолютный сбег – это уменьшение диаметра ствола в абсолютных величинах на протяжении всей его длины от основания к вершине через определенные интервалы (1, 2 м и т. д.). Он отражает математическую связь высот и диаметров стволов и представлен двумя рядами чисел – диаметр ствола (d_i , см) с изменением высоты сечения (h_i , м) (табл. 9).

Таблица 9

Действительный абсолютный сбег ствола сосны

h_i , м	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
d_i , см	15,2	13,4	12,5	11,4	10,4	9,5	8,3	6,9	4,3	0,7

Действительным сбега назван потому, что связан с определённым местом на стволе. Сбег является одним из основных таксационных показателей ствола, так как дает возможность определить объем всего ствола и отдельных его частей, наглядно представить форму и товарную структуру всего ствола и его частей.

Действительный относительный сбег – это уменьшение диаметра ствола, выраженное в относительных единицах (% или долях единицы) от диаметра ствола на какой-либо высотной отметке. То есть, если принять один из диаметров ствола на определенной высоте за 100%, действительный относительный сбег может быть получен из действительного абсолютного сбега. Чаще всего с этой целью используют значение диаметра на высоте груди или на 0,1 от высоты всего дерева. Например, при 19 м высоте дерева 0,1 от высоты ствола будет составлять 1,9 м.

Используется относительный сбег для сравнительной оценки сбежистости различных стволов, в том числе для оценки стволов различных размеров, изменения сбежистости с возрастом.

На практике чаще всего используют *средний сбег*, который показывает изменение диаметра в среднем на единицу длины. Значение

среднего сбега получают путем деления разности двух диаметров (верхнего и нижнего), взятых на протяжении длины ствола, на длину этой части ствола и выражают в сантиметрах на 1 м длины.

Обычно он применяется в отношении части ствола (обычно бревен); иногда определяется и для целого ствола путем деления диаметра ствола на высоте груди на длину ствола, уменьшенную на 1,3 м. Такой сбег не характеризует формулу древесного ствола, которая может быть различной при одинаковом среднем сбеге (рис. 32).

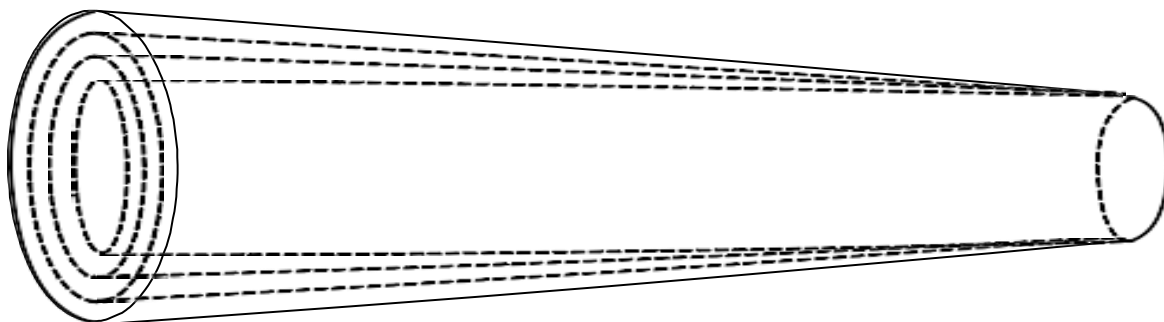


Рис. 32. Схема разных по форме сортиментов с одинаковым средним сбегом

Профессор В. К. Захаров в основу исследования формы ствола принял отношение диаметров по десяти секциям к диаметру на высоте 0,1H, т. е.

$$q_n = \frac{d_n}{d_{0,1}}$$

Для расчета чисел сбега ствола его делят на 10 равных частей, в верхнем сечении каждой из частей измеряют диаметр. Отношение полученных диаметров к диаметру на высоте 0,1 от общей высоты дерева и есть числа сбега. Было установлено, что числа сбега не зависят ни от высоты деревьев, ни от возраста, ни от диаметра, ни от условий произрастания. На основе полученных данных Захаров (1976) выдвинул гипотезу об единстве средней формы стволов, положенную в основу составления таблиц объемов и сбега стволов.

В практической деятельности для приближенной оценки сбежности используют формулу:

$$S = \frac{d_{1,3}}{h-1,3}$$

Более широко используется средний сбег при характеристике отдельных сортиментов. В данном случае он рассчитывается по формуле:

$$S_{cp} = \frac{d_n - d_k}{l}$$

Для комлевых сортиментов можно использовать следующую формулу:

$$S_{\text{ср}} = \frac{d_{1,0} - d_{\text{в}}}{l - 1,0},$$

где d_n – диаметр нижнего сечения ствола или сортимента;

$d_{\text{в}}$ – диаметр верхнего сечения ствола или сортимента;

$d_{1,0}$ – диаметр на высоте 1,0 м ствола;

l – общая длина ствола или сортимента.

В теории и практике лесной таксации для оценки формы ствола наиболее широко используют отвлеченные показатели – коэффициенты формы (q_n):

$$q_n = \frac{d_n}{d_{1,3}}.$$

Наиболее значимы коэффициенты q_0 , q_1 , q_2 , q_3 , представляющие собой относительный сбеж дерева на корневой шейке (d_0), на $1/4$ ($d_{0,25h}$), $1/2$ ($d_{0,5h}$) и $3/4$ ($d_{0,75h}$) длины ствола:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}},$$

$$q_1 = \frac{d_{1/4}}{d_{1,3}},$$

$$q_2 = \frac{d_{1/2}}{d_{1,3}},$$

$$q_3 = \frac{d_{3/4}}{d_{1,3}}.$$

Для вычисления коэффициентов формы методом интерполяции определяют диаметры на относительных высотах ($1/4$, $1/2$ и $3/4$) ствола.

Взятые по отдельности эти коэффициенты представляют собой относительные диаметры и характеризуют не форму ствола, а лишь его сбежистость. Взятые вместе они представляют собой действительный относительный сбеж и достаточно надежно характеризуют форму ствола. Это объясняется тем что четыре диаметра и высота дерева достаточно точно определяют положение образующей ствола. Это линия, проходящая по боковой поверхности ствола от его основания к вершине.

Из всех коэффициентов наибольшее значение имеет коэффициент q_2 , характеризующий сбежистость в наиболее ценной нижней половине ствола. Однако коэффициент q_2 имеет серьезный недостаток – он зависит не только от формы, но и от высоты ствола. При прочих равных условиях q_2 уменьшается с увеличением высоты дерева. Это объясняется тем, что высота груди является величиной постоянной и

в относительном выражении составляет различную величину от общей высоты ствола.

В связи с этим для характеристики стволов профессором Третьяковым было предложено использовать классы формы ($q_{n/1}$). Класс формы – это отношение диаметра ствола на какой-либо высоте к диаметру на $1/4$ высоты ствола:

$$q_{n/1} = \frac{d_n}{d_{1/4}}.$$

Классы формы не зависят от высоты ствола и являются более надежными показателями сбежистости. Это объясняется тем, что $1/4$ высоты для всех стволов составляет одну и ту же относительную величину.

Наиболее широкое применение в лесотаксационной практике нашел класс формы $q_{2/1}$, характеризующий нижнюю половину ствола, т.е. наиболее ценную в хозяйственном отношении часть:

$$q_{2/1} = \frac{d_{1/2}}{d_{1/4}},$$

где $d_{1/2}$ – диаметр на середине ствола,

$d_{1/4}$ – диаметр на $1/4$ высоты ствола.

Реже применяют классы формы, характеризующие основание (комель) ствола ($q_{0/1}$), и верхнюю половину ствола ($q_{3/1}$):

$$q_{0/1} = \frac{d_0}{d_{1/4}},$$

где d_0 – диаметр шейки корня;

$$q_{3/1} = \frac{d_{3/4}}{d_{1/4}},$$

где $d_{3/4}$ – диаметр на $3/4$ высоты дерева.

По значениям коэффициента q_2 и класса формы $q_{2/1}$ принято подразделять стволы на сбежистые, средне- и слабосбежистые (табл. 10).

Таблица 10

Степень сбежистости стволов
в зависимости от коэффициента q_2 и класса формы $q_{2/1}$

Степень сбежистости ствола	q_2	$q_{2/1}$
Сбежистый	0,55 – 0,60	0,75
Среднесбежистый	0,65 – 0,70	0,80
Слабосбежистый	0,75 – 0,80	0,85

При чем, при расхождении в оценке формы ствола преимущество имеет класс формы $q_{2/1}$.

На рис. 33 представлены 3 ствола с одинаковым диаметром на высоте груди ($D_{1,3}$), но имеющих разную форму – среднесбежистый (а), сбежистый (б) и слабосбежистый (в). Это хорошо подтверждается величиной диаметров на половине высоты ствола ($D_{1/2}$).

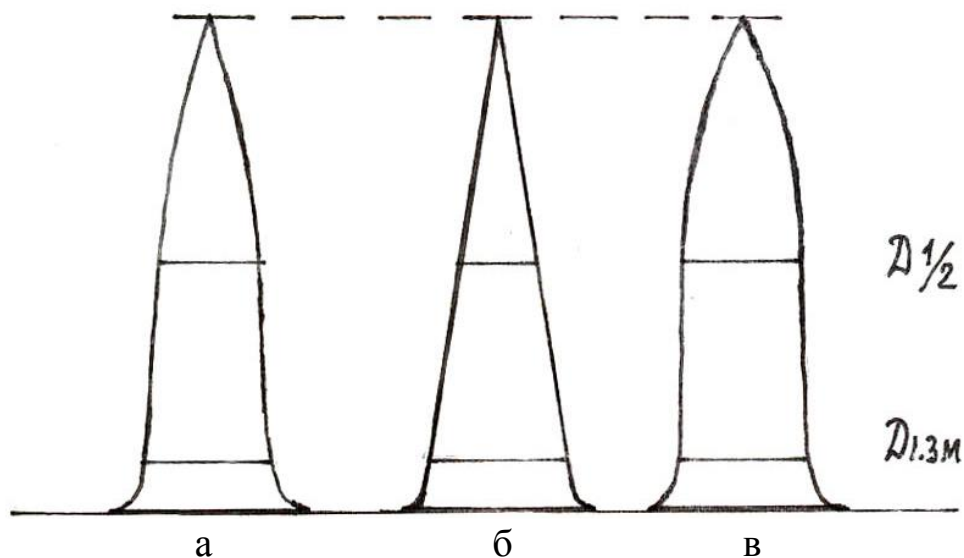


Рис. 33. Стволы с разной степенью сбежистости ствола

Степень сбежистости ствола, как и многие таксационные признаки, зависит от условий роста дерева (бонитет, полнота), его породы и др. Известно, что стволы хвойных пород имеют меньшую сбежистость по сравнению с лиственными, как и стволы, сформированные в древостое по сравнению с единичными деревьями или выросшими на редицах. Также положительное влияние на форму ствола имеют почвенные условия – с увеличением бонитета сбежистость уменьшается.

2.2.6. Определение объема ствола

Объем ствола является одним из основных таксационных показателей, определяемых у отдельного дерева.

Выделяют физические (ксилометрический и весовой) и математические способы (простые и сложные формулы) определения объема ствола. Математические способы могут быть автоматизированы (с применением ПК).

Ксилометрический способ основан на законе Архимеда – объем ствола определяют по количеству вытесненной жидкости после погружения древесины в специальный сосуд – ксилометр. Определение объема древесины данным способом производится следующим образом: в ксилометр наливают воду и по шкале отмечают ее уровень,

после этого погружают в прибор исследуемую древесину и делают второй отсчет по шкале. Разность отсчетов до и после погружения дает объем в единицах, принятых на шкале (Севко, 2009). Либо помещают в воду древесину, при этом объем вытесненной жидкости перемещается в специальный сосуд, имеющий объемную шкалу, по которой определяют объем исследуемой древесины (рис.34).

Весовой (гидростатический) способ заключается в том, что тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость, т.е. объем ствола (V) вычисляется по массе (m) и удельному весу (v) древесины:

$$V = \frac{m}{v}.$$

Для данного способа используются гидростатические весы, отсюда и второе название метода определения объема древесины – гидростатический. Чтобы погрузить древесину в воду, к ней прикрепляют груз (металлический стержень), вес которого устанавливают предварительно. Так как вес 1 л или 1 дм³ воды при $t = 4^{\circ}\text{C}$ равен 1 кг, то разность весов тела в воздухе и при погружении в воду, выраженная в килограммах, составит его объем в дециметрах кубических.

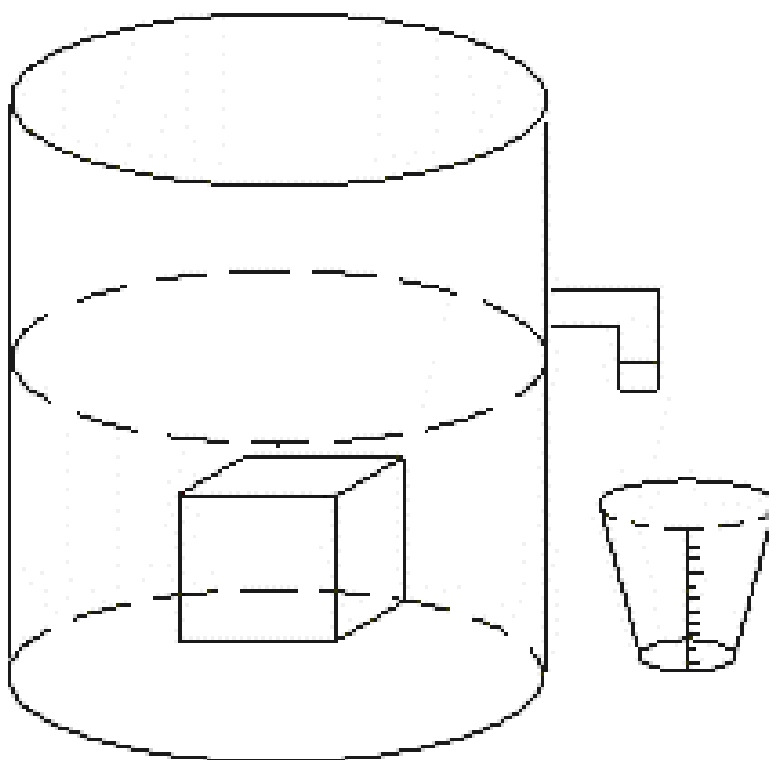


Рис. 34. Схема применения ксилотрихического способа определения объема древесины

При рассмотрении вопросов изучения формы древесного ствола были отмечены два направления, которые служат теоретической основой математических методов определения объемов древесных стволов, а именно:

а) непосредственное исследование вида образующей древесного ствола с установлением ее уравнения;

б) приравнивание формы древесных стволов и их частей к форме правильных тел вращения.

В обоих случаях древесный ствол можно рассматривать как тело вращения (рис. 35) и определение его объема производить путем использования соответствующих математических формул.

Уравнение образующей тел вращения

$$y^2 = Ax^m$$

позволяет получить общую формулу их объемов с использованием метода интегрирования.

Если не учитывать корневых наплывов древесного ствола, то его форму с некоторым допущением можно приравнять к форме параболоида 2-го порядка или к форме кубического параболоида; вершину древесного ствола с тем же допущением можно рассматривать как конус; комлевую часть с корневыми наплывами – как усеченный нейлоид; в средней части на отдельных коротких секциях близка к форме цилиндра наконец, большая часть ствола, находящаяся ближе к вершине, по форме значительно приближается к форме усеченного параболоида.

Объем V такого параболоида OAB можно рассматривать как сумму объемов бесконечно большого числа цилиндриков высотой dx и радиусом y . Объем цилиндрика:

$$dv = \pi y^2 dx$$

Чаще всего при определении объема указанных выше частей используют стереометрические формулы, основанные на уравнении Ньютона:

$$R^2 = c l^z,$$

где R – радиус поперечного сечения ствола,

c – коэффициент, определяющий размер кривой,

z – показатель формы кривой,

для цилиндра $z = 0$;

параболоида $z = 1$;

конуса $z = 2$;

нейлоида $z = 3$,

l – расстояние от основания до вершины.

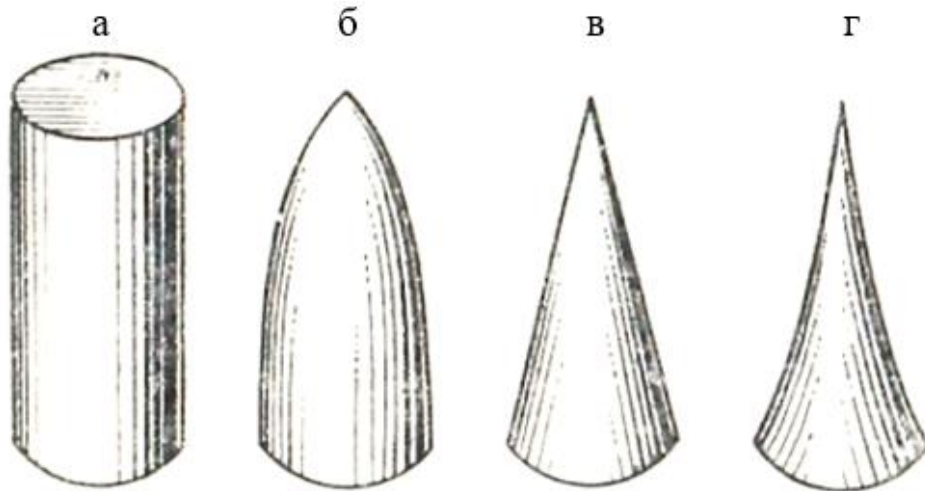


Рис. 35. Формы правильных тел вращения:
а – цилиндр; б – параболоид; в – конус; г – нейлоид

Формулы, которые одновременно являются формулами объемов нескольких тел вращения, называются общими стереометрическими. Одни из них позволяют определить объем древесного ствола по частям – сечениям и называются сложными, другие дают возможность установить объем ствола в целом и носят название простых формул.

Простые формулы определения объема ствола основаны на уравнении Ньютона и не требуют большого количества измерений:

1. Простая формула срединного сечения (формула Губера)

$$V = g_{1|2} l,$$

где V – объем ствола;

$g_{1|2}$ – площадь сечения на половине длины хлыста;

l – длина хлыста.

2. Простая формула среднего из двух сечений (формула Смалиана)

$$V = \frac{g_0 + g_B}{2} l + V_B,$$

где V_B – объем вершинки,

g_0 – площадь сечения у основания ствола;

g_B – площадь сечения основания вершинки.

Из-за больших корневых наплывов погрешности в определении объема ствола по формуле Смалиана могут достигать 65 %. Поэтому в практике применяют формулу Гаусса-Симони.

3. Простая формула Гаусса-Симони

$$V = \frac{g_{0,2} + g_{0,8}}{2} l,$$

где $g_{0,2}$ – площадь сечения на относительной высоте 0,2 от общей высоты ствола;

$g_{0,8}$ – площадь сечения на относительной высоте 0,8 от общей высоты ствола.

4. Простая формула трех сечений (Ньютона-Рикке)

$$V = \frac{g_0 + 4g_{1/2} + g_B}{6} l + V_B.$$

5. Простая формула Госфельда

$$V = 0,75 g_{1/3} h,$$

где h – длина ствола, м.

Простые формулы являются вариантом приближенного вычисления объема ствола, однако их результаты могут быть и высокоточными.

Для повышения точности в определении объема ствола применяют сложные формулы. Они позволяют определить объем ствола по частям (секциям).

Точность этих формул составляет $\pm 5\%$ для отдельных стволов.

При расчете объема с использованием сложных формул ствол дерева делят на отрезки равной длины (0,5; 1,0 и 2,0 м) и определяют объем каждого отрезка по формуле срединного сечения. При этом число отрезков должно быть не менее 8-12. Рекомендуется при длине ствола 15 м и более брать 2-метровые, 8-14 м – 1-метровые, 5-7 м и менее – 0,5-метровые отрезки. Общий объем ствола получают суммированием объемов его частей. Результаты записываются в специальный бланк «Таксация отдельного дерева» (прил. 2, табл. 2.1).

Для того, чтобы проследить и успешно уяснить непосредственный ход вычисления по сложным формулам, нужно наглядно представить продольный разрез ствола, размеченного на секции. Данная схема позволяет получить визуальное представление о размерах и форме ствола.

На рис. 36 изображен разделенный на 11 двухметровых секций древесный ствол, имеющий длину 24,4 м. Длина ликвидной части ствола составляет 22 м, длина вершинки – 2,4 м (п.2.2.8).

В широкой таксационной практике объем ствола определяется по сложной формуле срединного сечения Губера, которая может быть записана в развернутом виде:

$$V = V_1 + V_3 + V_5 + \dots + V_{2n+1} + V^B,$$

т. е. объем ствола (V) состоит из суммы объемов двухметровых секций (V_1, V_3, V_5, V_{2n+1}) и объема вершинки (V^B).

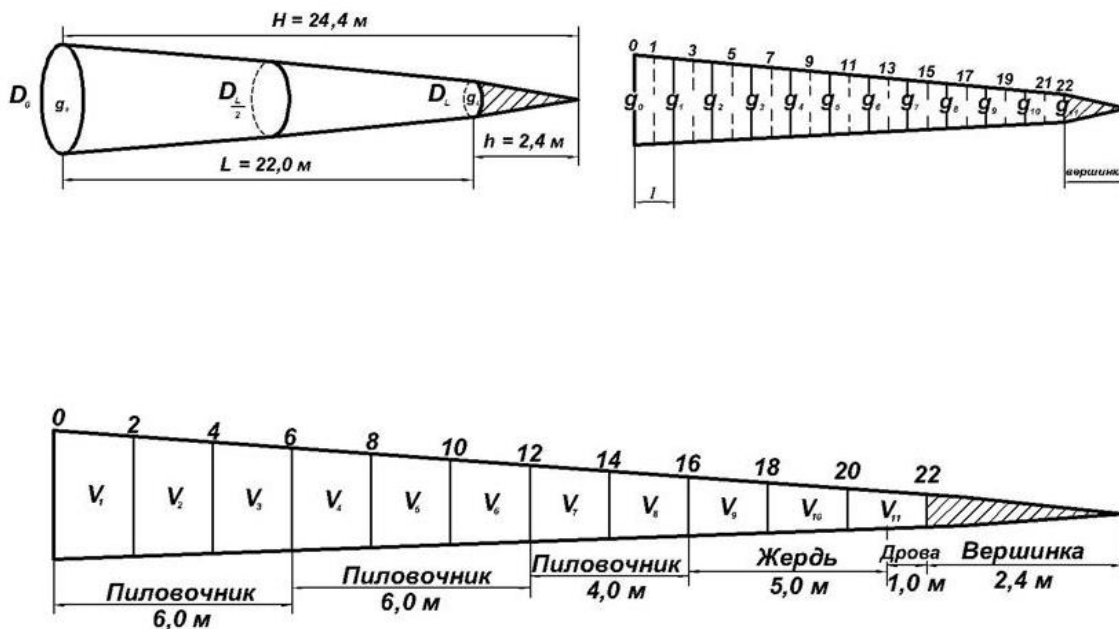


Рис. 36. Схема продольного разреза ствола

Пользуясь простой формулой Губера, объем каждой секции находят как произведение ее длины на площадь срединной площади сечения (для двухметровой секции – это 1 м).

$$V_{2n+1} = g_{2n+1} l .$$

Объем вершинки рассчитывают через формулу конуса (произведение длины вершинки на площадь ее основания):

$$V^B = g_{2n+2} \frac{l^B}{3} .$$

Таким образом формула Губера может выглядеть так:

$$V = g_1 l + g_3 l + g_5 l + \dots + g_{2n+1} l + g_{2n+2} \frac{l^B}{3} ,$$

где g_1, g_3, g_5, g_{2n+1} – площади сечений на серединах двухметровых секций, m^2 ;

g_{2n+2} – площадь сечения на конце последней секции, на четном метре, m^2 ;

l – длина секции, в данном случае равная 2 м;

l^B – длина вершины, основанием которой является последнее четное сечение $(2n+2)$, м.

Воспользуемся этим выражением для двухметровых секций (т.е. $l = 2$). В данном случае формула Губера будет выглядеть следующим образом:

$$V = 2(g_1 + g_3 + g_5 + \dots + g_{2n+1}) + g_{2n+2} \frac{l^B}{3} .$$

Помимо общеупотребительной формулы Губера в лесной таксации существуют и другие сложные формулы определения объема. Одной из них является сложная формула трех сечений Симпсона:

$$V = [g_0 + g_{2n+2} + 4(g_1 + g_3 + \dots + g_{2n+1}) + 2(g_2 + g_4 + \dots + g_{2n})] \frac{l}{6} + g_{2n+2} \frac{l^B}{3},$$

где V – объем ствола,

l – длина секции, м,

g_0 – площадь сечения шейки корня;

g_1, g_3, g_{2n+1} – площади сечения на серединах секций;

g_2, g_4, g_{2n} – площади сечений на концах секций,

g_{2n+2} – площадь сечения основания вершинки;

l^B – длина вершины, м.

Сложная формула Соловьева В.М. (Соловьев и др., 2012)

$$V = h[0,05g_0 + 0,1(g_{0,1} + g_{0,2} + g_{0,3} + g_{0,4} + g_{0,5} + g_{0,6} + g_{0,8}) + 0,83g_{0,9}],$$

где V – объём ствола, м³;

h – высота (длина) дерева, м;

$g_0, g_{0,1} \dots g_{0,9}$ – площади сечения ствола у основания и на соответствующих расстояниях от него, м².

Эта формула позволяет с высокой точностью определять объемы стволов при любой высоте (длине) дерева.

По диаметру ствола на нижнем срезе и трём диаметрам на относительном расстоянии от этого среза, соответствующим 0,25; 0,50; 0,75 длины ствола, с достаточной точностью определяется объём по четырёхсекционной формуле средних сечений В.М. Соловьева:

$$V = 0,125(g_0 + 2g_{0,25} + 2g_{0,50} + g_{0,75}) + 0,083g_{0,75}.$$

При расчетах диаметра на относительных высотах часто возникает необходимость расчета диаметра с помощью интерполяции (рис. 37).

Математическую (аналитическую) интерполяцию следует проводить по значениям диаметров однометровых или двухметровых секций.

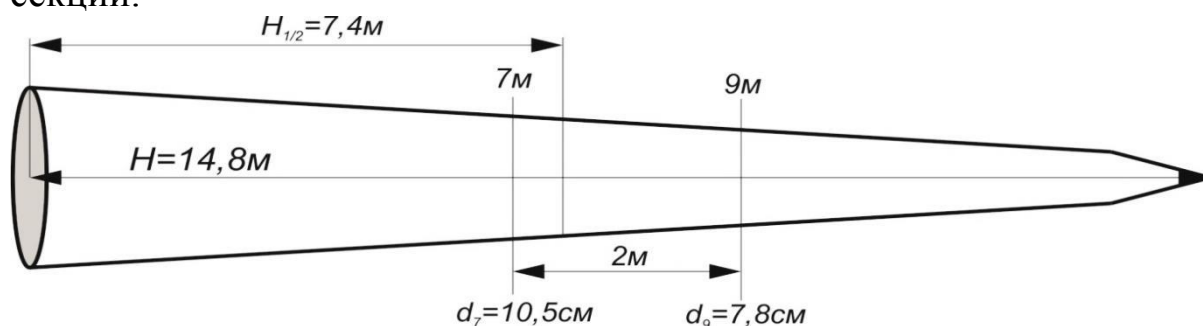


Рис. 37. Схема определения диаметра ствола интерполяцией

Обозначим высоту, на которой нужно определить диаметр, через h_n (в примере на рис.36 середина ствола – $H_{1/2}$). По схеме отыскиваем отрезок, в пределах которого находится эта высотная отметка. Обозначим расстояние от комля ствола до нижнего (большого) и верхнего (меньшего) сечений ствола этого отрезка через $h_в$ и h_H (в примере $h_в=9$ м, а $h_H=7$ м), а диаметры на этих высотах соответственно через $d_в$ и d_H (в примере 7,8 и 10,5 см соответственно). Длина отрезка будет равна $h_в - h_H$ или l (2 м). Определяем изменения диаметра на единицу длины:

$$\frac{d_H - d_в}{h_в - h_H}$$

и умножаем это выражение на разницу в высотах – $(h_в - h_n)$

$$\frac{(d_H - d_в)(h_n - h_H)}{(h_в - h_H)}$$

зная, что диаметры от комля до вершины уменьшаются, вычтем из диаметра нижнего сечения полученную величину и найдем искомый диаметр на высоте h_n :

$$d_n = d_H - \frac{(d_H - d_в)(h_n - h_H)}{(h_в - h_H)}$$

Можно определить искомый диаметр и по величине сбega на отрезке $h_в - h_n$. В этом случае формула будет иметь вид:

$$d_n = d_в + \frac{(d_H - d_в)(h_в - h_n)}{(h_в - h_H)}$$

Влияние погрешностей в измерениях диаметра и высоты на точность определения объема ствола

В процессе измерений диаметров и высот стволов неизбежны погрешности, вызываемые неправильностью самих погрешностей на точность вычисляемых объемов древесины.

Допустим, что при измерении истинного диаметра D допущена ошибка $\pm d$.

При вычислении объема цилиндра через высоту H величина погрешности выразится как разность объемов двух цилиндров истинного V_1 и ошибочного V_2 , т. е. $\Delta_V = V_1 - V_2$.

Истинный объем

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} H.$$

Ошибочный объем

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (D \pm d)^2 H = \frac{\pi}{4} (D^2 + 2Dd + d^2).$$

Разность объемов $\Delta_V = V_1 - V_2$ будет равна абсолютной погрешности

$$\Delta_V = \pm \frac{\pi}{2} Dd + \frac{\pi}{4} d^2 H.$$

При малой величине Δd второй член равенства $\frac{\pi}{4} d^2 H$ может быть оставлен без учета, и абсолютная погрешность объема составит

$$\Delta_V = \pm \frac{\pi}{2} DdH.$$

Для получения величины относительной ошибки выразим абсолютную ее величину в процентах к истинному объему

$$\frac{\pi}{2} DdH : \frac{\pi}{4} d^2 (H \pm \Delta h) = \frac{\pi D^2}{2} \Delta h.$$

Погрешность в процентах будет

$$\frac{\pi D^2}{2} \Delta h : \frac{\pi D^2}{2} H = p_V : 100,$$

откуда

$$p_V = \frac{\frac{\pi D^2}{2} \Delta h \cdot 100}{\pi D^2 H} = \frac{\Delta h \cdot 100}{H}.$$

Если имеем отношение $\frac{d}{D} = \frac{\Delta h}{H}$, то величина p_V от погрешности измерения диаметра вдвое больше, чем от погрешности измерения высоты.

Полученные формулы для расчета погрешности измерения D и H позволяют установить допустимую абсолютную величину измерения при заданной точности в процентах. Например, по формуле

$$p_V = \frac{200 \Delta d}{D}$$

при заданном

$$p_V = 10 \%$$

и диаметре 20 см

$$d = \frac{10 \cdot 20}{200} = 1 \text{ см.}$$

Аналогичен расчет и в отношении высот.

Приведенные формулы для определения погрешностей измерения D и H относятся к однократному измерению одного объекта. При обмере многих объектов погрешности уменьшаются пропорционально \sqrt{n} . В этом случае точность исследований определяется по методам математической статистики: при заданной точности потребное число измерений составит $n = \omega^2 : p^2$, где p – заданный процент точности результата.

Для повышения эффективности при вычислении объема ствола по сложным формулам могут быть использованы вспомогательные таблицы, приведенные в прил. 1 (Соколов, Лысов, 1999, Третьяков, Горский, Самойлович, 1952).

В табл. 1.1 прил. 1 приведены площади поперечных сечений древесных стволов (в см²) для различных диаметров. Данная таблица предназначена для определения: а) площадей сечений древесных стволов; б) объемов однометровых секций ствола (сучьев) путем деления данных таблицы на 10000 (для перевода в м²); в) объемов цилиндров при вычислении видовых чисел.

Таблица 1.2 прил. 1 «Объемы двухметровых отрезков ствола (м³) по срединному диаметру» предназначена для определения объема стволов и сортиментов (определены как объемы цилиндров) по секциям длиной 2 м. В ней указаны объемы двухметровых секций древесных стволов (м³). Объем каждой секции (м³) определяется по ее срединному диаметру. Срединный диаметр секции определяется арифметическим путем из обмеров двух взаимно перпендикулярных диаметров, измеренных на начале и конце секции.

В табл. 1.3 приведены объемы вершинок стволов (м³) по их длине (м) и диаметру основания (см). Данная таблица используется для определения объема вершинок при вычислении объемов стволов по секциям.

При использовании математических методов определения объема ствола исходным материалом для расчета служат обмеры модельных и учетных деревьев.

Модельное дерево – это дерево, отобранное в качестве типичного образца, которое характеризует в среднем некоторые совокупности деревьев по основным таксационным показателям (диаметру, высоте, объему ствола и т.д.).

Учётное дерево – это дерево в древостое, отобранное для последующих измерений методом случайной или систематической выборки (каждое 5, 10 и т.д.) или по ступеням толщины.

В полевых условиях спиленное дерево очищают от сучьев, и мысленно в направлении от комлевого торца к вершине делят ствол на секции. Их длина зависит от общей длины ствола: до 10-12 метров ствол делят на секции, равные 1 м, при большей длине – на двухметровые.

С помощью рулетки или мерной ленты на стволе находят и отмечают следующие высоты: 1,3 м; середины одно- (0,5, 1,5, 2,5 м и т.д.) или двухметровых секций (1, 3, 5 м и т.д.); относительные высоты $1/4$, $1/2$, $3/4$ ствола; верхнюю часть последней секции (для метровых – нечетные метры, для двухметровых секций – четные).

На всех отметках, а также у шейки корня мерной вилкой измеряют диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях в коре и без коры с точностью до 1 мм.

На этих же высотах определяют приросты ствола по диаметру. С этой целью в отмеченных местах острым топором вырубает кусочки древесины – керны, делая сначала надруб под прямым углом к поверхности ствола, а затем под острым углом.

По кернам масштабной линейкой или ленточкой из миллиметровой бумаги замеряют толщину коры, отсчитывают количество годовых слоев (например 10 лет) и измеряют ширину этих колец с вычислением средних величин по взаимно перпендикулярным диаметрам. Затем, вычитая удвоенную толщину коры из диаметров в коре, получают диаметры без коры, а, отнимая из последних удвоенную ширину десяти годовых колец, получают диаметры n (10) лет назад. Удвоенная ширина n слоев показывает прирост по диаметру за n лет.

Прирост по высоте у хвойных определяют по мутовкам, у лиственных – по числу годовых слоев в поперечном срезе, длина отделенной верхней части является приростом по высоте.

Возраст дерева определяют по числу слоев поперечного среза у шейки корня (пня).

2.2.7. Полнодревесность ствола

Полнодревесность ствола пользуясь простой формулой Губера – это степень приближения объема ствола к объему правильного цилиндра, характеризуется видовым числом (f, F).

Видовое число – это отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего с данным стволом одинаковую высоту и площадь

основания, равную площади сечения ствола на высоте груди (рис. 38 – 39).

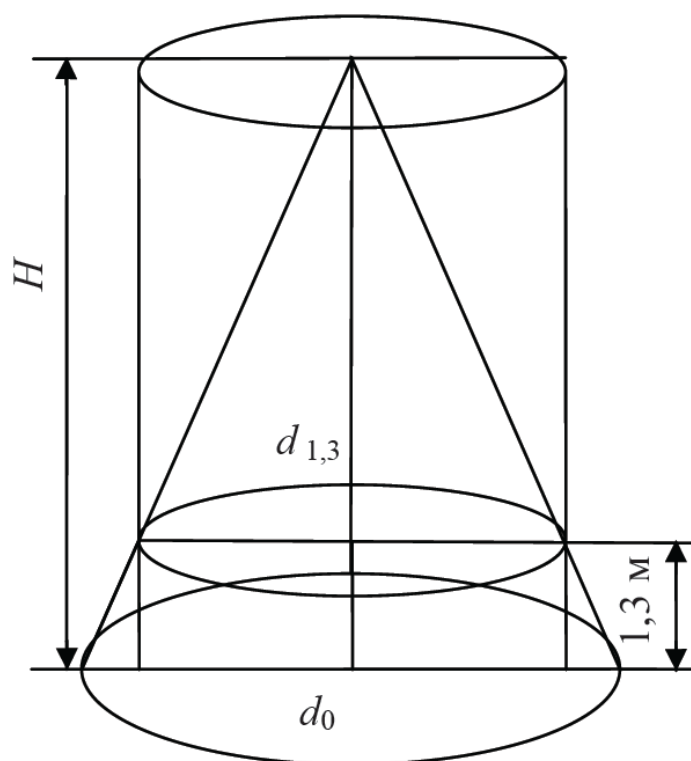


Рис. 38. Сопоставление объема ствола и цилиндра

Определённое таким образом видовое число в лесной таксации называют старым:

$$f = \frac{V_c}{V_{\text{ц}}} = \frac{V_c}{g_{1,3} h},$$

где $V_{\text{ств.}}$ – объем ствола, м^3 ,

$g_{1,3}$ – площадь сечения ствола на высоте $1,3$ м, м^2 ,

H – высота ствола, м.

Из этой формулы выводится выражение, позволяющее определить объем ствола растущих деревьев. Это одна из основных формул в таксации:

$$V = g_{1,3} h f.$$

В этой формуле заключается основное практическое применение видовых чисел. Они используются для определения объема растущих деревьев и при составлении различных объемных таблиц.

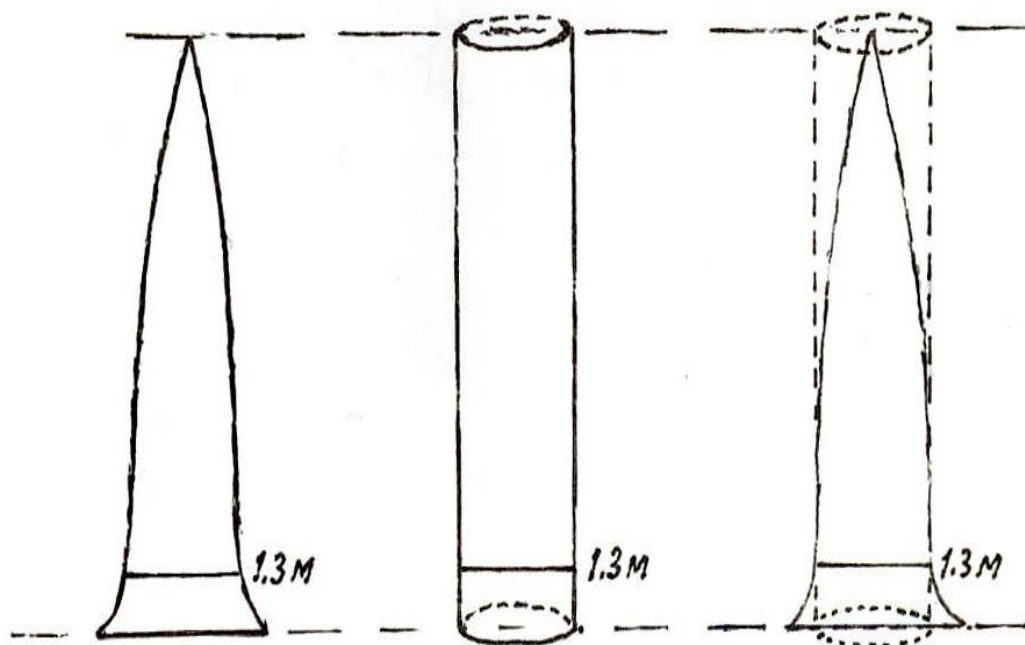


Рис. 39. Определение видового числа ствола

Старые видовые числа зависят от высоты деревьев. При прочих равных условиях они уменьшаются с увеличением высоты дерева. До высоты 2 м они бывают, как правило, больше единицы, с высотой более 10 м – изменяются в пределах 0,4 – 0,5.

В связи с тем, что старые видовые числа зависят от высоты, для характеристики полндревесности ствола различают нормальные и абсолютные видовые числа. При определении нормальных видовых чисел используется площадь сечения на $1/20$ высоты ствола, а при определении абсолютных видовых чисел объем ствола и цилиндра определяется при высоте, уменьшенной на 1,3 м. Определение этих видовых чисел является трудоёмким, в связи с чем широкого применения они не нашли.

Начиная с высоты стволов 5 м между видовыми числами, коэффициентами формы и высотами стволов существуют определенные зависимости. Так, видовое число уменьшается при постоянном значении q_2 с увеличением высоты. Эта зависимость широко применяется для определения видовых чисел.

Согласно исследованиям ряда авторов выявлены различные закономерности для нахождения видового числа:

1) формула Шиффеля: $f = 0,140 - 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{q_2h};$

$$f = q_2^2;$$

2) формула Третьякова

$$f = 0,733q_1\sqrt{q_1q_2};$$

3) формула Шустова

$$f = 0,60q_2 + \frac{1,04}{q_2h};$$

4) формула Козленко

$$f = 0,83q_2 - 0,137 + \frac{0,935}{h};$$

5) формула Кунце

$$f = 0,804q_2 - 0,108 + \frac{0,828}{h};$$

$$f = q_2 - c ,$$

где c – константа, зависящая от породы (для сосны – 0,21, для ели – 0,22);

б) формула Гуттенберга

$$f = 0,67q_2 .$$

Профессор М.Е. Ткаченко (1911) установил важную закономерность – при равных высоте, коэффициенте формы q_2 стволы всех древесных пород имеют близкородственные видовые числа. На этом основании им составлена таблица всеобщих видовых чисел (табл.10), имеющая широкое применение.

Таблица 11

Всеобщие видовые числа (по М.Е.Ткаченко)

Высота ствола, м	Коэффициент формы q_2				
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
12	0,405	0,438	0,471	0,509	0,550
16	0,389	0,422	0,457	0,498	0,540
20	0,379	0,413	0,450	0,491	0,534
24	0,371	0,406	0,444	0,485	0,529
28	0,364	0,401	0,439	0,481	0,527
32	0,359	0,396	0,436	0,479	0,524
36	0,356	0,393	0,433	0,476	0,522
40	0,352	0,390	0,430	0,474	0,520

В разное время учеными установлены закономерности в изменении старого видового числа древесных стволов в насаждениях.

1. С увеличением высоты деревьев видовое число уменьшается. Обратная его зависимость при одинаковой высоте стволов наблюдается и от диаметра на высоте 1,3 м (т.е. с увеличением диаметра – оно тоже увеличивается).

2. С ухудшением условий местопроизрастания насаждений при одинаковых возрастах древостоя видовые числа стволов возрастают. Эта тенденция сохраняется также при одинаковых средних высотах, но разных средних возрастах в этих насаждениях.

3. При прочих равных условиях с увеличением возраста древостоя видовые числа стволов повышаются. Для тонкомерных деревьев это более характерно, чем для толстомерных.

4. С увеличением полноты и густоты древостоя закономерно снижаются процент протяжения кроны и ее развитость, а, следовательно, повышаются значения коэффициентов формы и видовых чисел стволов.

По исследованиям А. Шиффеля (1899), в разнородных совокупностях стволов выявлены следующие закономерности в изменении видовых чисел:

а) при одинаковых высотах ствола с увеличением коэффициента формы q_2 значения видовых чисел возрастают;

б) при одинаковых q_2 с повышением высот стволов значения видовых чисел падают;

в) при одинаковых видовых числах с увеличением высоты стволов значения коэффициента формы q_2 повышаются.

Замечено, что форма ствола не находится в закономерных, точно определенных связях, взаимоотношениях с формой отдельных тел вращения.

При практической таксации возможны погрешности в определении видового числа стволов. В этом случае исходя из формулы объема стволов

$$V = g_{1,3} H f .$$

Процент ошибки в объеме равен проценту ошибки в его видовом числе

$$P_V = \pm P_f .$$

Практическое значение видового числа заключается в возможности нахождения объема ствола через объем одномерного цилиндра, в использовании средних значений видовых чисел для составления таб-

лиц объемов стволов, в определении текущего прироста объема стволов и запасов древостоев (Верхунов, Черных, 2009).

Приближенные способы определения объема ствола растущих деревьев

После ознакомления с видовыми числами целесообразно привести формулы для определения объема (V) ствола растущего (сухостойного) дерева:

1. Определение объема по видовому числу

$$V = \pi \frac{d_{1,3}^2}{4} hf = g_{1,3}hf,$$

где $\pi - 3,14$,

$d_{1,3}$ – диаметр на 1,3 м, м,

h – высота, м,

f – видовое число,

$g_{1,3}$ – площадь поперечного сечения на высоте груди.

При отсутствии таблицы видовое число можно взять в зависимости от высоты H : 12 м – 0,47, 15 м – 0,46, 20 м – 0,45, 25-30 м – 0,44 и 35 м и более – 0,43.

2. Способ Денцина:

$$V = 0,001d_{1,3}^2.$$

Формула дает наиболее точные результаты для деревьев сосны при высоте 30 м, для ели, дуба и некоторых лиственных пород – при высоте 26 м. Для деревьев других высот (больших или меньших) на каждый метр высоты вводится поправка в объемы: для деревьев сосны $\pm 3\%$, для ели $\pm 4\%$, для дуба $\pm 5\%$.

При увеличении высоты поправка вводится со знаком плюс, при уменьшении – со знаком минус.

3. Способ Дементьева:

$$V = d_{1,3}^2 \frac{h}{3}.$$

Формула выведена для определения объема при коэффициенте формы q_2 , равном 0,65. При других значениях q_2 на каждые 0,05 вводится поправка 3 м по высоте: со знаком плюс при увеличении q_2 и со знаком минус при уменьшении.

4. По региональным таблицам объемов стволов – на основании измеренных диаметра на высоте груди и высоты дерева (прил. 1, табл. 1.4). Для отдельных стволов разряд высот не устанавливаются. Их объемы берут из таблиц по породам, диаметру (d) и длине (h). С этой

целью в таблицах каждого разряда даются средние высоты по ступеням толщины. Однако следует иметь ввиду, что из всех перечисленных способов определения объема стволов данный метод для отдельного дерева имеет большую ошибку.

2.2.8. Товарная структура ствола

Под товарной структурой ствола понимают участие объемов отдельных деловых сортиментов, дров и отходов в общем объеме ствола в коре.

Сортименты – это отдельные виды лесной продукции, заготавливаемые из разных частей дерева (рис.40).

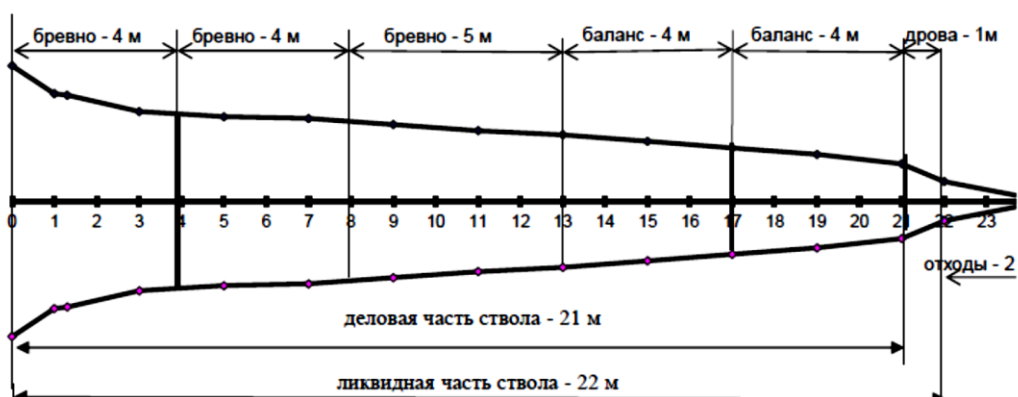


Рис. 40. Схема раскряжевки ствола

Наименование сортиментов, требования по их размерам (длине, диаметру верхнего отреза без коры), а также качеству древесины (наличие допустимых сортообразующих пороков) приводятся в ГОСТ 9463-88 (для хвойных пород – табл. 12) и ГОСТ 9462-88 (для лиственных пород – табл. 13).

Таблица 12

Наименование и размеры круглых лесоматериалов хвойных пород

Наименование сортимента	Длина, м	Градация, м	Диаметр в верхнем отрубе, см	
			без коры	в коре
Пиловочное бревно	4 – 6,5	0,5	14 и более	-
Строительное бревно	3 – 6,5	0,5	14 – 24	-
Рудстойка	4 – 6,5	0,5	7 – 24	-
Подтоварник	3 – 6,5	0,5	6 – 13	-
Дрова	0,25 – 2,0	0,25	-	3 и более

Основой для раскряжевки ствола (поперечного деления ствола на сортименты) являются данные действительного абсолютного сбega без коры и данные по сортобразующим порокам. В начале выделяется общая длина деловой части, диаметр в верхнем отрезе без коры не менее 6 см, затем деловая часть делится на конкретные сортименты с учетом требований ГОСТ и правил раскряжевки.

Правила раскряжевки

Перед отпиливанием первого сортимента необходимо оценить выход следующих сортиментов: пиловочное и строительное бревно, рудстойка, подтоварник (табл.12 – 13).

Таблица 13

Наименование и размеры круглых лесоматериалов лиственных пород

Наименование сортимента	Длина, м	Градация, м	Диаметр в верхнем отрубе, см
Пиловочное бревно	1 – 6	0,03 – 0,10	15 и более
Лыжный кряж	1,5 – 2,4	0,03 – 0,10	16 и более
Фанерный кряж	1,3; 1,6; 1,91; 2,23; 2,54 и кратные им	0,02 – 0,05	16 – 18
Спичечный кряж	2 и более	0,03 – 0,10	16 и более

Правила раскряжевки фаутных стволов (имеющих повреждения):

- при напенной гнили в начале выпиливаются сортименты, допускающие эту гниль;
- при односторонней кривизне ствол расписывается на более короткие сортименты, желательно на наибольшей стреле прогиба;
- при наличии пороков в средней части ствола он распиливается так, чтобы порок оказался лишь в одном, желательно вершинном сортименте.

Раскряжевка ствола ведется согласно качественному ряду данной породы в порядке уменьшения их ценности. После раскряжевки деловой части ствола оценивается выход дровяной части. Дровяная часть должна иметь диаметр верхнего отреза в коре не менее 3 см (прил 1, табл. 1.5 – 1.7).

Диаметры и объемы деловых сортиментов определяются без коры, а дровяных в коре. При этом могут быть использованы следующие методы определения объема:

- 1) суммированием объемов одно-, двухметровых секций, входящих в данный сортимент (прил. 1, табл. 1.2).
- 2) по длине сортимента и диаметру на середине сортимента.

3) по длине сортимента и его диаметру в верхнем отрезе согласно таблицам ГОСТ 2708-75 (прил.1, табл. 1.8-1.9).

Нужно иметь в виду, что эти таблицы для отдельного ствола дают большую ошибку, так как составлены для массовых обмеров стволов.

Сумма объемов деловых сортиментов без коры ($V_{\text{дел б/к}}$) и дров в коре ($V_{\text{дров в/к}}$) составляет объём ликвидной древесины ($V_{\text{ликв}}$)

$$V_{\text{ликв}} = V_{\text{дров в/к}} + V_{\text{дел б/к}}$$

Разность между общим объемом ствола в коре ($V_{\text{ств в/к}}$) и объемом ликвидной древесины ($V_{\text{ликв}}$) дает объем отходов ($V_{\text{отходов}}$)

$$V_{\text{отходов}} = V_{\text{ств в/к}} - V_{\text{ликв}}$$

Таким образом, отходами считается кора от деловых сортиментов и вершинная часть с диаметром менее 3 см.

Данные по раскряжевке ствола заносят в ведомость разделения на сортименты (прил. 2, табл. 2.2).

Таксация круглых лесоматериалов

Круглые лесоматериалы – это части древесного ствола различной длины и толщины, получаемые при его поперечном делении (раскряжевке).

Сортименты круглого леса могут использоваться непосредственно в круглом виде (строительное бревно, рудничная стойка и др.) или служить сырьем для дальнейшей механической (пиловочник) или химической обработки (фанерный кряж). По диаметру в верхнем отрезе они делятся на три группы: мелкие – диаметром от 6 до 13 см, средние – от 14 до 24 см и крупные – от 26 см и более. Объемы их определяются без коры.

Круглые лесоматериалы сохраняют форму боковой поверхности ствола. Поэтому при их таксации используются стереометрические приемы, которые лежат в основе таксации целых стволов. Наиболее точно объем круглых лесоматериалов определяется путем деления их на более короткие отрезки – секции (см. выше – метод определения объема по сложной формуле Губера). Высокую точность в отношении круглого леса обеспечивает и формула срединного сечения, предполагающая определение объема как произведения площади сечения на середине бревна на его длину (метод определения объема по простой формуле Губера). При определении объема круглых лесоматериалов вторым способом применяется таблица объемов цилиндров. В ней приведены

объемы сортиментов для различных сочетаний длины (с градацией 0,1 и 0,5 м) и диаметра (с градацией 1, 2 см). Объемы вершинной части ствола представлены в приложении (прил. 1 табл. 1.3).

Таксация хлыстов

Хлыстами называют очищенные от сучьев, обезвершиненные и отделенные от пня стволы поваленных деревьев.

Хлысты поставляются в неокоренном виде, учитываются в плотных кубометрах без коры, как правило, поштучно. Объем хлыстов определяется по составленным Н.П.Анучиным специальным таблицам (ОСТ 13-232-87). Эти таблицы разработаны для каждой породы на основе таблиц объемов по разрядам высот, используемых при оценке запасов растущего леса. Для обеспечения преемственности, единой техники и точности при оценке и растущего, и поваленного леса в указанных таблицах объемы хлыстов получены как разность между общим объемом ствола и сумой объемов пня и вершинки.

При определении объемов отдельных хлыстов у каждого из них определяются длина и диаметр на расстоянии 1,3 м от комлевого торца и по этим показателям из таблиц хлыстов соответствующей породы выписываются искомые объемы. Длины при измерении округляются с градацией в 0,5 м. При массовых обмерах диаметры замеряются мерной вилкой в коре по ступеням толщины. При толщине хлыстов до 20 см величина ступени принимается равной 2 см, при большей толщине – 4 см (Нагимов, 2000).

Разряд высот для хлыстов определяется следующим образом. Из трёх наиболее представленных ступеней толщины измеряют длину пяти случайно выбранных хлыстов каждой ступени, из которых вычисляют среднеарифметические значения. Далее по диаметру и соответствующему среднему значению высоты находят разряд хлыстов. При получении средних длин, выходящих за интервалы одного разряда или лежащих на границе двух, производят повторные измерения длины других пяти случайно выбранных хлыстов по тем же ступеням толщины. По результатам всех измерений находят разряд. В случае повторного расхождения значений разрядов по ступеням толщины вычисляют средние значения толщины и длины среди всех измеренных хлыстов, по которым определяют разряд.

При знании разряда хлыстов отпадает необходимость в измерении длины каждого хлыста. Их объем определяют на основании обмеров толщины - диаметров на расстоянии 1,3 м от комля.

2.2.9. Приросты ствола и их определение

Приростом называется увеличение размеров дерева с повышением его возраста. Следовательно, можно говорить о приросте по диаметру, высоте, площади сечения, по объёму. Величина прироста зависит от множества факторов – породы, возраста, условий местопроизрастания, хозяйственных мероприятий, стихийных бедствий и другое.

В таксации прирост обозначается буквой Z с указанием рода и вида и значка таксационного показателя (например $z_d^{\text{тек.год}}$ – текущий годичный прирост по диаметру).

Различают два рода прироста – текущий и средний.

Текущий прирост – это существующий в природе показатель изменения величины того или иного таксационного показателя за какой-то определенный год или некоторый промежуток времени, например, за последние 5, 10 лет и так далее.

Текущий прирост делится на виды в зависимости от того, за какой промежуток времени он определяется.

- годичный ($z_{d,h,v}^{\text{тек.год}}$);
- периодический ($z_{d,h,v}^{\text{тек.пер}}$);
- полный ($z_{d,h,v}^{\text{тек.полн}}$).

Текущий годичный прирост показывает изменение таксационного показателя за конкретный год, *текущий периодический прирост* показывает изменение таксационных показателей за определённый период (например 5, 10 лет), *текущий полный прирост* представляет собой сумму всех конечных приростов.

Текущий годичный прирост ($Z_T^{\text{тек.год}}$) определяется путем вычитания величины таксационного показателя при меньшем возрасте от показателя в большем возрасте.

$$Z_T^{\text{тек.год}} = T - t_n,$$

где T – величина таксационного показателя (высота, диаметр, объем или др.) в настоящее время;

t_n , – величина того же таксационного показателя (высоты, диаметра, объема или др.) год назад.

Текущий периодический прирост ($Z_T^{\text{тек.пер}}$) определяется как разница величин таксационного показателя за определенный промежуток времени (5, 10 лет).

$$Z_T^{\text{тек.пер}} = T - T_n,$$

где n – временной период (число лет),

T – величина таксационного показателя (высота, диаметр, объем или др.) в настоящее время;

T_n – величина того же таксационного показателя (высоты, диаметра, объема или др.) n лет назад.

Средний прирост – это расчётный показатель, он показывает изменение величины таксационного показателя в среднем за один год в течение всей жизни дерева или в течение определенного периода его жизни.

Средний прирост делится:

- на периодический ($Z_{d,h,v}^{cp.пер.}$);
- общий ($Z_{d,h,v}^{cp.общ.}$).

Средний периодический прирост показывает изменение величины таксационного показателя в среднем за один год в течение определенного периода.

Средний общий прирост показывает изменение величины таксационного показателя в среднем за один год в течение всей жизни дерева.

$$Z_T^{cp.пер.} = Z_T^{тек.пер.}/n = T - T_n/n,$$

где n – число лет, за которое определяют текущий прирост.

$$Z_T^{cp.общ.} = T/A,$$

где A – возраст дерева.

Прирост отдельного дерева по диаметру рассчитывается по величине радиального прироста (по керну) за определенный период времени. Приросты могут выражаться в абсолютных величинах (см, м, м³ и др.), тогда они называются *абсолютными* и служат для определения количества нарастающей древесины. Могут они выражаться в процентах и тогда называются *относительными* или просто *процентами* прироста и служат для оценки энергии роста дерева (сравнения деревьев по энергии роста).

Процент среднего периодического прироста ($P_T^{cp.пер.}$) определяется по формуле

$$P_T^{cp.пер.} = \frac{200}{n} \frac{T - T_n}{T + T_n},$$

где обозначения (символы) те же, что были указаны ранее.

Процент среднего общего прироста дерева есть величина постоянная:

$$P_T^{cp.пер.} = \frac{100}{A}.$$

Чтобы перейти от относительного прироста к абсолютному, нужно процент прироста умножить на величину таксационного показателя и разделить на 100%:

$$Z_T^{cp.ob.} = T \frac{P}{100\%}.$$

Соотношение приростов текущего и среднего не остаётся постоянным с возрастом. У нормально развивающихся деревьев и древостоев существует закономерное соотношение между средней величиной текущего годовичного и среднего приростов:

- в начальный период жизни текущий прирост увеличивается с возрастом быстрее, чем средний;
- максимум текущего прироста наступает раньше, чем максимум среднего;
- максимум среднего прироста наступает тогда, когда он сравнивается с текущим, после этого средний прирост становится меньше, чем текущий (рис. 41).

При определении текущего прироста по высоте за определенное количество лет измеряют высоту дерева в данный момент (H), затем постепенно отрезают вершину с таким расчётом, чтобы в поперечном срезе оказалось заданное число годовичных слоев (n), и суммируют длины обрезанных вершин (H_n).

У хвойных пород (сосны, кедра) прирост можно определить по мутовкам.

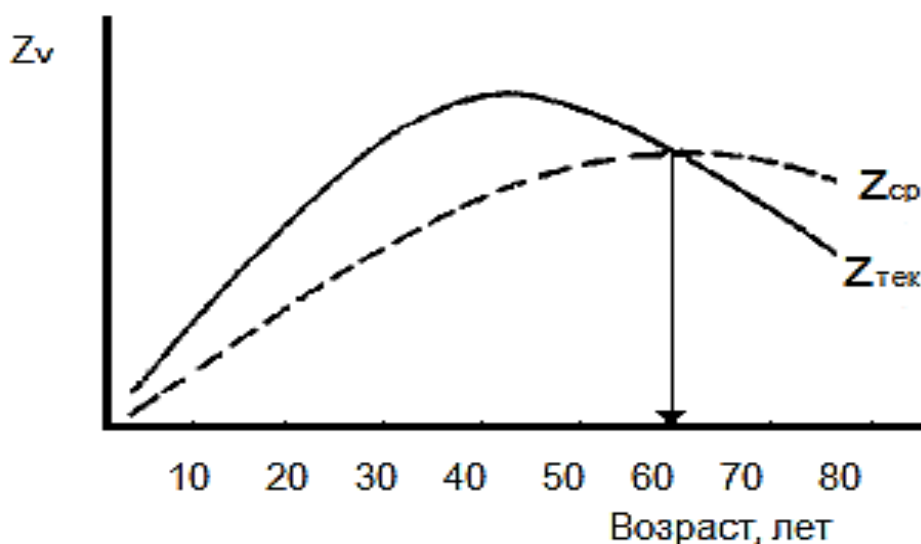


Рис. 41. Соотношение между средним и текущим приростами

У растущих деревьев прирост по диаметру можно определить с помощью возрастного бурава.

Вычисление объёмов прироста разными способами

Вычисление объёмов по простой формуле срединного сечения Губера. Объёмы ствола в настоящее время и 10 лет назад определяются по простой формуле Губера. Способ предлагается использовать в двух вариантах. Сначала объём нужно определить для всего ствола, а затем – для ствола без вершины. В первом случае диаметры определяются на половине высоты (длины) в настоящее время и на половине высоты (длины) бывшей n лет назад, т.е. в двух местах, а во втором – в одном месте, на половине высоты (длины) обезвершиненного ствола.

Диаметр n лет назад определяется или путём непосредственного его измерения на поперечном срезе, или путем вычитания из диаметра в настоящее время текущего периодического прироста этого показателя:

$$d_n = d - Z_d^{\text{тек.пер}}$$

Текущий периодический прирост диаметра соответствует ширине 10 годичных слоёв, отсчитанных с периферии образцов древесины, взятых с помощью топора или возрастного бурава.

Для всего ствола средний периодический прирост объема рассчитывается по формуле

$$Z_V^{\text{сп.пер}} = \frac{V - V_n}{n} = \frac{g_{1/2}h - g_{1/2n}h_n}{n},$$

где V и V_n – объёмы ствола в настоящее время и n лет назад, м³;

h и h_n – высоты (длины) ствола в настоящее время и n лет назад, м;

$g_{1/2}$ и $g_{1/2n}$ – площади поперечных сечений ствола на половине его высоты (длины) в настоящее время и на половине высоты (длины), бывшей n лет назад, м².

Прирост объема обезвершиненного ствола определяется по формуле

$$Z_V^{\text{сп.пер}} = \frac{V' - V_n}{n} = \frac{g'_{1/2}(h - Z_h^{\text{тек.пер}}) - g_{1/2n}(h - Z_h^{\text{тек.пер}})}{n},$$

$$Z_V^{\text{сп.пер}} = \frac{(g'_{1/2} - g_{1/2n})(h - Z_h^{\text{тек.пер}})}{n} + \frac{V_g}{n},$$

где V' и V_n – объёмы обезвершиненного ствола в настоящее время и n лет назад, м³;

$g_{1/2}$ и $g_{1/2n}$ – площади поперечных сечений в настоящее время и n лет назад на половине высоты (длины) обезвершиненного ствола, m^2 ;

h – высота (длина) ствола, м;

$Z_h^{тек.пер.}$ – текущий прирост высоты за n лет, приведенный в исходных данных;

V_v – объём вершинки, m^3 .

По боковой поверхности ствола прирост точнее определяется по частям-секциям, с меньшей точностью, но значительно быстрее – для ствола в целом.

В первом случае прирост нужно вычислять по формуле

$$Z_V = \pi(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n - nt)lt + S_b,$$

где π – отношение длины окружности к ее диаметру, равное 3,14;

$d_1; d_2; d_3 \dots d_n$ – диаметры на серединах секций, см;

n – число секций;

l – длина секций, м;

t – средняя ширина годичного слоя, см.

S_b – площадь боковой поверхности вершинки ($S_b = \pi Rl'$).

Длину секций следует принять 2 м, что позволяет использовать для расчетов значения диаметров и приростов на серединах двухметровых секций, приведенные в исходных данных. Для определения средней ширины годичного слоя каждой секции нужно текущий периодический прирост диаметра на разных высотных отметках поделить на 20. Чтобы определить среднюю ширину годичного слоя для всего ствола, надо сумму полученных средних значений по секциям разделить на их число. В целом расчёты ведутся по формуле

$$t = \frac{\sum Z_d^n}{20n}.$$

Для ствола в целом (по Тюрину) прирост определяется по формуле:

$$Z_V = \pi d_{1/2} ht,$$

где π – отношение длины окружности к ее диаметру, равное 3,14;

$d_{1/2}$ – диаметр ствола на половине его высоты (длины), см;

h – высота (длина) дерева, м;

t – средняя ширина годичного слоя на середине высоты (длины) ствола, см.

Процент прироста следует определять по следующей формуле:

$$P_v = \frac{200Z_v}{V + V_n},$$

где Z_v – объемный прирост, вычисляемый по боковой поверхности ствола, м³;

V и V_n – объемы ствола в настоящее время и n лет назад, м³.

В приведенную формулу вместо V и V_n нужно подставить объемы, вычисленные по сложной формуле срединных сечений Губера, если объемный прирост определялся по секциям, и объемы, вычисленные по простой формуле Губера, если прирост определялся для ствола в целом.

По сумме процентов приростов процент объемного прироста определяется при допущении, что видовое число f за последний десятилетний период не изменилось, т.е. f^{const} . В практическом применении расчетная формула имеет следующий вид:

$$P_v = 2P_d + P_h = 2 \frac{100Z_d}{nd} + \frac{100Z_h}{nh},$$

где Z_d – текущий периодический прирост диаметра на высоте груди за 10 лет, см;

Z_h – текущий периодический прирост высоты за 10 лет, м;

d – диаметр без коры на высоте груди в настоящее время, см;

h – высота всего дерева, м;

n – период, равный 10 годам.

Значения перечисленных таксационных показателей приведены в исходных данных.

По относительному диаметру процент объемного прироста можно определить по формуле:

$$P_v = \frac{200}{n} \frac{r^x - (r-1)^x}{r^x + (r-1)^x},$$

где r – относительный диаметр, который представляет собой отношение диаметра в данный момент к его приросту за n лет;

x – показатель степени, изменяющийся в пределах от 2 до $3\frac{1}{3}$ и связанный с протяженностью кроны и энергией роста дерева в высоту, (табл. 14).

Таблица 14

Показатели степени X и группы роста в зависимости от протяженности кроны и энергии роста деревьев в высоту

Протяжённость кроны от вершины к основанию	Рост					
	слабый		умеренный		хороший	
	показатель степени	группа	показатель степени	группа	показатель степени	группа
Крона ниже $1/2 h$	$2 \frac{1}{3}$	II	$2 \frac{2}{3}$	III	3	IV
Крона между $1/4-1/2 h$	$2 \frac{1}{2}$	II $\frac{1}{2}$	$2 \frac{5}{6}$	III $\frac{1}{2}$	3	IV $\frac{1}{2}$
Крона между $1/4 h$	$2 \frac{2}{3}$	III	3	IV	$3 \frac{1}{3}$	V

Относительный диаметр для растущих и срубленных деревьев – рассчитывается по формулам:

$$r = \frac{d_{1,3}}{Z_{d_{1,3}}},$$

$$r = \frac{d_{1/2}}{Z_{d_{1/2}}}.$$

Подставляя в вышеприведенные формулы соответствующие значение относительного диаметра и показателя степени X , получим процент прироста по объему.

Однако удобнее определять P_V не по формуле, а по таблицам, составленным Пресслером отдельно для срубленных и растущих деревьев.

Краткая выдержка из таблицы для определения P_V на растущих деревьях приводится ниже, (табл.15).

Пример: $d_{1,3}=28,0$ см; $Z_{d_{1,3}}=2$ см; $r=28/2=14$; крона между $1/4$ и $1/2 h$; рост хороший; группа IV $\frac{1}{2}$;

$$P_V=(22+25)/2=23,5\% \text{ – прирост за 10 лет}$$

$$P_V=23,5/10=2,4\% \text{ – прирост за один год}$$

Таблица 15

Проценты текущего объемного прироста за минувший период у растущих деревьев с различными относительными диаметрами

Относительный диаметр r	Проценты прироста по группам роста				Относительный диаметр	Проценты прироста по группам роста			
	II	III	IV	V		II	III	IV	V
8	31	35	40	44	20	12	14	15	17
9	27	31	35	39	25	9,5	11	12	13
10	25	28	31	35	30	7,9	9,0	10	11
11	22	25	28	31	35	6,7	7,7	8,6	9,5
12	20	23	26	29	40	5,9	6,8	7,6	8,5
13	19	21	24	26	50	4,7	5,4	6,1	6,8
14	17	20	22	25	60	4,0	4,5	5,1	5,7
15	16	18	21	23	70	3,4	3,8	4,3	4,6
16	15	17	19	21	80	2,9	3,4	3,8	3,9
17	14	16	18	20	90	2,6	3,0	3,4	3,4
18	13	15	17	19	100	2,3	2,7	3,0	–

Для определения процента прироста по числу слоёв в последнем сантиметре радиуса применяется формула

$$P_v = \frac{K}{d_{1,3} n},$$

где $d_{1,3}$ – диаметр на высоте груди без коры;

n – число слоёв в последнем сантиметре радиуса на высоте 1,3 м;

K – коэффициент, который устанавливается по протяженности кроны и энергии роста дерева в высоту, (табл. 16).

Таблица 16

Значения коэффициента K в зависимости от протяженности кроны и энергии роста деревьев в высоту

Протяженность кроны (от вершины к основанию)	Значения коэффициента K , если рост в высоту					
	прекратился	слабый	умеренный	хороший	очень хороший	превосходный
Крона ниже $\frac{1}{2} h$	400	470	530	600	670	730
Крона между $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} h$	400	500	570	630	700	770
Крона меньше $\frac{1}{4} h$	400	530	600	670	730	800

В полевых условиях у растущего дерева число слоёв в последнем сантиметре радиуса на 1,3 м можно установить с помощью приростного бурава. Чтобы определить это число в данном случае, нужно 20 разделить на величину прироста диаметра за 10 лет:

$$n = \frac{20}{Z_{d_{1,3}}}.$$

В формуле М.К. Турского:

$$P_V = (k + 2)P_d = (k + 2) \frac{200}{n} \frac{d - d_n}{d + d_n},$$

сомножитель $k + 2$ равен показателю степени x при относительном диаметре r в формуле Пресслера, т.е. $x = k + 2$. Отсюда $k = x - 2$. Поэтому при подборе значений k может быть использована та же таблица, что и для выбора показателя степени x .

Автором способа рекомендуются следующие данные для нахождения x (табл. 17).

Таблица 17

Значения коэффициента k в зависимости от энергии роста деревьев в высоту

Характеристики роста	Отсутствует	Слабый	Умеренный	Хороший	Очень хороший
Значения коэффициента k	0	0,4	0,7	1,0	1,3
$k + 2$	2	2,4	2,7	3,0	3,3

М.Л. Дворецкий заменил сомножитель $k + 2$ в формуле М.К. Турского на выражение $2c + 0,7$, и формула для определения процента объемного прироста приобрела следующий вид:

$$P_V = P_d (2c + 0,7),$$

где $c = \frac{Z_{d_{1/2n}}}{Z_{d_{1,3}}}$.

Коэффициент c означает отношение прироста диаметра на половине высоты, бывшей n лет назад к приросту диаметра за то же число лет на высоте груди (1,3 м). Следовательно, при вычислении c по существу сопоставляется средняя ширина годичного слоя на указанных высотах. М.Л. Дворецкий установил, что формулы Пресслера и Шнейдера могут давать тем большие отклонения от истинной величины P_V , чем значительнее расхождения ширины годичного слоя на упомянутых высотах. Значения c , в свою очередь, зависят от протяженности кроны и энергии роста деревьев в высоту.

Применение формулы М.Л. Дворецкого для срубленных стволов обеспечивает хорошие результаты установления текущего объемного прироста.

Для определения коэффициента c прирост диаметра на половине высоты, бывшей n лет назад, устанавливается путем интерполяции исходных данных.

Полученные равными способами проценты прироста используются, как было указано ранее, для определения абсолютных объемных приростов.

2.3. Анализ хода роста древесного ствола

Исследования, проводимые с целью получения полного представления об изменениях во времени всех основных таксационных показателей ствола основаны на уникальной способности деревьев откладывать годовые кольца. Рост деревьев обуславливается средой и биологическими особенностями породы, которые отражаются на изменении диаметра, высоты и объёма ствола. Любое дерево обладает определёнными биологическими особенностями, режимом хода роста, в результате которого происходит изменение таксационных показателей. Оно ежегодно прирастает, увеличиваясь в объеме, по высоте и диаметру – основным таксационным показателям. При анализе хода роста ствола дерева изучают их возрастную динамику, также рассматривают образующую поверхность ствола и видовое число. Исследование хода роста включает полевые и камеральные работы.

Особенности хода роста ствола можно легко проследить на основе приростов. Прирост по высоте хорошо виден по центральному побегу у молодых сосенок, по диаметру – на пне.

На величину прироста влияют: древесная порода, географические и климатические условия, хозяйственная деятельность человека, а также стихийные бедствия (например, пожар). Лесохозяйственная деятельность ставит своей целью увеличение прироста.

Данные анализа хода роста ствола дерева используются во многих лесоводственно-таксационных работах: при составлении таблиц хода роста древостоев, установлении принадлежности древостоев к одному естественному ряду роста и развития, оценке эффективности лесохозяйственных мероприятий, оценке влияния негативных антропогенных факторов и т.д.

В зависимости от целей исследования анализ хода роста ствола может проводиться с различной степенью подробности и точности. Как правило, в возрасте дерева до 35-40 лет он проводится по пятилетним, в более старшем возрасте – по десятилетним периодам.

Сбор данных для анализа производят в ходе полевой части работ по стандартной методике (Нагимов и др., 2010). Основные показатели вносят в специальный бланк прил. 2, табл. 2.1.

Выбор модельных деревьев для анализа определяется целевой установкой исследований. Например, при установлении естественных рядов дерева отбираются из числа наиболее крупных (80-90 рангов), при определении эффективности проводимых в лесу мероприятий – с учетом рангового положения деревьев.

В учебных целях для анализа обычно подбирают и рубят одно среднее модельное дерево преобладающей породы. Результаты полевых и камеральных работ вносят в специальный бланк анализа ствола, состоящий из нескольких разделов (табл. 18).

Перед рубкой на модельном дереве, отобранном для анализа, мелом наносятся отметки высоты груди (горизонтальной чертой) и одной из сторон света, как правило, северной (вертикальной чертой). После этого у модельного дерева измеряют диаметр на высоте груди в двух взаимно перпендикулярных направлениях (с севера на юг и с запада на восток) с точностью до 0,1 см. Определяют класс роста и развития по Крафту, диаметр проекции кроны с точностью 0,1 м. Для оценки площади роста модельного дерева определяют направления и расстояния до окружающих (соседних) деревьев, их диаметры и высоты.

Таблица 18

Ход роста ствола по диаметру

N срезов	Высота среза от шейки корня	Обозначения диаметров	Диаметры сечений, см, в возрасте, лет					Возраст, в котором дерево достигло высоты среза	
			49		40	30	20		10
	число слоев на кружках		в коре	без коры	без коры				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	<u>0</u>	1 С-Ю	27,6	24,6	20,4	15,1	10,1	3,6	0
	49	2 В-З	23,7	20,6	18,0	14,0	9,2	3,3	
		средний	25,7	22,6	19,5	14,5	9,6	3,4	
I	<u>1,0</u>	1 С-Ю	19,4	17,8	15,7	12,5	9,1	2,5	6
	43	2 В-З	19,2	17,6	15,2	12,3	8,5	2,3	
		средний	19,3	17,7	15,4	12,4	8,8	2,4	

Окончание табл. 18

II	<u>1,3</u>	1 С-Ю	18,5	17,0	15,3	12,4	8,7	2,2	7
	42	2 В-З	18,4	17,2	15,1	12,0	8,5	2,2	
		средний	18,5	17,1	15,2	12,2	8,6	2,2	
III	<u>3,0</u>	1 С-Ю	17,2	16,5	15,0	11,3	6,7	0,3	10
	38	2 В-З	17,0	16,4	14,6	11,1	6,9	0,3	
		средний	17,1	16,5	14,8	11,2	6,8	0,3	
IV	<u>5,0</u>	1 С-Ю	16,6	15,8	13,7	10,2	5,3		14
	35	2 В-З	16,2	15,6	13,9	10,1	5,1		
		средний	16,4	15,7	13,8	10,2	5,2		
V	<u>7,0</u>	1 С-Ю	15,1	14,7	12,8	8,9	3,5		17
	32	2 В-З	15,3	14,9	12,7	8,7	3,5		
		средний	15,2	14,8	12,8	8,8	3,5		
VI	<u>9,0</u>	1 С-Ю	14,3	14,0	12,2	7,5	1,2		19
	30	2 В-З	14,1	13,6	12,0	7,4	1,2		
		средний	14,2	13,8	12,1	7,5	1,2		
VII	<u>11,0</u>	1 С-Ю	13,3	12,6	10,9	5,7			22
	27	2 В-З	13,0	12,8	10,9	5,5			
		средний	13,1	12,7	10,9	5,6			
VIII	<u>13,0</u>	1 С-Ю	11,6	11,0	9,2	3,2			25
	24	2 В-З	11,6	11,0	9,1	3,2			
		средний	11,6	11,0	9,2	3,2			
IX	15,0	<u>1 С-Ю</u>	10,2	9,9	6,7	0,4			29
	20	<u>2 В-З</u>	9,8	9,5	6,6	0,4			
		<u>средний</u>	10,0	9,7	6,7	0,4			
X	17,0	<u>1 С-Ю</u>	7,3	6,3	4,0				33
	16	<u>2 В-З</u>	7,2	6,5	4,0				
		<u>средний</u>	7,3	6,4	4,0				
XI	19,0	<u>1 С-Ю</u>	5,1	4,7	1,0				38
	11	<u>2 В-З</u>	4,9	4,7	1,2				
		<u>средний</u>	5,0	4,7	1,1				
XII	20,0	<u>1 С-Ю</u>	2,5	2,4					44
	5	<u>2 В-З</u>	2,5	2,4					
		<u>средний</u>	2,5	2,4					
Диаметр осн. верш., см			2,5	2,4	2,2	1,8	1,7	1,4	
Длина вершинок, см			0,4	0,4	1,3	1,3	1,2	1,0	
Длина ствола, м			20,4	20,4	19,5	15,5	9,6	3,2	

Расположение этих деревьев и проекции крон наносят на схему в бланке анализа ствола.

После рубки дерева и обрубки сучьев полевая обработка модельного дерева производится в следующем порядке:

- вертикальную черту, обозначающую северную сторону дерева, продолжают до самой вершины;
- измеряют общую длину (высоту) ствола и расстояние от комля до первого мертвого и первого живого сучка;
- ствол размечают на секции (длину секции при высоте деревьев до 10-12 м принимают равной 1 м, при большей высоте – 2 м);
- на стволе мелом или каким-либо режущим инструментом отмечают середины секций, конец последней секции (основание вершинки) относительные высоты $\frac{1}{4}h$, $\frac{1}{2}h$ и $\frac{3}{4}h$;
- для детального анализа ствола на серединах секций, на высоте 1,3 м, у шейки корня и у основания вершинки выпиливают кружки (образцы древесины) толщиной 3-4 см, каждый из них нумеруют и отмечают сторону света.

Для упрощенного анализа кружки выпиливают только у шейки корня, на высоте груди и на указанных выше относительных высотах.

- на каждом кружке на лицевой стороне (пропиленной строго по метке) проводят две взаимно перпендикулярные линии строго через центр в направлениях с севера на юг и с запада на восток, а на другой отмечают номер модельного дерева и высоту сечения.

Анализ хода роста ствола выполняют в камеральных условиях, он состоит из следующих основных (последовательно выполняемых) операций:

1. На нижней стороне кружка (для лучшей видимости годовичных слоёв) вырезают полоски в направлении с севера на юг и с запада на восток.
2. Подсчитывают годовичные кольца на кружках с разделением их на возрастные периоды (как правило по десятилетиям возраста).
3. По выделенным периодам измеряют на кружках взаимно перпендикулярные диаметры; выявляют хода роста ствола по диаметру.
4. Выявляют ход роста ствола по высоте.
5. Строят график продольного сечения ствола.
6. Вычисляют объем ствола по возрастным периодам.
7. Вычисляют абсолютные и относительные приросты по диаметру, высоте и объему.
8. Вычисляют видовые числа и коэффициенты формы по возрастным периодам.
9. Делают заключение по ходу роста ствола

Годичные кольца подсчитываются на лицевой стороне кружков вдоль линий направлений с севера на юг и с запада на восток (рис. 42) после тщательной их зачистки острым режущим предметом.

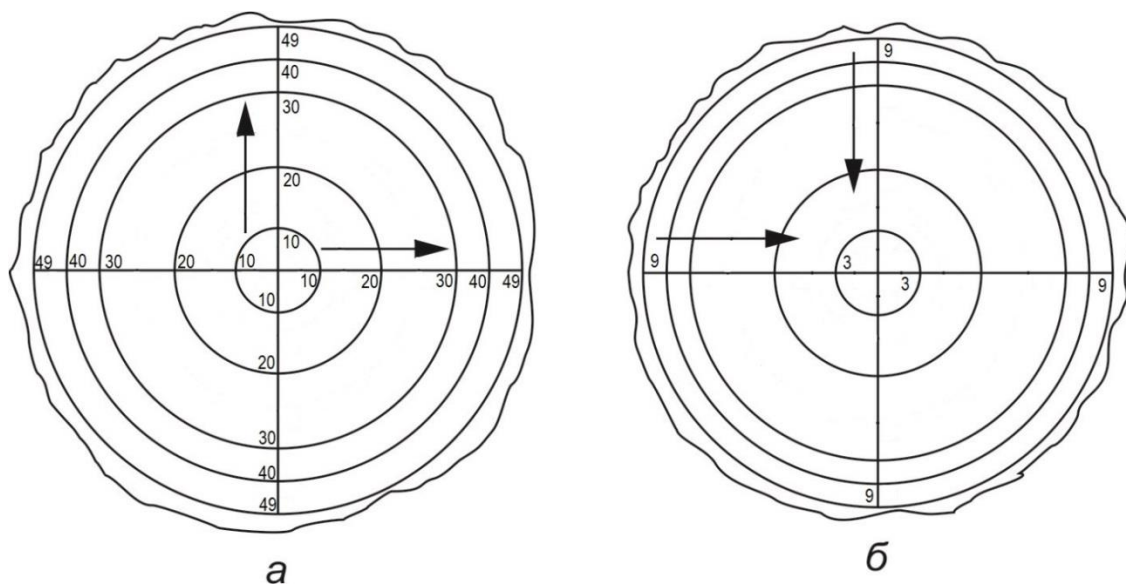


Рис. 42. Пример оформления кружков: а – срез у шейки корня, б – срез на высоте 1,3 м

Начинают подсчет годичных колец с нулевого спила (у шейки корня). По всем четырем направлениям на нем отмечают пяти- или десятилетние периоды и отделяют их чертой. Для проверки правильности подсчета и наглядности каждый возрастной период отделяют друг от друга концентрическими кругами по поздней древесине пограничного годичного кольца. Последний периферический период может быть неполным, т.е. число годичных колец не будет кратным 5 или 10.

На всех последующих кружках подсчет ведут в обратном порядке – от периферии к центру.

При этом, сначала на каждом спиле от края отсчитывают то количество годичных слоев, которое было последним (располагалось в периферийном периоде) на нулевом кружке, а затем также по пяти- или десятилетиям возраста. Последний (центральный период) также может оказаться неполным.

Такой порядок подсчета связан с тем, что с увеличением высоты количество годичных слоев уменьшается за счет выпадения центральных прилегающих к сердцевине годичных слоев, т.е. за счет предшествующих 10-летий (5-летий). Периферийные (крайние) годичные кольца имеются на всех спилах (рис. 43).

Таким образом, при таком подсчете все возрастные периоды на разных кружках (высотах) будут состоять из одних и тех же годовичных колец, т.е. будет выполнено необходимое для анализа хода роста условие.

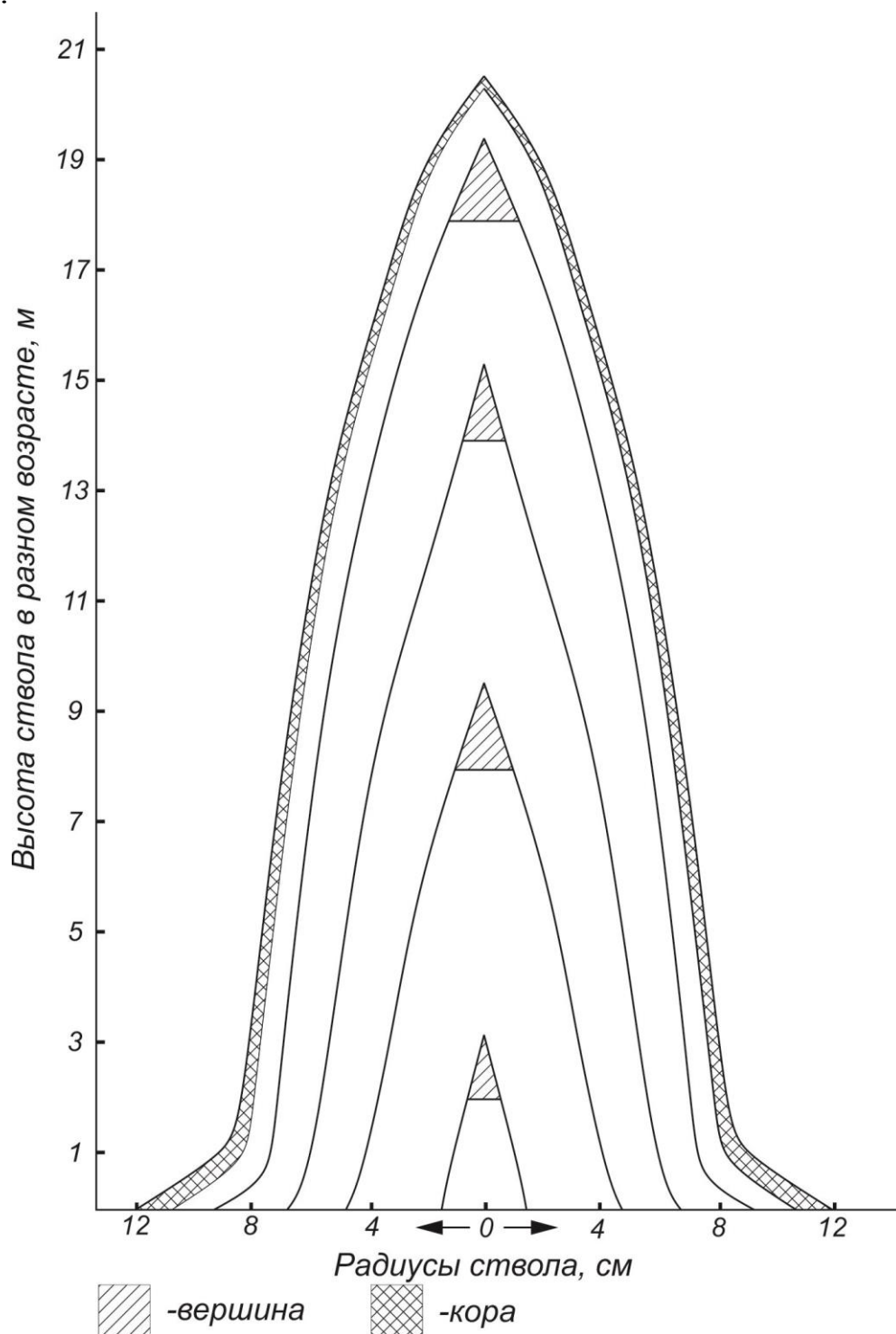


Рис. 43. Вид продольного сечения ствола

Измерение диаметров на всех кружках по выделенным возрастным периодам проводится с точностью 0,1 см масштабной линейкой

или полоской миллиметровой бумаги. В первую очередь измеряют диаметр ствола на момент спила (в настоящее время) в одном из направлений (например, север-юг) на нулевом кружке (на спиле у шейки корня). Диаметры учитывают в коре и без коры. Затем в этом же направлении измеряют диаметры последующих концентрических кругов с меньшим возрастом по десятилетиям. Результаты измерений записывают в соответствующие графы бланка анализа хода роста ствола (табл. 18, столбцы 5-6, строка С-Ю нулевого среза). В таком же порядке измеряют и записывают диаметры по второму направлению (В-З). Из измерений диаметра в двух взаимно перпендикулярных направлениях вычисляют среднее арифметическое значение этого показателя.

В той же последовательности производят измерение диаметров на всех остальных спилах.

Данные, полученные на высоте сечения 1,3 м наглядно показывают ход роста дерева по диаметру – изменение диаметра по десятилетиям (пятилетиям) возраста.

Рассмотрим построение графика изменения диаметра (без коры) с возрастом на высоте 1,3 м. Для этого сначала на пне определим число годовых колец – число лет. В данном примере это будет 49 лет. Далее, на кружке, выпиленном на высоте 1,3 м, подсчитываем годовые кольца в направлении от периферии к центру (по десятилетним периодам). Отсчитываем 9 лет (остаток от деления 49 на 10) и отмечаем черточкой по всем четырем направлениям. У сердцевины, как правило, число годовых колец бывает некратно 5 или 10 (в данном примере из 3). Полученное число записываем на кружке. Далее строим график, на котором по оси «х» откладываем возраст (число лет), а по оси «у» – диаметры без коры. Первую точку ставим, произведя замер диаметра в двух взаимно перпендикулярных направлениях и выведя среднее значение диаметра без коры в возрасте рубки дерева (49 лет). Затем замеряем диаметры на кружке в возрасте 40 лет, из двух значений выводим среднее и его отмечаем на графике. Подобным образом отмечаем остальные точки. Соединенные последовательно прямыми линиями они будут представлять (рис. 44) кривую хода роста по диаметру (на высоте 1,3 м).

Ход роста по высоте определяется следующим образом.

У срубленного дерева выпиливают через 1 или 2 м в стволе кружки толщиной 1 – 3 см и подсчитывают годовые кольца – устанавливают возраст дерева, при котором оно достигало высот сечений,

на которых выпилены кружки. Первый подсчет числа колец производится на пне.

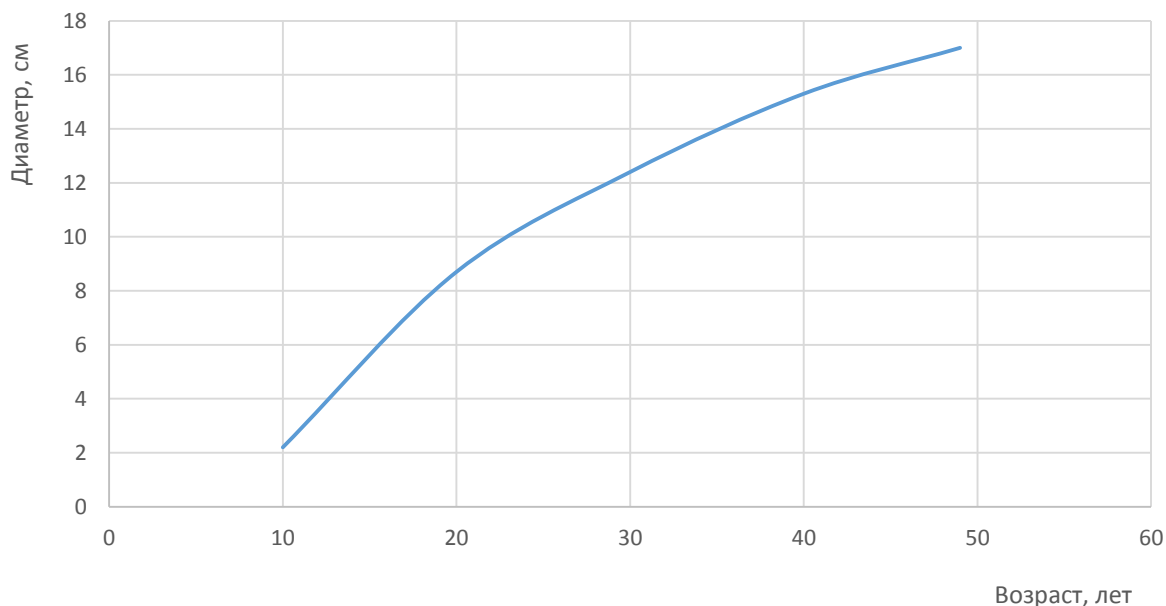


Рис. 44. Ход роста ствола по диаметру на высоте 1,3 м

Время, требующееся на достижение каждой из высот, на которых проводятся замеры, находится вычитанием из числа слоев на нулевом вырезе их количества на каждом из последующих.

По результатам подсчета годовичных слоев на каждом вырезе определяется общая длина ствола (высота дерева) в зависимости от возраста (табл. 19).

Таблица 19

Анализ хода роста сосны по высоте

Высота сечения, м	0	1	1,3	3	5	7	9	11	13
Число годовичных слоев	49	43	42	38	35	32	30	27	24
Возраст, в котором дерево достигло высоты реза	0	6	7	10	14	17	19	22	25
Возраст, лет	0	10	20	30	40	49	-	-	-
Высота, м	0	3,2	9,6	15,5	19,5	22,3	-	-	-

Важно определить размеры вершинок – диаметр их основания и длину по возрастным интервалам. За основание вершинки в каждом из 10-летних условно принимаем верхний торец предыдущей секции. Так, в нашем примере, в 10 лет высота дерева была 3,2 м. За основание вершинки в этом возрасте принимается сечение на 2 м. Диаметр основания вершинки будет соответствовать диаметру дерева на этом

сечении в 10-летнем возрасте, т.е. 1,4 см. Длина вершинки ($L_{\text{верш}}$) в каждом из возрастов может быть вычислена через разность длины всего дерева и высоты последнего реза.

В примере (табл.18), на сечении №1, расположенном на расстоянии 1 м от шейки корня, насчитывается 43 годичных кольца, а на нулевом – 49. Разность $49 - 43 = 6$ указывает, что до высоты сечения 1 м выпало 6 центральных конусов нарастания древесины, т.е. дерево достигло высоты 1 м в возрасте 6 лет. В 7-летнем возрасте оно имело уже высоту 1,3 м ($49 - 42 = 7$), в 11-летнем – 3 м ($49 - 38 = 11$) и т.д. На основании таких данных методом графической (рис. 45) или математической интерполяции можно определить высоту дерева по 5- или 10-летним периодам. Если диаметр определяется внутри секции, то используют математическую интерполяцию. Например, 1-е бревно длиной 6,5 м. Значит диаметр в коре будет между 25,8 (на 5 м) и 23,7 (на 7 м) см, а именно:

$$25,8 - 23,7 = 2,1 \text{ см}; 2,1 : 4 = 0,5 \text{ см}; 23,7 + 0,5 = 24,2 \text{ см}.$$

Метод графической интерполяции более предпочтителен, так как позволяет обнаружить и устранить возникающие при подсчетах ошибки. В этом случае в программе Excel или на миллиметровой бумаге строится график: в выбранном масштабе на оси абсцисс откладываются возрасты высот сечений (6, 7 лет и т.д.), а на оси ординат сами высоты сечений (1, 1,3 м и т.д.). Отложенные на графике точки соединяются, затем полученная ломаная линия (при необходимости) сглаживается по правилам графического выравнивания. Построенная таким образом кривая хода роста ствола по высоте (рис.45) позволяет определить высоту дерева по 5- или 10-летним периодам.

Для этого на оси абсцисс (возрастов) в масштабе находятся точки, соответствующие, например, 10, 20, 30 годам и т.д. Из этих точек восстанавливаются перпендикуляры до пересечения с кривой – длины этих перпендикуляров в масштабе на оси ординат покажут искомые высоты. Изменение высоты дерева по 10-летиям (5-летиям) возраста показано в таблице 19.

Таким образом, на полученном графике можно видеть, как менялся с годами текущий прирост ствола по высоте. Для того, чтобы снимать значения для определения среднего прироста в различные периоды роста дерева на оси абсцисс в масштабе отделяют, например,

десятилетия возраста, от них восстанавливают перпендикуляры до линии и по оси ординат определяют значения высот.

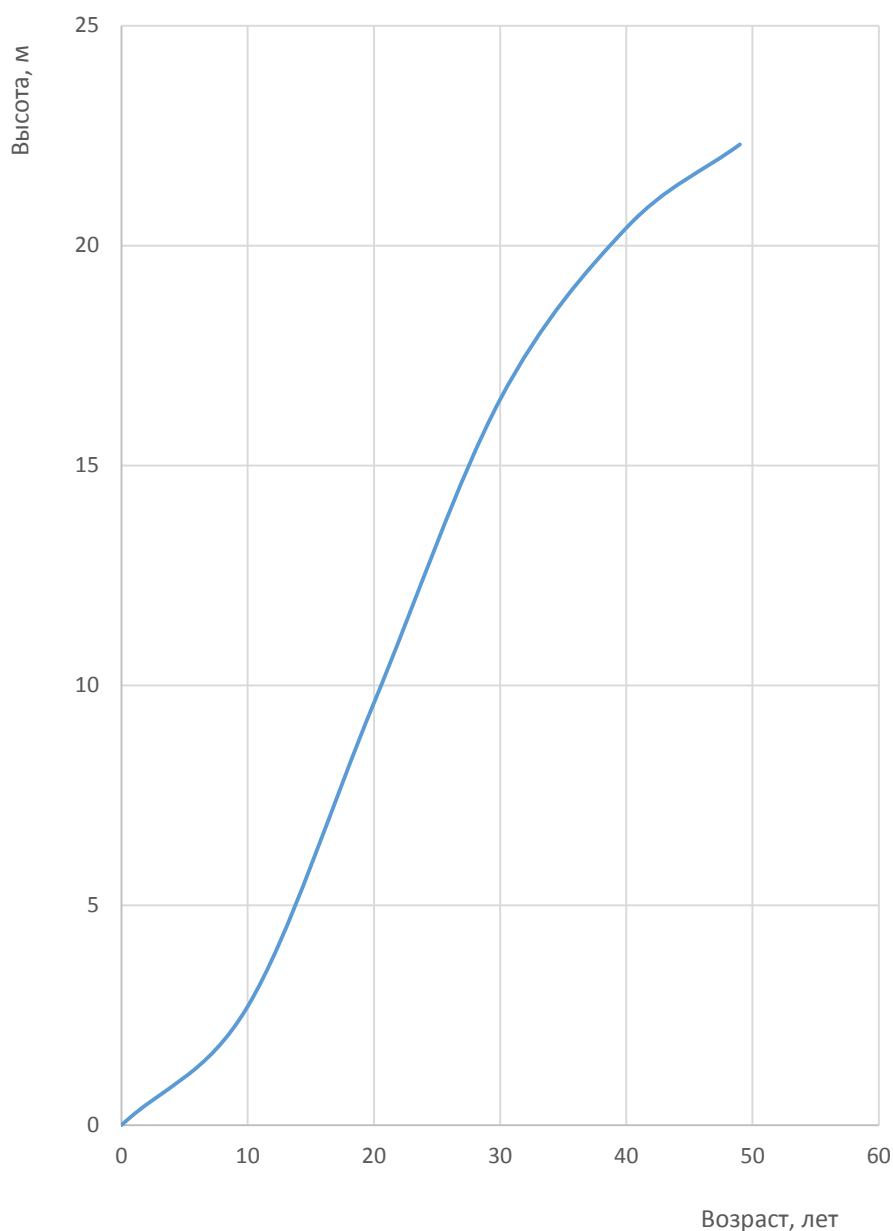


Рис. 45. Ход роста ствола по высоте

Объем ствола на момент рубки наиболее просто вычислить с использованием видového числа, полученного через коэффициент формы q_2 . Это же видовое число можно применить для вычисления объема ствола в прошлые годы по пятилетиям или десятилетиям. Значения средних диаметров на 1,3 м и высот в соответствующем возрасте снимаем с соответствующих графиков хода роста (рис. 44, 45).

Также зная ход роста по диаметру на 1,3 м и высоте можно составить график *хода роста по объему* ствола (рис.46).

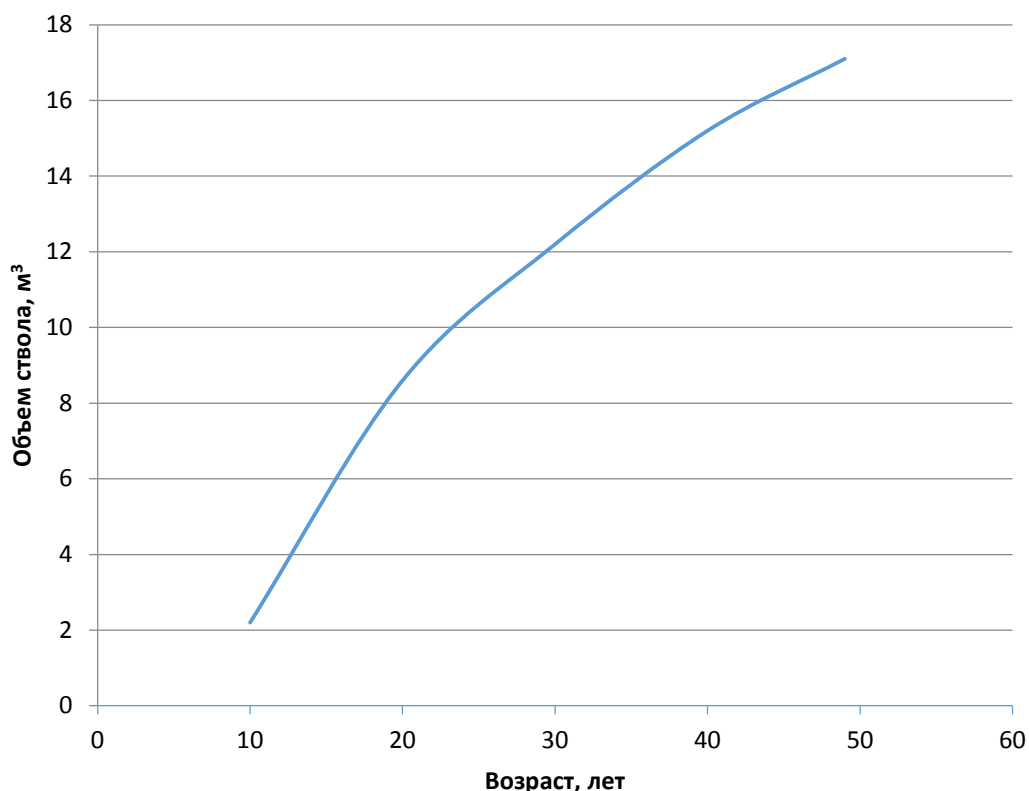


Рис. 46. Ход роста ствола по объему

Для этого необходимо определить объемы ствола в момент рубки (т.е. в настоящее время) и 5, 10, 15 и т.д. лет назад по пятилетиям или 10, 20, 30 и т.д. лет назад – по десятилетиям. Для этого предварительно следует составить вспомогательную таблицу (табл. 20):

Таблица 20

Ход роста дерева по высоте, диаметру и объему ствола через каждые 10 лет его возраста

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола ,м ³ при $F=0,461$
10	3,2	4,4	0,003
20	9,6	7,5	0,022
30	15,5	10,9	0,066
40	19,5	16,4	0,175
49	22,3	18,3	0,246

Другим способом определить объем ствола по возрастным периодам можно по сложной формуле Губера на основании данных предыдущих расчетов.

С этой целью производят анализ приростов и в соответствующую таблицу (табл. 21) переносят значения таксационных показателей по десятилетиям возраста.

Таблица 21

Прирост дерева по основным таксационным показателям

Возрастные периоды	Прирост по $d_{1,3}$				Прирост по h				Прирост по V			
	$d_{1,3}$	абсолютный		относительный периодический	h	абсолютный		относительный периодический	V	абсолютный		относительный периодический
		средний общий	средний периодический			средний общий	средний периодический			средний общий	средний периодический	
10	2,2	0,22			3,2	0,32			0,0010	0,0001		
20	8,6	0,43	0,64	11,8	9,6	0,48	0,64	10,0	0,0258	0,0013	0,0025	18,7
30	12,2	0,41	0,36	3,5	15,5	0,52	0,59	4,7	0,0879	0,0029	0,0062	10,9
40	15,2	0,38	0,30	2,2	19,5	0,49	0,40	2,3	0,1921	0,0048	0,0104	7,4
49	17,1	0,35	0,21	1,3	20,4	0,42	0,10	0,5	0,2679	0,0055	0,0076	3,3
49 (в/к)	18,5	0,38	-	-	20,4	0,42	-	-	0,2909	0,0059	-	-

Средний общий и средний периодический приросты определяют по диаметру, высоте и объему. Средний общий определяют делением величины таксационного показателя в соответствующем десятилетии на возрастной период (табл. 21).

При вычислении среднего периодического и текущего прироста их значение определяется как разность показателей двух соседних десятилетий возраста.

Заключительным этапом анализа древесного ствола является построение графиков хода роста по приростам, а также написание вывода о росте дерева в различные периоды жизни.

2.4. Таксация крон деревьев

При решении задач, связанных с полным использованием всей биомассы лесных насаждений, определением прироста запаса и др. возникает необходимость таксации крон деревьев. Таксационными показателями крон деревьев выступают диаметр, протяженность кроны, объем и площадь поверхности кроны.

Диаметр кроны измеряют по замерам проекций на поверхность земли в направлениях север-юг и восток-запад, а ее площадь находят по формуле круга:

$$S_{\text{проекции}} = \pi D^2 .$$

На таксационно-дешифровочных участках леса фактическую проекцию кроны определяют на плане пробы при помощи планиметра.

Протяженность или длину кроны определяют как разницу между общей высотой ствола и высотой начала кроны в метрах. Она может быть выражена и в процентах от общей высоты дерева.

Объем кроны можно найти по математическим формулам правильного тела вращения (параболоид, конус, шар) или же с помощью видовых чисел всего дерева или сучьев. Обычно применяют следующие простые формулы для хвойных и лиственных пород:

Для оценки морфологии насаждений часто применяют понятия:

- относительный диаметр кроны – $D_{\text{кроны}} / H$ ствола;
- степень развития кроны – $D_{\text{кроны}} / L$;
- сплюснутость кроны – L / H ствола.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ

В последние годы планомерно растет объем исследований, связанных с изучением биологической продуктивности (фитомассы) насаждений. Под фитомассой понимают совокупность тел живых растений в сыром состоянии, характеризующихся определенным весом, объёмом, поверхностью, химизмом и калорийностью (Программа и методика..., 1974)

Интерес к этому вопросу связан с изучением бюджета углерода территории лесного фонда. Но при этом проблема точности оценки остается открытой. Эмпирический материал, используемый для расчетов, различен по объему, качеству и структуре (фракционный анализ, модельные деревья, пробные площади, пробные площадки, строение древостоя, конверсионные коэффициенты и т.д.). Всё это, безусловно, сказывается на величине оцениваемой фитомассы.

Специфические способы определения объемов корней, сучьев, биомассы крон деревьев излагаются в специальной биогеоэкологической литературе и в данной работе нами не рассматриваются.

3.1. Методики исследования фитомассы деревьев

Работа по учету фитомассы деревьев начинается с постановки задачи и выбора объекта исследования. Исходными данными для определения фитомассы деревьев служат обмеры учетных или модельных деревьев на пробных площадях.

Пробной площадью называется ограниченный участок лесной территории, выбранный определенным образом в зависимости от целей исследований, являющийся образцом для характеризуемой территории, на котором проводятся экспериментальные работы с необходимыми наблюдениями и измерениями для выявления его характеристики (Нагимов и др., 2006). Правила закладки пробных площадей описываются в специальных методиках и отраслевом стандарте (ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки»).

Для исследований отбираются *учетные деревья* механическим путем в процессе перече́та (например, каждое пятое или десятое дерево). Для получения надежных результатов их число должно быть не менее 20-25. Однако, учитывая большую трудоемкость определения фитомассы, предпочтение следует отдавать модельным деревьям. Систематическая выборка их формируется в соответствии с рядом распределения деревьев по диаметру (по ступеням толщины). *Модельные деревья* следует отбирать средними по диаметру, высоте и размерам

кроны для ступеней толщины в пределах всего диапазона варьирования их диаметров на пробной площади по способу пропорционального представительства. При этом всегда отбирают деревья из самой тонкой и толстой ступеней толщины.

На модельных или учетных деревьях до рубки отмечают северную сторону света, затем определяют рейкой диаметр кроны с точностью 5 см в направлениях север-юг, восток-запад и класс роста и развития по Крафту (рис. 47, табл. 22).

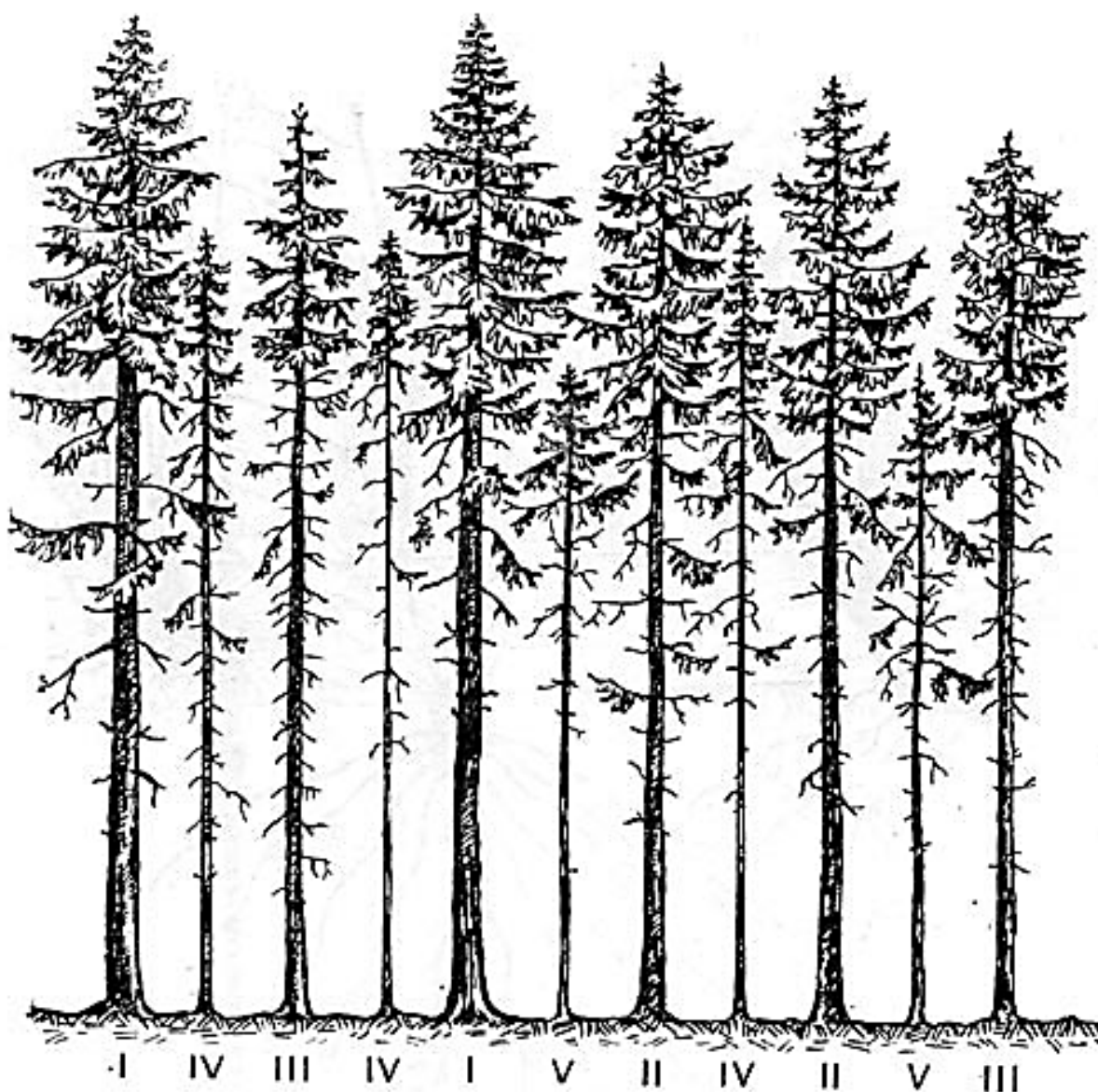


Рис. 47. Деревья по классам Крафта

Таблица 22

Характеристика деревьев по классам Крафта (Мелехов, 1980)

Класс роста и развития деревьев по Крафту	Характеристика деревьев и их положение в пологе
I	Исключительно развитые деревья (прегосподствующие) с сильно развитой кроной, наилучшим ростом
II	Хорошо развитые деревья (господствующие) с нормально развитой кроной, хорошим ростом
III	Умеренно развитые деревья; кроны близки по форме к деревьям II класса, но слабее развиты, несколько сужены, с частично усыхающими по краям ветвями, эти деревья занимают промежуточное положение между деревьями первой и второй групп
IV	Заглушенные, ослабленные в росте, но еще жизнедеятельные деревья; кроны сжаты со всех сторон или образуют одностороннюю, флагообразную форму. Деревья этого класса разделяются на подклассы: IVа – деревья, большая часть кроны которых хотя и сжата, но они занимают свободные просветы в общем лесном пологе; IVб – деревья, кроны которых находятся ниже, частично под общим лесным пологом. Верхняя часть кроны более или менее освещена, нижняя затенена и нередко вследствие затенения отмерла
V	Деревья, целиком находящиеся под пологом. Они разделяются на подклассы: Va – с еще живой кроной (длительное существование возможно лишь для пород с малой потребностью в свете и при хороших почвенных условиях); Vб - с отмирающей или отмершей кроной

Рубку модельных или учетных деревьев проводят по шейке корня, которую предварительно очищают от опада. Возраст дерева определяют путем подсчета годичных слоев на пнях. Сразу после рубки измеряют общую длину ствола, и длину живой части кроны.

Надземную фитомассу деревьев разделяют на следующие фракции: древесина ствола, кора ствола, древесина ветвей, кора ветвей, хвоя, генеративные органы и отмершие ветви. Данные исследователей (Молчанов, Смирнов, 1967; Программа и методика..., 1974, Усольцев, Нагимов, 1988, Нагимов, 2000) по изучению структуры биомассы сводятся к следующим основным положениям:

1. Фитомассу дерева следует изучать, когда закончилось формирование (прирост) всех частей дерева и после стабилизации влажности древесины и хвои.

2. Фитомассу надземных частей следует разделять на фотосинтезирующие и скелетные части. Это особенно важно, так как они выполняют разные функции. Одни выполняют роль акцепторов углекислого газа и солнечной энергии, а другие – роль аппарата для выделения кислорода.

3. Целесообразно и дальнейшее деление на фракции. Например, обязательно необходимо обособление фитомассы генеративных органов и плодов, которые характеризуются специфическим химизмом, повышенной калорийностью, а главное, характеризуют возобновительные функции деревьев (древостоев). В скелетных частях необходимо расчленять фитомассу стволов и ветвей, с подразделением их на кору и древесину. Эта дифференциация диктуется как практическими (лесохозяйственными), так и научными интересами. Так, например, при отмирании стволы и ветви разлагаются с разной скоростью (Молчанов, 1967), а кора по своим защитным функциям и строению резко отличается от древесной массы, которая выполняет скелетную, транспортную, аккумулирующую функции.

С учетом этих положений и методических разработок других авторов (Молчанов, Смирнов, 1967; Родин, Ремезов и др., 1968; Горбатенко, Протопопов, 1971; Семечкина, 1978; Уткин, 1982; Усольцев, Нагимов, 1988; Луганский, Нагимов, 1994, Суставова, 2004) определение надземной фитомассы деревьев происходит в такой последовательности:

В первую очередь оценивается фитомасса крон. Известно, что кроны деревьев в вертикальном направлении характеризуются значительной неоднородностью по возрасту и толщине ветвей, охвоенности побегов, качественному составу хвои (теневая, промежуточная, световая) а, следовательно, по фракционному распределению фитомассы (Бузыкин, Пшеничникова, 1978; Вертикально-фракционное распределение..., 1986). Чтобы в какой-то степени уменьшить эту неоднородность, крона деревьев делится на три неодинаковые по длине части. Вершинную часть в зависимости от продолжительности жизни хвои на осевом побеге составляют 3 – 5 мутовок. Местом разделения остальной части на две половины служит отметка высоты ствола до наибольшей ширины кроны. При этом ветви, вершины которых располагаются выше, чем наибольшая ширина кроны, независимо от места прикрепления к стволу относятся к верхней половине. Все остальные ветви образуют нижнюю часть кроны. Такое распределение кроны обеспечивает большую однородность формируемых частей по возрасту ветвей, охвоенности побегов и качественному составу хвои,

чем механическое деление кроны на равные по длине части, как предлагают некоторые исследователи (Семечкина, 1978; Бузыкин, Пшеничникова, 1978). У деревьев низших ступеней толщины и деревьев молодняков первого класса возрастное деление крон производится несколько иначе. Крона слабоохвоенных, угнетенных деревьев низших ступеней толщины учитывается без деления на части. У деревьев моложе 20 лет верхнюю часть кроны также составляют 3 – 5 мутовок, а оставшаяся часть, вследствие ее однородности, делят по длине на две равные части.

Сложной технической задачей является валка учетных и модельных деревьев. Следует иметь в виду, что при падении дерево может потерять часть своей массы или, наоборот, пополниться ветками соседних деревьев. Чтобы этого не допустить, надо тщательно выбрать направление валки. Для повышения точности учета кроновой массы все работы целесообразно проводить на брезенте.

Части кроны отделяют от ствола (обрубают) и учитывают отдельно. Предварительно со всех ветвей собирают генеративные органы и взвешивают с точностью до 0,1 г. Под генеративными органами понимают озимь – зеленые нераскрывшиеся шишки у хвойных и семена у лиственных. После взвешивания каждой части кроны с точностью до 50 г (при мелких кронах до 5 г) производится их деление секатором на фракции: отмершие ветви, неохвоенные ветви и охвоенные ветви (древесная зелень). Затем определяется вес каждой фракции. От последней фракции каждой части кроны отбирается навеска ($1/3$ – $1/5$ часть по весу) для установления соотношения хвои и древесных частей. С этой целью хвоя в навеске отделяется от ветвей (ощипывается) и определяется масса этих фракций с точностью до 0,1 г. По установленным соотношениям определяют массу хвои и древесных частей отдельно для каждой части кроны, а затем для всей кроны. Во многих случаях у деревьев из маломерных ступеней толщины хвоя отделялась со всей кроны. Хвоя с осевого побега ощипывается полностью и прибавляется к уже известной массе. Выделение данной фракции обосновывается, прежде всего, ее особым расположением (на осевом побеге) и значительным участием в общем весе хвои молодых деревьев (до 16 %). Отмершие ветви учитываются отдельно с точностью до 50 г, а при малом количестве до 1 г (Суставова, 2004).

Для установления влажности и абсолютно сухого веса хвои и ветвей из каждой части кроны отбираются их образцы, которые сразу же взвешиваются с точностью до 0,1 г. Причем ветви предварительно

окариваются. Навеска хвои или листвы, ветвей (кора и древесина) должна быть не менее 20 г (Суставова, 2004)

Масса древесной зелени определяется с учетом ГОСТ 21769-84, согласно которому содержание хвои, почек и неодревесневших побегов в общей массе древесной зелени III сорта должно составлять не менее 60 %. С учетом этого требования к данному виду древесной продукции можно отнести фракцию кроны – охвоенные ветви. По материалам модельных деревьев в указанной фракции кроны массовая доля одревесневших побегов (толщина их в нижнем срезе, как правило, не превышает 0,6 – 0,8 см) составляет от 28 до 42 % (Нагимов, 2000).

После оценки фитомассы крон оценивают стволовую часть дерева. При этом ствол предварительно разбивается на секции одинаковой длины. При высоте деревьев до 12 м длину секций принимают равной 1 м, при большей высоте – 2 м.

Каждая секция и вершинка длиной менее 1(2) м взвешивается на с точностью до 50 г. После этого на середине каждой секции измеряют диаметр в коре и без коры в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для определения соотношения древесины и коры в стволовой части выпиливают диски на следующих высотных отметках: шейка корня, высота 1,3 м, середины секций и основание вершинки. С дисков отделяется кора, а затем производится взвешивание древесины и коры с точностью 0,1 г. Эти образцы древесины и коры помещают в бумажные пакеты для последующего высушивания их до абсолютно сухого веса.

В лабораторных условиях образцы древесины и коры ствола, ветвей, а также хвои высушивают в термостатах при температуре $+100 - 105^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса (абсолютно сухой массы).

Для определения площадей питания отдельных деревьев исследователи предлагают использовать разные методы. П.П. Изюмский (1968) и А.К. Поляков (1973) считают, что в качестве размера площади питания можно использовать горизонтальную проекцию кроны. Однако в этом случае между деревьями остаются неучтенные промежутки, которые составляют в среднем до 22% (Смертин, 1972). Известно, что эти промежутки используются корневыми системами (Кравченко, 1964; Калинин, 1975). Отмеченные недостатки в значительной мере устраняются при определении площадей питания путем построения «полигонов местообитания» по методу Штера (цит. По: Тябера, 1978; Плотников, 1979). Он предполагает использование материалов размещения деревьев на пробной площади. Каждое дерево на плане со-

единяется с его ближайшими соседями прямыми линиями. Каждая линия затем делится на два отрезка, пропорциональных по длине диаметрам деревьев, соединяемых линией. Через точки деления проводятся перпендикуляры к этим прямым, при пересечении которых образуется полигон площади питания конкретного дерева. Следует отметить, что такое определение площадей питания является в известной степени условным, так как корневые системы деревьев в насаждениях взаимно перекрываются (Калинин, 1975). Допуская, что проникновение корней одних деревьев в сферу питания других взаимно компенсируется, можно считать этот метод вполне приемлемым (Нагимов, 2000).

Во время полевых работ ведется картирование месторасположения модельного или учетного дерева относительно ближайших соседних деревьев (не менее пяти штук). При этом определяют расстояния и направления до соседних деревьев и их диаметры.

Таксационные показатели модельных или учетных деревьев и древостоев на пробных площадях определяются в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами, действующими ГОСТами и инструкциями. При оценке одних и тех же показателей могут применяться различные методы. Отметим некоторые из них. Объем ствола в коре и без коры можно определить по сложной формуле Губера. Запас древостоев пробных площадей можно установить по кривой объемов на основе данных перечета деревьев. Средний диаметр древостоев определить на основе данных перечетной ведомости через среднюю площадь сечения древостоя. По графикам высот, построенным по измеренным диаметрам и высотам модельных и учетных деревьев, можно определить среднюю высоту древостоев. Класс бонитета – по бонитеровочной шкале М.М. Орлова (Лесотаксационный справочник, 1980). Относительная полнота – по таблицам стандартных сумм площадей сечений и запасов насаждений для разных пород (Нагимов и др., 2002). Эти методы подробно описываются в разделе «Таксация древостоев» в других учебных пособиях.

Определение запасов надземной фитомассы производят в следующем порядке. Для определения содержания древесины (или коры) отдельной секции дерева строят график зависимости доли древесины (или коры) от высотного положения на стволе. После выравнивания данных (по кривой) определяют процент содержания древесины (или коры) для середины каждой секции. С учетом этого процента масса секции ствола в коре распределяется на массу древесины и коры, суммируя эти показатели, получают общую массу древесины и коры ствола.

Разделение массы ветвей на древесину и кору производится расчетным путем для каждой из частей кроны по весовым показателям навесок ветвей. Все вышеперечисленные расчеты производят для фитомассы в свежесрубленном состоянии. Для определения абсолютно-сухого веса используют показатель влажности (W) органической массы всех частей дерева, который определялся по формуле (Молчанов, Смирнов, 1967):

$$W = \frac{a-b}{b} 100 ,$$

где W – влажность соответствующей части дерева от ее веса в абсолютно сухом состоянии, %;

a – вес навески в свежем состоянии, кг;

b – вес навески в абсолютно-сухом состоянии, кг.

Для определения запасов фитомассы кроны, хвои, древесины и коры стволов в свежесрубленном и абсолютно сухом состоянии соответствующие данные модельных деревьев выравниваются в зависимости от их диаметров. Несмотря на то, что к настоящему времени предложено множество функций для этих целей, выравнивание рекомендуется проводить графическим способом (Смирнов, 1967, 1970; Нагимов, 2000). Этот способ при относительно небольшом экспериментальном материале обеспечивает значительно большую точность. Выравненные кривые представляют собой ветви парабол, направленные вверх, т.е. с ростом диаметров увеличивается вес отдельных фракций. По выравненным данным на основе пересчетов деревьев определяют фитомассу фракций для древостоев в целом. При этом общую фитомассу кроны в сухом состоянии получают как сумму фитомассы хвои и ветвей. Используемый метод модельных деревьев применяют многие исследователи (Яблоков, 1934; Молчанов 1949; Ватковский, 1968; Родин и др., 1968; Слемнев, 1969; Нагимов, 1984; Мельникова, 1993).

Закономерности распределения деревьев по тем или иным таксационным признакам могут изучаться на основе законов нормального, логнормального, обобщенного нормального, экспоненциального (показательного) распределений и распределения Вейбула. Перечисленные распределения при обработке лесоводственной информации применялись многими исследователями (Труль, 1966; Моисеев, 1971; Нагимов, 1984; Луганский, Нагимов, 1994). Выбор распределения, описывающего эмпирическую систему, диктуется характером рассматриваемого явления и стремлением математическими методами выразить физический смысл протекающих изменений в лесных эко-

системах, заменить графический метод выравнивания аналитическим. Для разработки уравнений и их статистической оценки могут использоваться программы «STATGRAPHICS Plus. Version 2.1», «STATISTICA 6.0», «Excel».

Выбор распределений определяется статистическими характеристиками соотношений эмпирических и теоретических значений частот. В качестве основной оценки распределения применяется χ^2 - критерий Пирсона (Громыко, 1999):

$$\chi^2 = \frac{(f-f')^2}{f'}$$

где f – наблюдаемые значения частот;

f' – теоретические значения частот.

Полученные значения χ^2 сравнивают с табличными данными при уровне значимости $\alpha=0,05$, числе степеней свободы df . Если χ^2 факт – вычисленный критерий был меньше или равен χ^2 табл – табличному значению, то расхождение между эмпирическими и теоретическими значениями частот принимается за случайное и выдвинутая гипотеза о близости какого-либо распределения к фактическим данным не опровергается.

Кроме этого, для распределений частот вычисляют основные отклонения, меры крутости E (эксцесс), меры косости A (асимметрия), значения коэффициентов вариации v и точность опыта P .

При исследовании закономерностей роста и формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев широко применяются методы математического анализа и моделирования. Математические модели разрабатывают в русле сформулированных А.А.Ляпуновым (1981) общих положений моделирования экологических систем, которые включают следующие три аспекта:

- 1) достаточно полное эмпирическое изучение объектов и процессов, подлежащих моделированию;
- 2) разработку математической теории и построение моделей, адекватно описывающих изучаемые процессы;
- 3) проверку модели, т.е. сравнение с разными закономерностями или объектами и при необходимости ее улучшения.

Стремление к более полному учету влияния онтогенетических и эколого-ценотических факторов на исследуемые процессы обуславливают применение методов множественной регрессии. Из большого числа методов многомерного анализа предпочтение отдается шаговому регрессионному анализу (Дрейпер, Смит, 1973). При подборе

структуры регрессионных моделей на первом этапе исследовались парные связи зависимой переменной от всех независимых. Причем, связь зависимой переменной от одной из независимых оценивалась на фоне стабилизации всех других переменных.

Следует отметить, что регрессионные уравнения наиболее наглядны и корректны, если они построены на основе линейных связей. Поэтому в большинстве случаев при наличии криволинейных зависимостей они трансформируются в линейные преобразованием системы координат, как правило, логарифмированием. Совместное влияние двух или нескольких независимых переменных передается их комбинациями – синергизмами. Для статистической оценки разрабатываемых уравнений программами «STATGRAPHICS Plus. Version 2.1», «Statistica», «Exel» предусмотрено вычисление общей дисперсии, среднеквадратической, систематической и общей ошибок; множественного коэффициента детерминации и достоверности констант по критерию Стьюдента. Значения t – критерия Стьюдента, помимо подтверждения уровня значимости независимых переменных, дают определенное представление о доле вклада каждой из них в объяснение общего варьирования результирующего признака. Анализ этих статистик позволяет достаточно точно оценить адекватность моделей естественным процессам роста древостоев. Окончательный выбор модели, как правило, осуществляется после сравнения уравнений. Поэтому выбранной модели предшествует разработка большого числа уравнений.

3.2. Оценка методов расчета фитомассы древостоя

Одним из первых методов, применяемых для определения фитомассы на пробных площадях, был метод среднего дерева. В соответствии с ним оценку фитомассы насаждения делают на основании ее измерения у одного или нескольких средних деревьев.

Формула для определения запаса фитомассы по одному учетному дереву

$$M = P \frac{\Sigma G}{g} ,$$

где P – фитомасса учетного дерева, кг;

ΣG – сумма площадей сечения всех деревьев древостоя, m^2 ;

g – площадь сечения учетного дерева, m^2 .

$$g = \frac{\pi d^2}{4} ,$$

где d – диаметр дерева, m .

Если учетных (модельных) деревьев несколько, тогда формула по запасу приобретает вид:

$$M = P \frac{\Sigma G}{\Sigma g},$$

где P – фитомасса учетных деревьев, кг;

Σg – площадь сечения учетных деревьев, m^2 .

Как показали дальнейшие исследования, этот метод дает значительную ошибку, иногда достигающую более 100 %, особенно при оценке фитомассы. При увеличении числа средних моделей до 20, ошибка составляет все еще 35 %. Поэтому от этого метода в последствии рекомендовано было отказаться, хотя значительное число определений подземной фитомассы выполнено по методу среднего дерева.

Наиболее популярные и обоснованные методики исследования фитомассы изложены в работах Л.Е. Родина, Н.П. Ремезова, Н.А. Базилевич (1968), А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (1967).

Выделяют три наиболее распространенных метода оценки фитомассы древостоя: метод среднего дерева, метод отношения площадей сечений модельных деревьев и древостоя, и регрессионный метод. Регрессионный метод подробно описан в 3.1. В настоящее время наиболее универсальным и точным признается метод, при котором отбирают модельные деревья, пропорционально представляющие основное разнообразие деревьев по диаметру и иногда по высоте.

Затем полученные данные выравниваются с помощью регрессионного анализа (Усольцев, 1985., Усольцев, Нагимов, 1988).

Нагимовым, Коростелевым и Шевелиной (2010) описывается графический метод. По данным модельных деревьев для каждой фракции фитомассы строится график, где по оси абсцисс откладываются диаметры, а по оси ординат – значения массы фракции. Полученная ломаная линия выравнивается. С выравненной линии снимаются данные для каждой ступени толщины по среднему значению диаметра. Умножением этих величин на число деревьев в соответствующих ступенях толщины и последующим их суммированием определяются запасы фракции на пробной площади.

Некоторые исследователи (Семечкина, 1978) считают, что наиболее надежным методом определения фитомассы является метод отбора модельных деревьев по ступеням толщины с последующим графическим выравниванием полученных данных в зависимости от диаметра, площади сечения или показателя $d \cdot h$. Целый ряд исследователей (Усольцев, 1985; Уткин и др., 1982) показывает, что увеличение числа моделей свыше 10 при данном методе не приводит к возрастанию

точности. Отмечают также, что при использовании 6 – 13 модельных деревьев, отобранных методом ступенчатого представительства с последующим графическим выравниванием, ошибка определения фитомассы не превышает 6 – 7 %. При отборе по одному среднему дереву от каждой ступени толщины отклонение от контроля (сплошное взвешивание) не превышает 5 %. При отборе 15 модельных деревьев (5 из которых средние для древостоя, 2 – высших рангов и 8 – средние для ступеней толщины) ошибка в оценке фитомассы древостоя не превышает 1 %.

3.3. Зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их таксационных показателей

Количественные и качественные показатели надземной фитомассы деревьев зависят от многих факторов: условий местопроизрастания, возраста, густоты древостоев и т.д. Совокупность этих факторов обуславливает определенные закономерности в формировании различных фракций фитомассы деревьев.

Некоторыми исследователями (Тюрин, 1945, Неволин, 1967, Семечкина, 1978, Нагимов, 1984, Суставова, 2004) изучались парные связи фитомассы стволов, крон и хвои с таксационными показателями стволов и крон и их некоторыми комбинациями. Результаты корреляционного анализа (коэффициенты корреляции и корреляционные отношения) позволяют обозначить наиболее информативные показатели при оценке важнейших фракций надземной фитомассы деревьев. Такими показателями являются для массы стволов их объем и показатель D^2H (произведение квадрата диаметра ствола на его высоту). Причем связи массы стволов с объемом и с показателем D^2H носят линейный характер. Наиболее информативным показателем при оценке фитомассы крон является относительная площадь сечения $G:H$, характеризующая степень угнетенности деревьев. Высокие значения этого показателя присущи деревьям, выросшим в относительно свободном стоянии, а низкие, наоборот, деревьям густых биогрупп. Диаметр и длина кроны характеризуют, прежде всего, весовые показатели кроновой части дерева. Связь между массой крон и этим показателем обычно имеет криволинейный характер. Достаточно тесно фитомасса крон связана с диаметром и длиной крон, а также объемом ствола и показателем D^2H . Все рассматриваемые фракции фитомассы наименее тесно связаны с показателем H_{100} – высотой древостоя в 100 лет и с возрастом деревьев.

Следует отметить, что информативность одних и тех же таксационных показателей при оценке массы стволов и массы крон различна (Нагимов, 2000, Суставова, 2004).

3.4. Многомерная оценка фракций надземной фитомассы деревьев

Обобщенные литературные данные (Усольцев, 1985; Нагимов, 2000 и др.) и анализ собственных материалов свидетельствуют, что оценку надземной фитомассы деревьев целесообразно проводить на основе уравнений множественной регрессии. С лесоводственно-биологических позиций при многомерном анализе будет правильным использование в качестве независимых переменных морфометрических показателей дерева (диаметра и высоты), их возраста и показателя, передающего лесорастительный эффект условий местопроизрастания.

Опираясь на результаты исследователей по этой тематике (Рокицкий, 1973; Кузьмичев, 1977; Усольцев, 1985; Нагимов, 2000) при описании подобных зависимостей хорошо себя зарекомендовала аллометрическая (степенная) функция, которая обеспечивает наилучшие результаты:

$$y = ax^b .$$

Логарифмируя данное уравнение можно привести к более простому линейному виду:

$$\ln y = \ln a + b \ln x .$$

Использование линейных уравнений облегчает анализ зависимостей. Поэтому многомерный анализ проводится после соответствующих операций по приведению зависимостей в прямолинейную форму.

На основе изучения парных связей массы фракций деревьев с указанными параметрами и имеющегося опыта в данной области в качестве базовой модели предлагаем использовать следующую структуру уравнения множественной аллометрии для деревьев (Нагимов, 2000):

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 \ln A + a_4 \ln H_{100} + a_5 \ln D \ln H + a_6 \ln D \ln H_{100} + a_7 \ln D \ln A + a_8 \ln H \ln H_{100} + a_9 \ln H \ln A .$$

В уравнении присутствует показатель условий местопроизрастания H_{100} , который показывает высоту древостоя в 100 лет. На основе

данного уравнения составляются таблицы, которые дают детальное представление о динамике и структуре надземной фитомассы деревьев. Такие таблицы для деревьев сосны в сокращенном виде приводятся в прил. 3 табл. 3.1 – 3.4.

Выявляется, что вес стволов повышается с увеличением их диаметров и высот. Масса кроны у деревьев одинакового возраста и диаметра понижается с увеличением их высоты. Это объясняется тем, что при прочих равных условиях деревья одинаковой толщины в густых древостоях характеризуются большими высотами, чем в редких. С увеличением возраста у деревьев одинаковых размеров масса кроны уменьшается. Эту закономерность можно объяснить возрастным изменением рангового положения дерева. При прочих равных условиях охвоенность крон повышается в связи с уменьшением диаметра и возраста деревьев, и увеличением их высоты.

Отмеченные закономерности обусловлены конкурентными взаимоотношениями между деревьями, а также различными темпами формирования фитомассы разных фракций, вследствие их неодинаковой роли в продукционном процессе.

Аналогичные закономерности по структуре фитомассы отмечаются в работах других исследователей (Семечкина, 1978; Усольцев, 1980; Луганский, Нагимов, 1994; Суставова, 2004; Уварова, 2006).

Заключение

Учебное пособие содержит такие разделы лесной таксации, как измерение таксационных показателей, таксация отдельного дерева и его частей, определение фитомассы отдельного дерева. В пособии приведены теоретические основы таксационных вычислений, примеры расчетов, позволяющие получить необходимое представление о различных способах определения таксационных показателей отдельного дерева.

Приложение 1

Таблица 1.1

Площади поперечных сечений древесных стволов (площади кругов)
в см² по диаметру (Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г., 1952)

Диаметр, см	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7
3	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
4	13	13	14	15	15	16	17	17	18	19
5	20	20	21	22	23	24	25	26	26	27
6	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
7	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49
8	50	52	53	54	55	57	58	59	61	62
9	64	65	66	68	69	70	72	74	75	77
10	78	80	82	83	85	87	88	90	92	93
11	95	97	98	100	102	104	106	108	109	111
12	113	115	117	119	121	123	125	127	129	131
13	133	135	137	139	141	143	145	147	150	152
14	154	156	158	161	163	165	167	170	172	174
15	177	179	182	184	186	189	191	194	196	199
16	201	204	206	209	211	214	216	219	222	224
17	227	230	232	235	238	240	243	246	249	252
18	254	257	260	263	266	269	272	275	278	280
19	284	286	290	292	296	299	302	305	308	311
20	314	317	320	324	327	330	333	336	340	343
21	346	350	353	356	360	363	366	370	373	377
22	380	384	387	391	394	398	401	405	408	412
23	416	419	423	426	430	434	437	441	445	449
24	452	456	460	464	468	471	475	479	483	487
25	491	494	498	502	506	510	514	519	523	527
26	531	535	539	543	547	551	555	560	564	569
27	573	577	581	585	590	594	598	603	607	611
28	616	620	625	629	634	638	642	647	651	656
29	660	665	670	674	679	684	688	693	698	702
30	707	712	716	721	726	731	735	740	745	750
31	755	760	764	769	774	779	784	789	794	799

Окончание табл.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32	804	809	814	809	824	830	835	840	845	850
33	855	860	866	871	876	881	887	892	897	903
34	908	913	919	924	929	935	940	946	951	957
35	962	968	973	979	984	990	995	1001	1008	1012
36	1018	1023	1029	1035	1041	1046	1052	1058	1064	1069
37	1075	1081	1087	1093	1099	1104	1110	1116	1122	1128
38	1134	1140	1146	1152	1158	1164	1170	1176	1182	1186
39	1195	1201	1207	1213	1219	1225	1232	1238	1244	1250
40	1257	1263	1269	1276	1282	1288	1295	1301	1307	1314
41	1320	1327	1333	1340	1346	1353	1359	1366	1372	1379
42	1385	1392	1399	1405	1412	1419	1425	1432	1439	1445
43	1452	1459	1466	1472	1479	1486	1493	1500	1507	1514
44	1520	1527	1534	1541	1548	1555	1562	1569	1576	1583
45	1590	1597	1605	1612	1619	1626	1633	1640	1647	1655

Таблица 1.2

Объемы двухметровых отрезков ствола, м³,
по срединному диаметру (определяются как объемы цилиндров)
(Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г., 1952)

Диаметр, см	Диаметр, мм									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	0,0025	0,0026	0,0028	0,0029	0,0030	0,0032	0,0033	0,0035	0,0036	0,0037
5	0,0039	0,0041	0,0042	0,0044	0,0046	0,0048	0,0049	0,0051	0,0053	0,0055
6	0,0057	0,0058	0,0060	0,0062	0,0064	0,0066	0,0068	0,0071	0,0073	0,0075
7	0,0077	0,0079	0,0081	0,0084	0,0086	0,0088	0,0091	0,0093	0,0096	0,0098
8	0,0100	0,0103	0,0106	0,0108	0,0111	0,0114	0,0116	0,0019	0,0122	0,0124
9	0,0127	0,0130	0,0133	0,0136	0,0139	0,0142	0,0145	0,0148	0,0151	0,0154
10	0,0157	0,0160	0,0163	0,0167	0,0170	0,0173	0,0176	0,0180	0,0183	0,0167
11	0,0190	0,0194	0,0197	0,0201	0,0204	0,0208	0,0211	0,0215	0,0219	0,0222
12	0,0226	0,0230	0,0234	0,0238	0,0242	0,0245	0,0249	0,0253	0,0257	0,0261
13	0,0265	0,0270	0,0274	0,0278	0,0282	0,0286	0,0291	0,0295	0,0299	0,0303
14	0,0308	0,0312	0,0317	0,0321	0,0326	0,0330	0,0335	0,0339	0,0344	0,0349
15	0,0353	0,0358	0,0363	0,0368	0,0373	0,0377	0,0382	0,0387	0,0392	0,0397
16	0,0402	0,0407	0,0412	0,0417	0,0422	0,0428	0,0433	0,0438	0,0443	0,0449
17	0,0454	0,0459	0,0465	0,0470	0,0476	0,0481	0,0487	0,0492	0,0498	0,0503
18	0,0509	0,0515	0,0520	0,0526	0,0532	0,0538	0,0543	0,0549	0,0555	0,0561

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	0,0567	0,0573	0,0579	0,0584	0,0591	0,0597	0,0603	0,0610	0,0616	0,0622
20	0,0628	0,0636	0,0641	0,0647	0,0654	0,0660	0,0667	0,0673	0,0680	0,0686
21	0,0693	0,0699	0,0706	0,0713	0,0719	0,0726	0,0733	0,0740	0,0746	0,0753
22	0,0760	0,0767	0,0774	0,0781	0,0788	0,0795	0,0802	0,0809	0,0817	0,0824
23	0,0831	0,0838	0,0846	0,0853	0,0860	0,0867	0,0875	0,0882	0,0889	0,0897
24	0,0905	0,0912	0,0920	0,0928	0,0935	0,0943	0,0951	0,0958	0,0966	0,0974
25	0,0982	0,0990	0,0998	0,1005	0,1013	0,1021	0,1029	0,1037	0,1046	0,1054
26	0,1062	0,1070	0,1078	0,1086	0,1095	0,1103	0,1111	0,1120	0,1128	0,1137
27	0,1145	0,1154	0,1162	0,1171	0,1179	0,1188	0,1197	0,1206	0,1214	0,1223
28	0,1231	0,1240	0,1248	0,1258	0,1267	0,1276	0,1285	0,1294	0,1303	0,1312
29	0,1321	0,1330	0,1339	0,1348	0,1356	0,1367	0,1376	0,1386	0,1395	0,1404
30	0,1414	0,1423	0,1433	0,1442	0,1452	0,1461	0,1471	0,1480	0,1490	0,1500
31	0,1510	0,1519	0,1529	0,1540	0,1549	0,1559	0,1569	0,1578	0,1586	0,1598

Таблица 1.3

Объемы вершин стволов
(Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г., 1952)

Диаметр основания вершины, см	Объем (десятичные доли м ³) при длине вершины, м										
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
2	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2,5	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
3	2	3	3	4	5	5	5	6	6	7	7
3,5	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10
4	4	5	6	6	8	8	9	10	11	12	13
4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16
4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16
5	7	8	9	10	12	13	14	16	17	18	20
5,5	8	9	11	13	14	16	17	19	21	22	24
6	9	11	13	15	17	19	21	23	24	26	28
6,5	11	13	15	18	20	22	24	27	29	31	33
7	13	15	18	20	23	26	28	31	33	36	39
7,5	15	18	21	24	26	29	32	35	38	42	44
8	17	20	23	27	30	33	37	40	44	47	50
8,5	19	23	26	30	34	38	42	45	49	53	57
9	21	25	30	34	38	42	47	51	55	59	64
9,5	24	28	33	38	42	47	52	57	61	66	71
10	26	31	37	42	47	52	58	53	68	73	78

Окончание табл. 1.3

Диаметр основания вершины, см	Объем (десятичные доли, м ³) при длине вершины, м									
	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
2	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
2,5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8
3	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11
3,5	10	11	11	12	13	14	14	15	15	16
4	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21
4,5	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27
5	21	22	24	25	26	27	29	30	31	33
5,5	25	27	28	30	32	33	35	36	38	40
6	30	32	34	36	38	39	42	43	45	47
6,5	35	38	40	42	44	46	49	51	53	55
7	41	44	46	49	51	54	57	59	62	64
7,5	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74
8,5	61	64	68	72	76	79	83	88	91	95
9	68	72	76	81	85	89	93	98	102	106
9,5	76	80	85	90	94	99	104	109	113	118
10	84	89	94	100	105	110	115	121	125	131

Объемы стволов в коре древесных пород по ступеням толщины и разрядам высот при среднем коэффициенте формы

Таблица 1.4

Высоты (h) и объемы (V) стволов в коре для древостоев сосны Свердловской области (Соколов С.В., Лысов Л.А., 1999)

Ступени толщи- ны, см	Высоты (м) и объемы стволов, м ³ , по разрядам высот															
	II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V	h	V
8	14,83	0,037	13,35	0,034	12,02	0,031	10,77	0,030	9,69	0,027	8,72	0,025	7,85	0,023	7,07	0,022
12	19,79	0,103	17,81	0,095	16,02	0,088	14,40	0,081	12,96	0,075	11,66	0,069	10,50	0,064	9,45	0,059
16	23,07	0,208	20,76	0,191	18,68	0,176	16,81	0,162	15,13	0,149	13,62	0,138	12,25	0,127	11,03	0,118
20	25,43	0,352	22,89	0,323	20,60	0,297	18,55	0,273	16,70	0,252	15,03	0,232	13,52	0,214	12,17	0,198
24	27,23	0,536	24,51	0,492	22,06	0,452	19,86	0,415	17,87	0,382	16,09	0,352	14,48	0,325	13,03	0,300
28	28,63	0,761	25,77	0,697	23,19	0,640	20,88	0,588	18,79	0,541	16,91	0,498	15,22	0,459	13,70	0,424
32	29,73	1,026	26,76	0,940	24,08	0,862	21,68	0,792	19,51	0,728	17,56	0,670	15,81	0,618	-	-
36	30,61	1,330	27,55	1,218	24,80	1,117	22,33	1,026	20,10	0,943	18,09	0,868	-	-	-	-
40	31,32	1,674	28,19	1,533	25,37	1,405	22,84	1,290	20,56	1,185	18,50	1,090	-	-	-	-
44	31,89	2,056	28,70	1,883	25,83	1,726	23,25	1,583	20,93	1,455	18,83	1,338	-	-	-	-
48	32,33	2,476	29,10	2,267	26,19	2,077	23,57	1,906	21,21	1,750	-	-	-	-	-	-
52	32,69	2,933	29,42	2,685	26,48	2,460	23,82	2,257	21,44	2,071	-	-	-	-	-	-
56	32,94	3,424	29,65	3,134	26,69	2,871	24,01	2,634	21,61	2,418	-	-	-	-	-	-
60	33,14	3,950	29,83	3,616	26,85	2,871	24,14	3,040	21,73	2,788	-	-	-	-	-	-
64	33,27	4,510	29,94	4,127	26,95	3,781	24,23	3,923	-	-	-	-	-	-	-	-
68	33,34	5,100	30,01	4,668	27,01	4,276	24,28	3,923	-	-	-	-	-	-	-	-
72	33,36	5,721	30,02	5,235	27,01	4,794	24,29	4,398	-	-	-	-	-	-	-	-
76	33,37	6,376	30,03	5,833	27,01	5,341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	33,37	7,065	30,03	6,464	27,01	5,918	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
84	33,37	7,789	30,03	7,126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 1.5

Высоты (H) и объемы (V) стволов в коре для древостоев ели Пермской области (Соколов С.В., Лысов Л.А., 1999)

*составлена Горским П.В.

Ступени толщины, см	Высоты (м) и объемы, м ³ , стволов по разрядам высот							
	III		IV		V		VI	
	h	V	H	V	h	V	h	V
8	12,0	-	11,0	0,034	10,0	0,029	8,7	0,026
12	16,0	0,099	14,5	0,091	13,5	0,087	12,0	0,078
16	18,6	0,192	17,2	0,178	15,7	0,167	14,2	0,150
20	21,1	0,338	20,2	0,312	18,6	0,290	16,9	0,261
24	24,0	0,521	22,1	0,476	20,5	0,444	18,6	0,397
28	25,6	0,741	23,6	0,677	21,9	0,629	19,9	0,557
32	26,7	0,992	24,6	0,906	23,0	0,845	20,9	0,746
36	27,6	1,280	25,5	1,170	23,8	1,090	21,6	0,957
40	28,4	1,610	26,1	1,470	24,4	1,360	22,2	1,190
44	28,9	1,970	26,7	1,790	24,9	1,660	22,7	1,460

Таблица 1.6

Высоты (H) и объемы (V) стволов в коре для древостоев осины (Соколов С.В., Лысов Л.А., 1999)

*составлена Анучиным Н.П.

Диаметр ствола на высоте груди, см	Высоты (м) и объемы, м ³ , стволов по разрядам высот									
	Ia		I		II		III		IV	
	h	V	h	V	h	V	h	V	H	V
12	20	0,10	18	0,09	17	0,09	15	0,07	13	0,06
16	24	0,22	21	0,19	19	0,18	17	0,16	15	0,14
20	26	0,38	24	0,35	22	0,31	19	0,28	17	0,25
24	27	0,57	25	0,53	23	0,48	21	0,45	19	0,41
28	29	0,83	26	0,75	24	0,69	22	0,64	20	0,58
32	30	1,13	28	1,05	26	0,98	23	0,86	21	0,80
36	31	1,48	29	1,39	27	1,29	24	1,16	22	1,06
40	32	1,89	29	1,71	27	1,60	25	1,49	22	1,32
44	33	2,36	30	2,15	28	2,01	25	1,89	-	-

Таблица 1.7

Высоты (H) и объемы (V) стволов в коре
для древостоев березы Среднего Урала

Диаметр ствола на высоте груди, см	Высота (м) и объем стволов, м ³ , по разрядам высот					
	II	III	IV	V	VI	VII
8	14,7/0,0374	13,8/0,0345	12,8/0,0315	11,8/0,0286	10,3/0,0256	9,9/0,0233
12	18,8/0,1038	17,3/0,0933	16,1/0,0854	14,7/0,0785	13,3/0,0678	12,3/0,0603
16	22,3/0,2130	20,1/0,1880	19,0/0,1470	17,1/0,1540	15,4/0,1360	14,1/0,1200
20	24,3/0,3570	22,3/0,3220	20,6/0,2900	18,8/0,2610	16,7/0,2250	15,0/0,1970
24	25,7/0,5410	23,7/0,4910	21,8/0,4380	19,9/0,3930	17,6/0,3380	15,7/0,2940
28	26,7/0,7620	24,7/0,6960	22,6/0,6160	20,7/0,5530	18,2/0,4710	16,1/0,4070
32	27,4/1,0180	25,5/0,9350	23,2/0,8220	21,3/0,7390	18,7/0,6270	-
36	28,0/1,3120	26,0/1,2050	23,7/1,0610	21,8/0,9530	19,1/0,8070	-
40	28,4/1,6390	26,5/1,5160	24,1/1,3290	22,2/1,1930	-	-
44	28,8/2,0060	26,9/1,8570	24,4/1,6230	-	-	-

Таблица 1.8

Объемы сортиментов круглого леса длиной до 1м по диаметру
в верхнем отрезе (по ГОСТ 2708-75)

Объем, м ³ , при длине, м					
Диаметр, см	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
6	0,0013	0,0018	0,0023	0,0028	0,0033
7	0,0019	0,0024	0,0029	0,0034	0,0039
8	0,0025	0,0030	0,0035	0,0041	0,0047
9	0,0032	0,0039	0,0046	0,0053	0,0060
10	0,0039	0,0047	0,0055	0,0064	0,0073
11	0,0047	0,0057	0,0066	0,0076	0,0086
12	0,0057	0,0068	0,0079	0,0100	0,0110
13	0,0066	0,0080	0,0100	0,0110	0,0130
14	0,0077	0,0100	0,0110	0,0130	0,0150
15	0,0088	0,0110	0,0130	0,0150	0,0170

Таблица 1.9

Объем сортиментов круглого леса длиной 1 м и более по диаметрам в верхнем отрезе
(по ГОСТ 2708-75)

Объем, м ³ , при длине, м												
Диаметр, см	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	-	-	0,0032	0,0044	0,0053	0,0067	0,0082	0,010	0,012	0,014	0,016
1,5	-	-	-	0,0052	0,0070	0,0081	0,0100	0,0120	0,016	0,019	0,022	0,025
2	-	0,0037	0,0053	0,0073	0,0100	0,0110	0,0140	0,0170	0,022	0,026	0,030	0,035
2,5	-	0,0051	0,0071	0,0093	0,0120	0,0140	0,0180	0,0220	0,027	0,031	0,036	0,043
2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,0045	0,0065	0,0088	0,0120	0,0150	0,0170	0,0210	0,0260	0,032	0,038	0,045	0,052
3,5	0,0057	0,0079	0,0110	0,0140	0,0180	0,0210	0,0260	0,0310	0,037	0,046	0,053	0,061
4	0,0067	0,0093	0,0130	0,0170	0,0210	0,0260	0,0320	0,0370	0,045	0,053	0,062	0,073
4,5	0,0078	0,0110	0,0150	0,0190	0,0250	0,0310	0,0370	0,0440	0,053	0,063	0,074	0,084
5	0,0092	0,0130	0,0180	0,0220	0,0280	0,0350	0,0430	0,0510	0,062	0,073	0,085	0,097
5,5	0,0100	0,0140	0,0200	0,0250	0,0320	0,0400	0,0490	0,0580	0,070	0,083	0,097	0,110
6	0,0120	0,0160	0,0230	0,0280	0,0360	0,0450	0,0550	0,0650	0,080	0,093	0,108	0,123
6,5	0,0130	0,0180	0,0250	0,0310	0,0400	0,0510	0,0610	0,0750	0,090	0,103	0,120	0,135
7	0,0150	0,0200	0,0290	0,0370	0,0450	0,0570	0,0690	0,0820	0,098	0,114	0,132	0,150
7,5	0,0170	0,0230	0,0320	0,0420	0,0510	0,0640	0,0760	0,0900	0,108	0,125	0,144	0,164
8	0,0180	0,0260	0,0360	0,0470	0,0580	0,0710	0,0840	0,100	0,120	0,138	0,158	0,179
8,5	0,0190	0,0280	0,0390	0,0510	0,0640	0,0780	0,0920	0,110	0,130	0,150	0,173	0,195
9	0,0210	0,0310	0,0430	0,0560	0,0700	0,0840	0,100	0,122	0,140	0,166	0,190	0,210
9,5	0,0220	0,0330	0,0460	0,0620	0,0770	0,0940	0,112	0,135	0,157	0,180	0,200	0,230

Окончание табл. 1.9

Диаметр, см	Объем, м ³ , при длине, м													
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
1	0,021	0,027	0,033	0,04	0,048	0,057	0,067	0,077	0,087	0,1	0,11	0,12	0,14	0,15
1,5	0,033	0,041	0,051	0,062	0,075	0,089	0,104	0,119	0,135	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
2	0,044	0,056	0,069	0,084	0,103	0,123	0,144	0,165	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31
2,5	0,056	0,071	0,087	0,107	0,13	0,154	0,18	0,2	0,23	0,26	0,29	0,32	0,36	0,39
2,7	-	-	-	-	0,14	0,166	0,194	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,42
3	0,069	0,089	0,107	0,13	0,157	0,185	0,22	0,25	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48
3,5	0,082	0,103	0,126	0,154	0,184	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,42	0,46	0,5	0,56
4	0,095	0,12	0,147	0,178	0,21	0,25	0,29	0,33	0,38	0,43	0,48	0,53	0,58	0,64
4,5	0,1	0,138	0,17	0,2	0,24	0,28	0,33	0,38	0,43	0,49	0,54	0,6	0,66	0,73
5	0,124	0,156	0,19	0,23	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,6	0,67	0,74	0,81
5,5	0,14	0,175	0,21	0,25	0,3	0,35	0,41	0,47	0,53	0,6	0,67	0,74	0,82	0,9
6	0,155	0,194	0,23	0,28	0,33	0,39	0,45	0,52	0,59	0,66	0,74	0,82	0,9	1
6,5	0,172	0,21	0,26	0,31	0,36	0,43	0,49	0,56	0,64	0,72	0,8	0,9	0,99	1,08
7	0,189	0,23	0,28	0,34	0,4	0,46	0,53	0,61	0,7	0,78	0,88	0,97	1,07	1,18
7,5	0,2	0,25	0,3	0,37	0,43	0,5	0,58	0,66	0,76	0,85	0,95	1,05	1,16	1,28
8	0,22	0,28	0,33	0,4	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,92	1,02	1,13	1,25	1,38
8,5	0,24	0,3	0,36	0,43	0,5	0,58	0,67	0,78	0,88	0,98	1,1	1,22	1,35	1,48
9	0,26	0,32	0,39	0,46	0,55	0,63	0,72	0,83	0,94	1,06	1,18	1,3	1,44	1,58
9,5	0,28	0,35	0,42	0,5	0,58	0,67	0,78	0,89	1	1,13	1,26	1,4	1,54	1,7

Таблица 1.10

Распределение по разрядам хлыстов сосны в зависимости от их диаметра и длины (ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам						
	Ia	I	II	III	IV	V	Va
8	12,0...10,1	10,0...8,6	8,5...7,1	7,0...6,6	6,5...4,6	4,5...3,6	3,5...2,0
10	14,0...12,1	12,0...10,6	10,5...9,1	9,0...8,1	8,0...6,1	6,0...4,6	4,5...4,0
12	17,0...14,1	14,0...11,1	11,0...10,1	10,0...9,1	9,0...7,6	7,5...6,1	6,0...4,0
14	19,0...16,1	16,0...14,6	14,5...13,1	13,0...10,1	10,0...9,1	9,0...7,1	7,0...5,0
16	21,0...18,6	18,5...16,1	16,0...14,1	14,0...12,6	12,5...10,6	10,5...8,1	8,0...6,0
18	22,0...19,6	19,5...17,1	17,0...15,6	15,5...14,1	14,0...11,6	11,5...9,1	9,0...7,0
20	24,0...21,6	21,5...19,1	19,0...17,1	17,0...15,1	15,0...12,6	12,5...9,6	9,5...7,0
24	26,0...23,6	23,5...21,1	21,0...19,1	19,0...17,1	17,0...14,1	14,0...10,6	10,5...7,0
28	28,0...25,6	25,5...23,1	23,0...20,6	20,5...18,1	18,0...15,1	15,0...11,6	11,5...8,0
32	29,0...26,6	26,5...24,1	24,0...21,6	21,5...19,1	19,0...16,1	16,0...12,6	12,5...9,0
36	30,0...27,6	27,5...25,1	25,0...22,6	22,5...19,6	19,5...16,6	16,5...13,0	-
40	31,0...28,6	28,5...25,6	25,5...23,1	23,0...20,6	20,5...17,6	17,5...14,0	-
44	31,0...28,6	28,5...26,1	26,0...23,6	23,5...20,6	20,5...17,6	17,5...14,0	-
48	32,0...29,6	29,5...26,6	26,5...23,6	23,5...21,1	21,0...18,0	-	-
52	32,0...29,6	29,5...26,6	26,5...23,6	23,5...21,1	21,0...18,0	-	-
56	32,0...29,6	29,5...26,6	26,5...24,1	24,0...21,6	21,5...19,0	-	-
60	32,0...29,6	29,5...26,6	26,5...24,1	24,0...21,6	21,5...19,0	-	-
64	33,0...30,1	30,0...27,1	27,0...24,1	24,0...22,0	-	-	-
68	34,0...30,6	30,5...27,6	27,5...24,6	24,5...22,0	-	-	-
72	34,0...30,6	30,5...27,6	27,5...24,6	24,5...22,0	-	-	-
76	34,0...30,6	30,5...27,6	27,5...25,0	-	-	-	-
80	34,0...30,6	30,5...27,6	27,5...25,0	-	-	-	-

Таблица 1.11

Распределение по разрядам хлыстов ели в зависимости от их диаметра и длины (ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам					
	Ia	I	II	III	IV	V
8	9,0...7,6	7,5...6,1	6,0...4,6	4,5...3,6	3,5...2,6	2,5...2,0
10	11,0...9,6	9,5...8,6	8,5...7,7	7,5...6,1	6,0...4,6	4,5...3,0
12	14,0...12,1	12,0...10,6	10,5...9,6	9,5...8,1	8,0...6,6	6,5...5,0
14	16,0...14,1	14,0...13,1	13,0...11,1	11,0...9,6	9,5...8,6	8,5...7,0
16	18,0...16,1	16,0...14,6	14,5...13,1	13,0...11,1	11,0...9,6	9,5...8,0
18	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,6	14,5...13,1	13,0...11,1	11,0...9,0
20	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,1	14,0...12,1	12,0...10,0
24	24,0...22,1	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,1	14,0...12,0
28	27,0...25,1	25,0...22,6	22,5...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,0
32	28,0...26,1	26,0...24,1	24,0...22,1	22,0...19,6	19,5...17,1	17,0...15,0
36	30,0...28,1	28,0...25,6	25,5...23,1	23,0...21,1	21,0...17,6	17,5...15,0
40	31,0...29,1	29,0...26,6	26,5...24,1	24,0...22,1	22,0...18,6	18,5...16,0
44	32,0...30,1	30,0...27,6	27,5...25,1	25,0...22,6	22,5...19,0	-
48	32,0...30,1	30,0...28,1	28,0...26,1	26,0...23,6	23,5...20,0	-
52	33,0...31,1	31,0...29,1	29,0...26,6	26,5...24,1	24,0...21,0	-
56	33,0...31,1	31,0...29,1	29,0...27,1	27,0...25,0	-	-
60	34,0...32,1	32,0...29,6	29,5...27,1	27,0...25,0	-	-
64	34,0...32,1	32,0...30,1	30,0...28,0	-	-	-
68	34,0...32,1	32,0...30,1	30,0...28,0	-	-	-
72	34,0...32,1	32,0...30,0	-	-	-	-
76	34,0...32,1	32,0...30,0	-	-	-	-

Таблица 1.12

Распределение по разрядам хлыстов пихты в зависимости от их диаметра и длины (ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам				
	I	II	III	IV	V
8	8,0...6,6	6,5...5,6	5,5...4,6	4,5...3,6	3,5...2,0
10	9,0...7,6	7,5...6,6	6,5...5,6	5,5...4,6	4,5...3,0
12	12,0...10,6	10,5...9,6	9,5...8,6	8,5...7,6	7,5...6,0
14	13,0...11,6	11,5...10,6	10,5...9,6	9,5...8,6	8,5...7,0
16	15,0...13,6	13,5...12,6	12,5...11,6	11,5...10,1	10,0...8,0
18	16,0...14,6	14,5...13,6	13,5...12,6	12,5...11,1	11,0...9,0
20	17,0...15,6	15,5...14,6	14,5...13,6	13,5...12,1	12,0...10,0
24	19,0...17,6	17,5...16,6	16,5...15,6	15,5...14,1	14,0...12,0
28	21,0...19,6	19,5...18,6	18,5...17,1	17,0...15,6	15,5...14,0
32	23,0...21,6	21,5...20,1	20,0...18,6	18,5...17,1	17,0...15,0
36	25,0...23,1	23,0...21,6	21,5...20,1	20,0...18,1	18,0...16,0
40	27,0...25,1	25,0...23,1	23,0...21,1	21,0...19,1	19,0...17,0
44	28,0...26,1	26,0...24,1	24,0...21,6	21,5...19,1	19,0...17,0
48	29,9...27,1	27,0...24,6	24,5...22,1	22,0...20,1	20,0...18,0
52	30,0...28,1	28,0...25,6	25,5...22,6	22,5...20,1	20,0...18,0
56	31,0...28,1	28,0...25,6	25,5...22,6	22,5...21,0	-
60	32,0...28,6	28,5...25,6	25,5...23,0	-	-

Таблица 1.13

Распределение по разрядам хлыстов березы в зависимости от их диаметра и длины
(ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам					V
	Ia	I	II	III	IV	
10	14,0...12,6	12,5...11,1	11,0...9,5	9,5...8,6	8,5...7,6	7,5...6,0
12	15,0...13,6	13,5...12,1	12,0...10,6	10,5...9,1	9,0...7,6	7,5...6,0
14	16,0...14,6	14,5...13,1	13,0...11,6	11,5...10,6	10,5...9,6	9,5...8,0
16	17,0...15,6	15,5...14,6	14,5...13,1	13,0...11,1	11,0...9,6	9,5...8,0
18	18,0...16,6	16,5...15,6	15,5...14,1	14,0...12,1	12,0...10,6	10,5...9,0
20	20,0...18,1	18,0...16,6	16,5...15,1	15,0...13,6	13,5...12,1	12,0...10,0
24	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,1	14,0...12,1	12,0...10,0
28	23,0...21,1	21,0...19,1	19,0...17,1	17,0...15,1	15,0...12,6	12,5...10,0
32	25,0...22,6	22,5...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,0	-
36	26,0...23,6	23,5...21,1	21,0...19,1	19,0...17,1	17,0...15,0	-
40	27,0...24,6	24,5...22,1	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,0	-
44	28,0...25,6	25,5...23,1	23,0...21,1	21,0...19,1	19,0...17,0	-
48	29,0...26,6	26,5...24,1	24,0...22,1	22,0...20,0	-	-
52	30,0...27,6	27,5...25,1	25,0...23,1	23,0...21,0	-	-
56	30,0...28,1	28,0...26,0	-	-	-	-

Таблица 1.14

Распределение по разрядам хлыстов осины
в зависимости от их диаметра и длины (ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам				
	I	II	III	IV	V
10	15,0...13,1	13,0...11,6	11,5...10,1	10,0...8,6	8,5...7,0
12	17,0...15,1	15,0...13,6	13,5...12,1	12,0...10,1	10,0...8,0
14	18,0...16,1	16,0...14,6	14,5...13,1	13,0...11,1	11,0...9,0
16	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,1	14,0...12,1	12,0...10,0
18	21,0...19,1	19,0...17,1	17,0...15,1	15,0...13,1	13,0...11,0
20	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,1	14,0...12,0
24	24,0...22,1	22,0...20,1	20,0...18,1	18,0...16,1	16,0...14,0
28	25,0...23,1	23,0...21,1	21,0...19,1	19,0...17,1	17,0...15,0
32	27,0...25,1	25,0...23,1	23,0...20,6	20,5...18,1	18,0...16,0
36	28,0...26,1	26,0...24,1	24,0...21,6	21,5...19,1	19,0...17,0
40	29,0...26,6	26,5...24,1	24,0...22,1	22,0...19,6	19,5...17,0
44	30,0...27,6	27,5...25,1	25,0...22,6	22,5...22,0	-
48	31,0...28,6	28,5...26,1	26,0...23,1	23,0...20,0	-
52	31,0...28,6	28,5...26,1	26,0...23,1	23,0...20,0	-
56	31,0...28,6	28,5...26,0	-	-	-

Таблица 1.15

Распределение по разрядам хлыстов липы
в зависимости от их диаметра и длины (ГОСТ Р 57737-2017)

Диаметр хлыстов на расстоянии 1,3 м от комля, см	Длина хлыстов, м, по разрядам			
	I	II	III	IV
8	8,0...6,6	6,5...5,6	5,5...4,6	4,5...4,0
12	11,0...9,6	9,5...8,6	8,5...7,6	7,5...7,0
16	15,0...13,6	13,5...12,6	12,5...11,6	11,5...10,0
20	17,0...15,6	15,5...14,6	14,5...13,6	13,5...12,0
24	19,0...17,6	17,5...16,1	16,0...14,6	14,5...13,0
28	21,0...19,1	19,0...17,6	17,5...16,1	16,0...14,0
32	22,0...20,6	20,5...19,1	19,0...17,1	17,0...15,0
36	23,0...21,6	21,5...20,1	20,0...18,1	18,0...16,0
40	25,0...23,1	23,0...21,1	21,0...18,6	18,5...16,0
44	26,0...23,6	23,5...21,1	21,0...19,1	19,0...17,0
48	26,0...24,1	24,0...22,1	22,0...19,6	19,5...17,0
52	27,0...25,1	25,0...22,6	22,5...20,1	20,0...18,0
56	28,0...25,6	25,5...22,6	22,5...20,1	20,0...18,0
60	28,0...26,1	26,0...23,6	23,5...20,6	20,5...18,0
64	28,0...26,1	26,0...23,6	23,5...20,6	20,5...18,0
68	29,0...26,6	26,5...23,6	23,5...23,0	-
72	29,0...26,6	26,5...23,6	23,5...23,0	-
76	30,0...27,1	27,0...24,0	-	-
80	31,0...27,6	27,5...24,0	-	-

Приложение 2

Пример расчетной работы «Таксация отдельного дерева»

Характеристика дерева:

порода - сосна, возраст – 117 лет,

высота – 25,9 м, диаметр – 27,9 см,

прирост по высоте за последние 10 лет – 1,4 м,

протяженность кроны от длины ствола – 45%,

рост – умеренный.

Таблица 2.1

Определение объема ствола по сложной формуле срединного сечения

№ секции	Высота от пня, м	Диаметр, см			Объем секции, м ³		
		в коре	без кору	без коры 10 лет назад	в коре	без коры	без коры 10 лет назад
	Шейка	41,5	-	-			
	Пень	40,2	38,2	36,8			
	Высота груди	27,9	26,9	25,7			
1	1	28,2	27,2	26,0	0,1248	0,1162	0,1062
2	3	27,2	25,9	24,8	0,1162	0,1054	0,0966
3	5	25,8	24,8	23,8	0,1046	0,0966	0,0889
4	7	23,7	22,9	21,9	0,0882	0,0824	0,0753
5	9	22,4	21,8	20,8	0,0788	0,0746	0,0680
6	11	21,1	20,0	19,0	0,0699	0,0628	0,0567
7	13	19,2	18,5	17,6	0,0579	0,0538	0,0487
8	15	17,2	16,7	15,7	0,0465	0,0438	0,0387
9	17	14,9	14,4	12,6	0,0349	0,0326	0,0249
10	19	12,5	11,9	11,0	0,0245	0,0222	0,0190
11	21	8,6	8,3	6,5	0,0116	0,0108	0,0066
12	23	5,8	5,5	4,0	0,0053	0,0048	0,0025
Вершинка	24	4,7	4,5	-	0,0011	0,0010	-
Итого	-	-	-	-	0,7643	0,7070	0,6321

Таблица 2.2

Распределение объема ствола по сортиментам

Сортименты и др. части ствола	Длина, м	Диаметр без коры, см		Объем, вычисленный разными способами, м ³			Ошибка объемов по сравнению с 1-м способом, %		Объем частей ствола, %
		в верхнем отрезе	на середине сортимента	по секциям (1)	по срединному диаметру (2)	по ГОСТ 2708-75 (3)	по срединному диаметру	по ГОСТ 2708-75	
Итого: деловой без коры									
Дрова (в коре)									
Ликвид									
Отходы (кора деловой древеси- ны, вер- шинка)									

Приложение 3

Таблицы для определения надземной
 фитомассы деревьев сосны
 (Нормативно справочные материалы по таксации лесов Урала, 2002)

Таблица 3.1

Фитомасса крон в свежесрубленном состоянии по ступеням диаметра
 стволов и возраста крон в сосняках различных классов бонитета
 (количество килограммов на одно дерево)

Диаметр стволов, см	Возраст крон, лет									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I класс бонитета										
4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0					
6	3,9	3,5	3,5	3,1	2,9	2,8	2,7			
8	7,9	7,2	6,7	6,3	6,0	5,7	5,5	5,3		
10	13,8	12,6	11,7	11,0	10,5	10,0	9,6	9,3		
12	21,7	19,8	18,4	17,3	16,5	15,8	15,2	14,7	14,2	
14		29,0	27,0	25,4	24,2	23,1	22,3	21,5	20,8	
16		40,5	37,6	35,5	33,7	32,3	31,0	30,0	29,1	
18			50,5	47,5	45,2	43,3	41,6	40,2	39,0	
20			65,6	61,8	58,7	56,2	54,1	52,3	50,7	49,2
22				78,3	74,5	71,3	68,6	66,3	64,2	62,4
92,5						88,5	85,2	82,7	79,8	77,5
26					112,9	108,1	104,0	100,4	97,4	94,6
28					135,8	130,0	125,0	120,8	117,1	113,8
II класс бонитета										
4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0					
6	3,7	3,4	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6			
8	7,6	6,9	6,4	6,0	5,7	5,5	5,3	5,1		
10	13,2	12,0	11,1	10,5	10,0	9,5	9,2	8,9		
12	20,7	18,9	17,5	16,5	15,7	15,0	14,5	14,0	13,5	
14		27,7	25,7	24,2	23,0	22,1	21,2	20,5	19,9	
16		38,6	35,9	33,8	32,1	30,8	29,6	28,6	27,7	
18			48,1	45,3	43,1	41,2	39,7	38,3	37,1	36,1
20				58,9	56,0	53,6	51,6	49,8	48,3	46,9
22				74,7	71,0	68,0	65,4	63,2	61,2	59,5
24					88,2	84,4	81,2	78,4	76,0	73,9
26					107,6	103,0	99,1	95,7	92,8	90,2

Окончание табл.3.1

III класс бонитета										
2	0,2	0,2	0,2							
4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0					
6	3,5	3,2	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4			
8	7,1	6,5	6,0	5,7	5,4	5,2	5,0	4,8		
10	12,4	11,3	10,5	9,9	9,4	9,0	8,7	8,4		
12		17,8	16,6	15,6	14,8	14,2	13,7	13,2	12,8	
14		26,1	24,3	22,9	21,8	20,8	20,0	19,4	18,8	
16			33,9	31,9	30,4	29,1	28,0	27,0	26,2	25,4
18			45,4	42,8	40,7	39,0	37,5	36,2	35,1	34,1
20			59,1	55,6	52,9	50,6	48,7	47,1	45,6	44,3
22				70,5	67,1	64,2	61,8	59,7	57,8	56,2
IV класс бонитета										
2	0,2	0,2	0,2	0,2						
4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8				
6	3,2	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2			
8	6,6	6,0	5,6	5,3	5,0	4,8	4,6	4,5		
10		10,5	9,8	9,2	8,8	8,4	8,1	7,8	7,5	
12		16,6	15,4	14,5	13,8	13,2	12,7	12,3	11,9	
14		24,3	22,6	21,3	20,2	19,4	18,6	18,0	17,4	
16			31,5	29,7	28,2	27,0	26,0	25,1	24,3	23,6
18			42,2	39,8	37,8	36,2	34,8	33,6	32,6	31,7
V класс бонитета										
2	0,2	0,2	0,2	0,2						
4	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8				
6	3,0	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1			
8		5,5	5,1	4,8	4,6	4,4	4,2	4,1	4,0	
10		9,6	9,0	8,4	8,0	7,7	7,4	7,1	6,9	
12			14,1	13,3	12,6	12,1	11,6	11,2	10,9	10,6
14			20,7	19,5	18,6	17,8	17,1	16,5	16,0	15,5

Таблица 3.2

Фитомасса хвои в свежесрубленном состоянии по ступеням диаметра стволов и возраста крон в сосняках различных классов бонитета (количество кг на одно дерево)

Диаметр стволов, см	Возраст крон, лет									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I класс бонитета										
4	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4					
6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0			
8	4,3	3,5	3,1	2,7	2,5	2,3	2,1	2,0		
10	7,4	6,1	5,3	4,7	4,3	3,9	3,6	3,4		
12	11,	9,6	8,3	7,4	6,7	6,2	5,7	5,3	5,0	
14		14,1	12,2	10,8	9,8	9,0	8,4	7,8	7,3	
16		19,6	17,0	15,1	13,7	12,5	11,6	10,9	10,2	
18			22,7	20,2	18,3	16,8	15,5	14,5	13,7	
20			29,4	26,1	23,7	21,7	20,2	18,8	17,7	16,
22				33,1	30,0	27,5	25,5	23,8	22,4	21,
24				41,0	37,1	34,1	31,6	29,5	27,8	26,
26					45,2	41,5	38,5	36,0	33,8	32,
28					54,3	49,8	46,2	43,2	40,6	38,
II класс бонитета										
4	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4					
6	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0			
8	4,1	3,4	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0	1,9		
10	7,2	6,0	5,2	4,6	4,2	3,8	3,6	3,3		
12	11,3	9,4	8,1	7,2	6,5	6,0	5,6	5,2	4,9	
14		13,7	11,9	10,6	9,6	8,8	8,1	7,6	7,2	
16		19,1	16,5	14,7	13,3	12,2	11,3	10,6	9,9	
18			22,1	19,6	17,8	16,3	15,1	14,1	13,3	12,6
20				25,5	23,1	21,2	19,6	18,3	17,3	16,3
22				32,2	29,2	26,8	24,8	23,2	21,8	20,6
24					36,2	33,2	30,8	28,8	27,0	25,6
26					44,1	40,4	37,5	35,0	33,0	31,2
III класс бонитета										
2	0,1	0,1	0,1							
4	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4					
6	2,0	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0			
8	4,0	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1	2,0	1,9		
10	7,0	5,8	5,0	4,5	4,0	3,7	3,4	3,2		

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12		9,1	7,9	7,0	6,3	5,8	5,4	5,0	4,7	
14		13,3	11,5	10,2	9,3	8,5	7,9	7,4	6,9	
16			16,0	14,2	12,9	11,8	11,0	10,2	9,6	9,1
18			21,4	19,0	17,2	15,8	14,7	13,7	12,9	12,2
20			27,7	24,7	22,3	20,5	19,0	17,8	16,7	15,8
22				31,2	28,3	25,9	24,1	22,5	21,1	20,0
IV класс бонитета										
2	0,1	0,1	0,1	0,1						
4	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4				
6	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9			
8	3,9	3,2	2,8	2,5	2,2	2,1	1,9	1,8		
10		5,6	4,8	4,3	3,9	3,6	3,3	3,1	2,9	
12		8,7	7,6	6,7	6,1	5,6	5,2	4,8	4,6	
14		12,8	11,0	9,8	8,9	8,2	7,6	7,1	6,7	
16			15,4	13,7	12,4	11,4	10,5	9,8	9,3	8,8
18			20,5	18,3	16,5	15,2	14,1	13,2	12,4	11,7
V класс бонитета										
2	0,1	0,1	0,1	0,1						
4	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4				
6	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	1,0	0,9			
8		3,1	2,6	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	
10		5,3	4,6	4,1	3,7	3,4	3,1	2,9	2,8	
12			7,2	6,4	5,8	5,3	4,9	4,6	4,3	4,1

Таблица 3.3

Фитомасса древесной зелени в свежесрубленном состоянии по ступеням диаметра стволов и возраста крон в сосняках различных классов бонитета (количество кг на одно дерево)

Диаметр стволов, см	Возраст крон, лет									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I класс бонитета										
4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6					
6	3,3	2,6	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4			
8	6,9	5,5	4,6	4,0	3,6	3,2	2,9	2,7		
10	12,2	9,8	8,2	7,1	6,3	5,7	5,2	4,8		
12	19,5	15,6	13,1	11,3	10,0	9,0	8,2	7,6	7,0	
14		23,1	19,4	16,8	14,9	13,4	12,2	11,3	10,4	
16		32,5	27,3	23,6	21,0	18,9	17,2	15,8	14,7	
18			36,9	32,0	28,3	25,5	23,3	21,4	19,9	
20			48,3	41,8	37,1	33,4	30,5	28,0	26,0	24,3
22				53,4	47,3	42,6	38,9	35,8	33,2	31,0
24				66,7	59,1	53,3	48,6	44,7	41,5	38,8
26					72,6	65,4	59,6	54,9	50,9	47,6
28					87,7	79,0	72,0	66,3	61,6	57,5
II класс бонитета										
4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6					
6	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3			
8	6,6	5,3	4,5	3,9	3,4	3,1	2,8	2,6		
10	11,	9,4	7,9	6,8	6,1	5,5	5,0	4,6		
12	18,	15,0	12,6	10,9	9,7	8,7	7,9	7,3	6,8	
14		22,2	18,6	16,2	14,3	12,9	11,8	10,8	10,1	
16		31,2	26,2	22,7	20,2	18,2	16,6	15,2	14,1	13,2
18			35,5	30,7	27,2	24,5	22,4	20,6	19,1	17,9
20				40,2	35,7	32,1	29,3	27,0	25,0	23,4
22				51,4	45,5	41,0	37,4	34,4	31,9	29,8
24					56,9	51,2	46,7	43,0	39,9	37,3
26					69,8	62,9	57,3	52,8	49,0	45,8

Окончание табл.3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
III класс бонитета										
2	0,2	0,1	0,1							
4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6					
6	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3			
8	6,3	5,1	4,3	3,7	3,3	2,9	2,7	2,5		
10	11,2	9,0	7,5	6,5	5,8	5,2	4,7	4,4		
12		14,3	12,0	10,4	9,2	8,3	7,6	7,0	6,5	
14		21,2	17,8	15,4	13,7	12,3	11,2	10,3	9,6	
16			25,0	21,7	19,2	17,3	15,8	14,6	13,5	12,6
18			33,9	29,3	26,0	23,4	21,4	19,7	18,3	17,1
20			44,3	38,4	34,1	30,7	28,0	25,8	23,9	22,3
22				49,0	43,5	39,2	35,7	32,9	30,5	28,5
IV класс бонитета										
2	0,2	0,1	0,1	0,1						
4	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5				
6	2,9	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2			
8	6,0	4,8	4,0	3,5	3,1	2,8	2,5	2,3		
10		8,4	7,1	6,1	5,4	4,9	4,5	4,1	3,8	
12		13,5	11,3	9,8	8,7	7,8	7,1	6,6	6,1	
14		20,0	16,8	14,5	12,9	11,6	10,6	9,7	9,0	
16			23,6	20,5	18,1	16,3	14,9	13,7	12,7	11,9
18			31,9	27,7	24,5	22,1	20,1	18,5	17,2	16,1
V класс бонитета										
2	0,2	0,1	0,1	0,1						
4	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4				
6	2,7	2,1	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1			
8		4,4	3,7	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	
10		7,9	6,6	5,7	5,1	4,6	4,2	3,8	3,6	
12			10,5	9,1	8,1	7,3	6,6	6,1	5,7	5,3
14			15,6	13,5	12,0	10,8	9,9	9,1	8,4	7,9

Таблица 3.4

Надземная фитомасса деревьев сосны в свежесрубленном состоянии

Диаметр на высоте груди, см	Фитомасса (кг) при высоте, м										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Возраст 20 лет											
Вся крона											
2	0,23	0,15	0,11								
4	1,60	1,14	0,90	0,74							
6		3,71	3,01	2,56	2,24						
8		8,55	7,10	6,15	5,47	4,95					
10			13,84	12,15	10,92	9,98	9,23				
12			23,86	21,18	19,22	17,70	16,49				
14				33,90	31,00	28,74	26,92				
Древесная зелень											
2	0,17	0,12	0,09								
4	1,14	0,85	0,69	0,58							
6		2,65	2,19	1,90	1,68						
8		5,95	5,00	4,37	3,92	3,57					
10			9,47	8,36	7,55	6,92	6,43				
12			15,97	14,20	12,90	11,89	11,08				
14				22,21	20,28	18,78	17,57				
Хвоя											
2		0,09	0,08								
4		0,61	0,53	0,48							
6		1,81	1,62	1,48	1,38						
8		3,93	3,58	3,32	3,13	2,97					
10			6,62	6,21	5,90	5,65	5,44				
12			10,94	10,36	9,91	9,55	9,24				
14				15,97	15,37	14,87	14,46				
Живые ветви											
2	0,11	0,06	0,03								
4	0,84	0,52	0,36	0,25							
6		1,85	1,35	1,05	0,84						
8		4,49	3,42	2,75	2,28	1,93					
10			7,01	5,78	4,89	4,22	3,69				
12			12,54	10,52	9,06	7,94	7,07				

Продолжение табл.3.4

14				17,42	15,21	13,51	12,15				
Генеративные органы											
2	0,00	0,00	0,00								
4	0,02	0,01	0,01	0,01							
6		0,05	0,04	0,03	0,02						
8		0,13	0,10	0,08	0,06	0,05					
10			0,21	0,16	0,13	0,11	0,10				
12			0,38	0,30	0,25	0,21	0,18				
14				0,51	0,42	0,36	0,31				
Отмершие ветви											
2	0,04	0,04	0,04								
4	0,14	0,16	0,17	0,19							
6		0,35	0,39	0,43	0,46						
8		0,62	0,70	0,77	0,84	0,90					
10			1,10	1,22	1,34	1,44	1,53				
12			1,58	1,78	1,96	2,12	2,27				
14				2,44	2,70	2,94	3,17				
Ствол											
2	0,85	1,13	1,40								
4	3,12	4,18	5,15	6,05							
6		8,98	11,05	12,98	14,80						
8		15,43	18,99	22,31	25,44	28,44					
10			28,91	33,96	38,73	43,29	47,66				
12			40,75	47,87	54,60	61,02	67,18				
14				63,99	72,98	81,56	89,81				
Древесина ствола											
2	0,70	0,93	1,15								
4	2,64	3,54	4,37	5,14							
6		7,73	9,54	11,22	12,82						
8		13,45	16,59	19,52	22,29	24,94					
10			25,48	29,98	34,24	38,32	42,24				
12			36,18	42,58	48,63	54,41	59,98				
14				57,27	65,42	73,20	80,68				
Возраст 40 лет											
D, см	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вся крона											
4	1,04	0,74	0,58	0,48	0,41						

Продолжение табл.3.4

6		2,40	1,95	1,66	1,45	1,30					
8		5,55	4,61	3,99	3,55	3,21	2,95				
10			8,98	7,88	7,09	6,48	5,99				
12			15,48	13,74	12,47	11,49	10,70	10,05			
14			24,54	22,00	20,11	18,65	17,47	16,49			
16				33,05	30,43	28,38	26,71	25,32			
18				47,34	43,85	41,09	38,85	36,97	35,37		
20					60,79	57,23	54,31	51,87	49,77		
22					81,69	77,22	73,55	70,45	67,79		
Древесная зелень											
4	0,60	0,45	0,36	0,31	0,27						
6		1,40	1,16	1,00	0,89	0,80					
8		3,14	2,64	2,31	2,07	1,89	1,74				
10			5,00	4,41	3,98	3,66	3,39				
12			8,43	7,49	6,81	6,28	5,85	5,50			
14			13,10	11,72	10,71	9,91	9,28	8,75			
16				17,28	15,85	14,73	13,83	13,08			
18				24,32	22,40	20,89	19,66	18,64	17,77		
20					30,52	28,55	26,94	25,60	24,46		
22					40,38	37,87	35,83	34,12	32,65		
Хвоя											
4	0,37	0,31	0,27	0,24	0,22						
6		0,91	0,82	0,75	0,70	0,66					
8		1,98	1,80	1,68	1,58	1,50	1,43				
10			3,34	3,13	2,98	2,85	2,74				
12			5,52	5,22	5,00	4,81	4,66	4,53			
14			8,44	8,05	7,75	7,50	7,29	7,11			
16				11,71	11,33	11,01	10,75	10,52			
18				16,29	15,83	15,45	15,13	14,85	14,61		
20					21,36	20,92	20,55	20,22	19,94		
22					28,01	27,52	27,10	26,74	26,41		
Живые ветви											
4	0,65	0,42	0,30	0,23	0,18						
6		1,44	1,09	0,88	0,73	0,62					
8		3,44	2,72	2,24	1,91	1,66	1,48				
10			5,44	4,59	3,98	3,52	3,15				
12			9,59	8,23	7,23	6,48	5,86	5,36			
14			15,48	13,46	11,95	10,81	9,88	9,12			

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16				20,57	18,46	16,83	15,49	14,38			
18				29,90	27,07	24,83	23,02	21,50	20,20		
20					38,07	35,15	32,76	30,76	29,04		
22					51,80	48,10	45,06	42,48	40,28		
Генеративные органы											
4	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
6		0,05	0,04	0,03	0,02	0,02					
8		0,13	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04				
10			0,20	0,16	0,13	0,11	0,10				
12			0,37	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16			
14			0,62	0,49	0,41	0,34	0,30	0,26			
16				0,77	0,64	0,54	0,47	0,42			
18				1,15	0,95	0,81	0,70	0,62	0,56		
20					1,36	1,16	1,00	0,89	0,79		
22					1,88	1,60	1,39	1,23	1,10		
Отмершие ветви											
4	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11						
6		0,21	0,23	0,25	0,27	0,28					
8		0,36	0,41	0,45	0,49	0,52	0,55				
10			0,64	0,71	0,78	0,84	0,89				
12			0,92	1,04	1,14	1,23	1,32	1,41			
14			1,26	1,42	1,57	1,71	1,84	1,97			
16				1,87	2,08	2,28	2,46	2,63			
18				2,38	2,66	2,92	3,17	3,40	3,63		
20					3,32	3,66	3,98	4,28	4,58		
22					4,05	4,48	4,88	5,27	5,65		
Стол											
4	3,28	4,40	5,42	6,36	7,26						
6		9,44	11,62	13,65	15,57	17,40					
8		16,23	19,98	23,46	26,76	29,91	32,93				
10			30,41	35,72	40,74	45,53	50,13				
12			42,86	50,35	57,42	64,18	70,67	76,93			
14			57,30	67,30	76,76	85,79	94,47	102,84			
16				86,55	98,71	110,32	121,47	132,24			
18				108,04	123,22	137,71	151,63	165,08	178,11		
20					150,26	167,93	184,91	201,30	217,20		

Продолжение табл. 3.4

22					179,80	200,94	221,26	240,88	259,90		
Древесина ствола											
4	2,79	3,75	4,62	5,44	6,21						
6		8,17	10,08	11,86	13,55	15,16					
8		14,21	17,53	20,63	23,56	26,37	29,06				
10			26,93	31,69	36,20	40,50	44,64				
12			38,24	45,00	51,40	57,52	63,40	69,09			
14			51,45	60,54	69,15	77,37	85,28	92,93			
16				78,27	89,40	100,03	110,26	120,15			
18				98,17	112,13	125,47	138,30	150,71	162,74		
20					137,33	153,66	169,38	184,57	199,31		
22					164,96	184,58	203,46	221,71	239,41		
Возраст 60 лет											
Вся крона											
4	0,57	0,45	0,37	0,32							
6	1,87	1,51	1,29	1,13							
8		3,58	3,10	2,75	2,49						
10		6,97	6,12	5,50	5,03	4,65					
12			10,67	9,68	8,92	8,31	7,80				
14			17,08	15,62	14,48	13,56	12,80				
16			25,66	23,63	22,03	20,74	19,66	18,74			
18				34,04	31,91	30,16	28,70	27,46			
20				47,20	44,43	42,17	40,27	38,64			
22				63,43	59,96	57,10	54,70	52,64			
24					78,82	75,31	72,35	69,80	67,57		
26					101,37	97,15	93,57	90,48	87,78		
28					127,97	122,97	118,73	115,06	111,84		
30						153,15	148,20	143,91	140,14	136,78	
32						188,05	182,36	177,42	173,06	169,17	
Древесная зелень											
4	0,31	0,25	0,21	0,19							
6	0,96	0,80	0,69	0,61							
8		1,82	1,59	1,42	1,30						
10		3,44	3,04	2,74	2,52	2,33					
12			5,16	4,68	4,32	4,03	3,78				
14			8,07	7,37	6,82	6,38	6,02				
16			11,89	10,90	10,14	9,51	9,00	8,56			

Продолжение табл.3.4

18				15,41	14,37	13,53	12,83	12,23			
20				21,00	19,65	18,54	17,62	16,83			
22				27,79	26,06	24,66	23,48	22,47			
24					33,73	31,98	30,51	29,25	28,16		
26					42,77	40,63	38,83	37,28	35,94		
28					53,29	50,71	48,54	46,67	45,05		
30						62,32	59,74	57,53	55,59	53,88	
32						75,59	72,56	69,95	67,68	65,67	
Хвоя											
4	0,20	0,18	0,16	0,15							
6	0,61	0,55	0,50	0,47							
8		1,21	1,12	1,06	1,00						
10		2,24	2,10	1,99	1,91	1,84					
12			3,50	3,35	3,22	3,12	3,03				
14			5,39	5,19	5,02	4,88	4,76				
16			7,84	7,59	7,38	7,20	7,05	6,91			
18				10,61	10,35	10,14	9,95	9,79			
20				14,31	14,02	13,76	13,55	13,36			
22				18,77	18,44	18,15	17,91	17,70			
24					23,68	23,38	23,11	22,88	22,67		
26					29,81	29,49	29,22	28,98	28,76		
28					36,89	36,58	36,31	36,06	35,84		
30						44,70	44,44	44,21	44,00	43,82	
32						53,91	53,69	53,49	53,31	53,15	
Живые ветви											
4	0,36	0,26	0,20	0,16							
6	1,21	0,93	0,76	0,64							
8		2,28	1,91	1,63	1,44						
10		4,54	3,87	3,38	3,01	2,72					
12			6,88	6,09	5,50	5,02	4,62				
14			11,21	10,03	9,12	8,39	7,78				
16			17,06	15,42	14,12	13,08	12,20	11,46			
18				22,50	20,77	19,33	18,14	17,13			
20				31,56	29,28	27,43	25,85	24,50			
22				42,82	39,96	37,59	35,59	33,86			
24					53,04	50,10	47,63	45,48	43,59		
26					68,80	65,27	62,23	59,61	57,31		

Продолжение табл. 3.4

28					87,54	83,31	79,70	76,56	73,80		
30						104,56	100,32	96,62	93,36	90,42	
32						129,30	124,39	120,10	116,28	112,86	
Генеративные органы											
4	0,01	0,01	0,01	0,01							
6	0,05	0,03	0,03	0,02							
8		0,09	0,07	0,06	0,05						
10		0,19	0,15	0,13	0,11	0,09					
12			0,29	0,24	0,20	0,17	0,15				
14			0,48	0,40	0,34	0,29	0,26				
16			0,76	0,62	0,53	0,46	0,41	0,37			
18				0,93	0,79	0,69	0,61	0,54			
20				1,33	1,13	0,98	0,87	0,78			
22				1,84	1,56	1,36	1,20	1,08			
24					2,10	1,83	1,61	1,44	1,31		
26					2,76	2,39	2,12	1,89	1,71		
28					3,54	3,08	2,72	2,44	2,20		
30						3,89	3,44	3,08	2,78	2,54	
32						4,84	4,28	3,83	3,47	3,16	
Отмершие ветви											
4	0,07	0,07	0,08	0,08							
6	0,15	0,17	0,18	0,19							
8		0,30	0,33	0,35	0,38						
10		0,47	0,52	0,57	0,61	0,65					
12			0,75	0,83	0,90	0,96	1,02				
14			1,04	1,15	1,25	1,34	1,43				
16			1,36	1,52	1,66	1,79	1,92	2,04			
18				1,94	2,13	2,31	2,48	2,64			
20				2,42	2,66	2,90	3,12	3,33			
22				2,95	3,26	3,56	3,84	4,11			
24					3,93	4,29	4,64	4,98	5,31		
26					4,65	5,10	5,53	5,94	6,34		
28					5,45	5,98	6,50	6,99	7,48		
30						6,94	7,55	8,14	8,72	9,27	
32						7,98	8,69	9,39	10,06	10,72	
Стол											
4	4,53	5,58	6,55	7,47							
6	9,73	11,97	14,06	16,04							

Продолжение табл.3.4

8		20,58	24,17	27,56	30,81						
10		31,32	36,79	41,96	46,89	51,64					
12			51,86	59,15	66,10	72,79	79,24				
14			69,32	79,07	88,37	97,30	105,93				
16			89,14	101,67	113,63	125,12	136,21	146,97			
18				126,92	141,84	156,18	170,03	183,46			
20				154,77	172,97	190,46	207,34	223,72			
22				185,19	206,97	227,90	248,10	267,69			
24					243,82	268,47	292,27	315,35	337,79		
26					283,48	312,14	339,82	366,65	392,74		
28					325,93	358,88	390,71	421,56	451,56		
30						408,67	444,91	480,04	514,20	547,51	
32						461,48	502,40	542,07	580,65	618,26	
Древесина ствола											
4	3,87	4,77	5,62	6,42							
6	8,44	10,41	12,25	14,00							
8		18,11	21,31	24,34	27,24						
10		27,82	32,73	37,39	41,84	46,12					
12			46,49	53,10	59,41	65,49	71,36				
14			62,53	71,43	79,92	88,10	96,00				
16			80,85	92,34	103,33	113,90	124,11	134,02			
18				115,83	129,61	142,86	155,68	168,11			
20				141,85	158,73	174,96	190,65	205,88			
22				170,40	190,67	210,17	229,02	247,31			
24					225,41	248,46	270,75	292,37	313,41		
26					262,93	289,83	315,82	341,04	365,58		
28					303,22	334,23	364,21	393,29	421,60		
30						381,67	415,90	449,11	481,44	512,97	
32						432,12	470,88	508,4	545,08	580,78	
80 лет											
Вся крона											
6	1,27	1,08	0,94	0,84	0,77						
8	2,99	2,59	2,30	2,08	1,91						
10		5,11	4,60	4,20	3,89	3,63					
12		8,92	8,09	7,45	6,94	6,52					
14			13,05	12,10	11,33	10,70	10,16				
16			19,74	18,41	17,33	16,43	15,66				

Продолжение табл. 3.4

18				26,66	25,21	23,99	22,95	22,04			
20				37,13	35,24	33,65	32,29	31,11			
22				50,10	47,72	45,71	43,99	42,48	41,16		
24					62,94	60,46	58,33	56,46	54,81		
26					81,18	78,19	75,61	73,35	71,35		
28					102,76	99,22	96,15	93,46	91,07		
30						123,85	120,26	117,11	114,30	111,78	
32						152,39	148,26	144,62	141,37	138,45	
34						185,17	180,47	176,32	172,61	169,27	
Древесная зелень											
6	0,61	0,53	0,47	0,42	0,39						
8	1,39	1,22	1,09	1,00	0,92						
10		2,33	2,10	1,93	1,79	1,68					
12		3,96	3,59	3,31	3,09	2,90					
14			5,65	5,23	4,90	4,62	4,38				
16			8,36	7,78	7,30	6,90	6,57				
18				11,03	10,38	9,84	9,38	8,99			
20				15,07	14,22	13,52	12,91	12,39			
22				19,99	18,91	18,01	17,24	16,57	15,98		
24					24,53	23,40	22,44	21,60	20,86		
26					31,16	29,78	28,60	27,57	26,66		
28					38,89	37,23	35,80	34,55	33,46		
30						45,83	44,13	42,64	41,33	40,16	
32						55,66	53,66	51,91	50,37	48,99	
34						66,81	64,48	62,45	60,65	59,04	
Хвоя											
6	0,41	0,38	0,35	0,33	0,31						
8	0,91	0,84	0,80	0,76	0,72						
10		1,58	1,50	1,44	1,38	1,34					
12		2,63	2,52	2,43	2,35	2,28					
14			3,91	3,78	3,68	3,59	3,51				
16			5,71	5,55	5,42	5,30	5,20				
18				7,79	7,63	7,49	7,36	7,25			
20				10,55	10,36	10,20	10,05	9,92			
22				13,87	13,66	13,48	13,32	13,17	13,04		
24					17,59	17,39	17,22	17,06	16,92		
26					22,20	21,99	21,81	21,64	21,49		
28					27,53	27,32	27,14	26,98	26,83		

Продолжение табл. 3.4

30						33,44	33,27	33,12	32,98	32,85	
32						40,41	40,26	40,12	40,00	39,89	
34						48,26	48,15	48,04	47,95	47,86	
Живые ветви											
6	0,83	0,67	0,57	0,49	0,44						
8	1,99	1,68	1,44	1,27	1,15						
10		3,38	2,97	2,65	2,42	2,21					
12		6,01	5,34	4,82	4,42	4,09					
14			8,75	7,99	7,36	6,85	6,42				
16			13,41	12,34	11,45	10,73	10,10				
18				18,09	16,90	15,90	15,05	14,30			
20				25,46	23,91	22,59	21,47	20,50			
22				34,69	32,72	31,05	29,61	28,35	27,24		
24					43,55	41,48	39,69	38,11	36,71		
26					56,62	54,11	51,93	50,02	48,32		
28					72,19	69,22	66,61	64,31	62,26		
30						87,02	83,96	81,24	78,81	76,63	
32						107,76	104,22	101,08	98,25	95,69	
34						131,73	127,68	124,08	120,83	117,89	
Генеративные органы											
6	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02						
8	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04						
10		0,15	0,13	0,11	0,09	0,08					
12		0,28	0,23	0,20	0,17	0,15					
14			0,39	0,33	0,29	0,26	0,23				
16			0,62	0,52	0,46	0,40	0,36				
18				0,78	0,68	0,60	0,54	0,49			
20				1,12	0,97	0,86	0,77	0,69			
22				1,54	1,34	1,18	1,06	0,96	0,88		
24					1,80	1,59	1,42	1,29	1,18		
26					2,36	2,09	1,87	1,69	1,54		
28					3,04	2,68	2,40	2,17	1,98		
30						3,39	3,03	2,75	2,51	2,30	
32						4,22	3,78	3,42	3,12	2,87	
34						5,18	4,64	4,20	3,83	3,52	
Отмершие ветви											
6	0,13	0,14	0,16	0,16	0,17						
8	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32						

Продолжение табл. 3.4

10		0,47	0,52	0,57	0,61	0,65					
12			0,75	0,83	0,90	0,96	1,02				
14			1,04	1,15	1,25	1,34	1,43				
16			1,36	1,52	1,66	1,79	1,92	2,04			
18				1,94	2,13	2,31	2,48	2,64			
20				2,42	2,66	2,90	3,12	3,33			
22				2,95	3,26	3,56	3,84	4,11			
24					3,93	4,29	4,64	4,98	5,31		
26					4,65	5,10	5,53	5,94	6,34		
28					5,45	5,98	6,50	6,99	7,48		
30						6,94	7,55	8,14	8,72	9,27	
32						7,98	8,69	9,39	10,06	10,72	
Ствол											
4	4,53	5,58	6,55	7,47							
6	9,73	11,97	14,06	16,04							
8		20,58	24,17	27,56	30,81						
10		31,32	36,79	41,96	46,89	51,64					
12			51,86	59,15	66,10	72,79	79,24				
14			69,32	79,07	88,37	97,30	105,93				
16			89,14	101,67	113,63	125,12	136,21	146,97			
18				126,92	141,84	156,18	170,03	183,46			
20				154,77	172,97	190,46	207,34	223,72			
22				185,19	206,97	227,90	248,10	267,69			
24					243,82	268,47	292,27	315,35	337,79		
26					283,48	312,14	339,82	366,65	392,74		
28					325,93	358,88	390,71	421,56	451,56		
30						408,67	444,91	480,04	514,20	547,51	
32						461,48	502,40	542,07	580,65	618,26	
Древесина ствола											
4	3,87	4,77	5,62	6,42							
6	8,44	10,41	12,25	14,00							
8		18,11	21,31	24,34	27,24						
10		27,82	32,73	37,39	41,84	46,12					
12			46,49	53,10	59,41	65,49	71,36				
14			62,53	71,43	79,92	88,10	96,00				
16			80,85	92,34	103,33	113,90	124,11	134,02			
18				115,83	129,61	142,86	155,68	168,11			

Продолжение табл. 3.4

20				141,85	158,73	174,96	190,65	205,88			
22				170,40	190,67	210,17	229,02	247,31			
24					225,41	248,46	270,75	292,37	313,41		
26					262,93	289,83	315,82	341,04	365,58		
28					303,22	334,23	364,21	393,29	421,60		
30						381,67	415,90	449,11	481,44	512,97	
32						432,12	470,88	508,48	545,08	580,78	
34						541,44	584,68	626,76	667,82	707,96	
III класс бонитета											
Возраст 100 лет											
D, см	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вся крона											
8	2,60	2,25	2,00	1,81	1,66						
10		4,45	4,00	3,66	3,38	3,16					
12		7,76	7,04	6,48	6,04	5,67					
14			11,35	10,53	9,86	9,31	8,84				
16			17,18	16,02	15,08	14,29	13,63	13,05			
18				23,20	21,93	20,87	19,96	19,18	18,49		
20				32,30	30,66	29,28	28,09	27,07	26,16		
22				43,59	41,52	39,77	38,27	36,96	35,80		
24					54,75	52,60	50,74	49,12	47,69	46,40	
26					70,63	68,03	65,78	63,82	62,07	60,51	
28					89,40	86,32	83,65	81,31	79,23	77,36	
30						107,75	104,63	101,88	99,44	97,25	
32						132,58	128,98	125,82	122,99	120,45	
34						161,10	157,01	153,40	150,17	147,27	
36							188,98	184,91	181,28	178,00	175,01
38							225,20	220,67	216,61	212,95	209,61
40							265,95	260,95	256,48	252,42	248,73
Древесная зелень											
8	1,13	0,99	0,89	0,81	0,75						
10		1,90	1,71	1,57	1,46	1,36					
12		3,22	2,93	2,70	2,51	2,36					
14			4,60	4,26	3,99	3,76	3,57				
16			6,81	6,33	5,94	5,62	5,35	5,11			
18				8,98	8,45	8,01	7,64	7,32	7,03		
20				12,27	11,58	11,00	10,51	10,09	9,71		
22				16,27	15,40	14,66	14,03	13,49	13,01		

Продолжение табл. 3.4

24					19,97	19,05	18,27	17,58	16,98	16,45	
26					25,37	24,25	23,28	22,44	21,70	21,04	
28					31,66	30,31	29,14	28,13	27,24	26,44	
30						37,31	35,92	34,71	33,65	32,69	
32						45,31	43,68	42,26	41,00	39,88	
34						54,39	52,49	50,84	49,38	48,07	
36							62,42	60,52	58,83	57,31	55,95
38							73,54	71,36	69,43	67,70	66,13
40							85,91	83,44	81,24	79,28	77,50
Хвоя											
8	0,73	0,68	0,64	0,61	0,58						
10		1,27	1,20	1,15	1,11	1,07					
12		2,11	2,02	1,95	1,88	1,83					
14			3,13	3,03	2,95	2,88	2,81				
16			4,58	4,45	4,35	4,25	4,17	4,10			
18				6,25	6,12	6,01	5,91	5,82	5,74		
20				8,46	8,31	8,18	8,06	7,96	7,87		
22				11,13	10,96	10,81	10,68	10,57	10,46		
24					14,11	13,95	13,81	13,68	13,57	13,47	
26					17,81	17,64	17,49	17,36	17,24	17,13	
28					22,08	21,92	21,77	21,64	21,52	21,41	
30						26,83	26,69	26,56	26,45	26,35	
32						32,41	32,29	32,18	32,08	31,99	
34						38,71	38,62	38,54	38,46	38,39	
36							45,72	45,68	45,63	45,60	45,56
38							53,63	53,64	53,64	53,65	53,65
40							62,40	62,47	62,54	62,60	62,66
Живые ветви											
8	1,78	1,50	1,30	1,15	1,04						
10		3,03	2,68	2,40	2,18	2,01					
12		5,37	4,79	4,33	3,99	3,69					
14			7,83	7,17	6,62	6,18	5,80				
16			11,99	11,05	10,28	9,64	9,10	8,63			
18				16,18	15,14	14,27	13,52	12,88	12,31		
20				22,74	21,39	20,25	19,27	18,42	17,66		
22				30,93	29,23	27,79	26,54	25,44	24,47		
24					38,86	37,08	35,52	34,17	32,96	31,86	

Продолжение табл. 3.4

26					50,48	48,33	46,44	44,79	43,30	41,98	
28					64,32	61,75	59,50	57,52	55,75	54,15	
30						77,57	74,94	72,60	70,51	68,62	
32						96,00	92,96	90,26	87,83	85,62	
34						117,27	113,80	110,71	107,92	105,40	
36							137,69	134,19	131,05	128,17	125,54
38							164,88	160,98	157,45	154,22	151,26
40							195,59	191,28	187,37	183,78	180,48
Генеративные органы											
8	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04						
10		0,15	0,12	0,11	0,09	0,08					
12		0,28	0,23	0,20	0,17	0,15					
14			0,39	0,33	0,29	0,25	0,23				
16			0,61	0,52	0,45	0,40	0,36	0,32			
18				0,77	0,67	0,59	0,53	0,48	0,44		
20				1,10	0,96	0,85	0,76	0,69	0,63		
22				1,53	1,33	1,17	1,05	0,95	0,87		
24					1,78	1,57	1,41	1,27	1,16	1,07	
26					2,34	2,06	1,85	1,67	1,53	1,40	
28					3,00	2,65	2,38	2,15	1,96	1,80	
30						3,35	3,00	2,72	2,48	2,28	
32						4,17	3,73	3,38	3,08	2,84	
34						5,12	4,59	4,15	3,79	3,48	
36							5,57	5,04	4,60	4,23	3,91
38							6,69	6,05	5,52	5,08	4,70
40							7,96	7,20	6,57	6,04	5,59
Отмершие ветви											
8	0,20	0,22	0,24	0,25	0,27						
10		0,35	0,38	0,41	0,44	0,46					
12		0,51	0,56	0,60	0,65	0,69					
14			0,77	0,84	0,90	0,96	1,02				
16			1,02	1,11	1,20	1,29	1,37	1,45			
18				1,43	1,55	1,66	1,77	1,88	1,98		
20				1,79	1,94	2,09	2,24	2,38	2,51		
22				2,19	2,39	2,58	2,76	2,94	3,11		
24					2,88	3,12	3,34	3,56	3,78	3,98	
26					3,42	3,71	3,99	4,26	4,52	4,77	

Продолжение табл. 3.4

28					4,01	4,36	4,69	5,02	5,33	5,64	
30						5,07	5,46	5,85	6,22	6,59	
32						5,83	6,30	6,75	7,19	7,62	
34						6,66	7,20	7,72	8,24	8,74	
36							8,16	8,77	9,36	9,94	10,51
38							9,19	9,89	10,57	11,23	11,89
40							10,29	11,08	11,85	12,61	13,36
Ствол											
8	21,36	25,09	28,61	31,98	35,21						
10		38,19	43,55	48,67	53,60	58,35					
12		53,83	61,39	68,61	75,55	82,25					
14			82,07	91,72	100,99	109,95	118,63				
16			105,53	117,94	129,86	141,38	152,54	163,40			
18				147,22	162,11	176,48	190,42	203,97	217,18		
20				179,53	197,68	215,21	232,20	248,73	264,84		
22				214,82	236,54	257,52	277,85	297,62	316,90		
24					278,65	303,36	327,32	350,61	373,32	395,51	
26					323,98	352,71	380,56	407,64	434,05	459,85	
28					372,50	405,53	437,55	468,69	499,05	528,71	
30						461,79	498,25	533,71	568,28	602,06	
32						521,46	562,64	602,68	641,71	679,85	
34						584,52	630,67	675,56	719,31	762,06	
36							702,34	752,32	801,05	848,66	895,26
38							777,61	832,95	886,90	939,61	991,21
40							856,46	917,41	976,84	1034,8	1091,72
Древесина ствола											
8	18,87	22,20	25,36	28,37	31,27						
10		34,10	38,95	43,58	48,04	52,35					
12		48,43	55,31	61,89	68,22	74,34					
14			74,40	83,26	91,77	100,00	107,99				
16			96,20	107,64	118,65	129,29	139,61	149,66			
18				135,01	148,82	162,17	175,12	187,72	200,02		
20				165,35	182,26	198,61	214,47	229,90	244,96		
22				198,62	218,94	238,57	257,62	276,16	294,25		
24					258,83	282,04	304,56	326,48	347,87	368,78	
26					301,91	328,99	355,26	380,83	405,78	430,17	
28					348,17	379,40	409,70	439,19	467,95	496,08	

Продолжение табл. 3.4

30						433,25	467,85	501,52	534,37	566,49		
32						490,52	529,69	567,82	605,01	641,37		
34						551,20	595,21	638,05	679,85	720,71		
36							664,39	712,21	758,86	804,48	849,15	
38							737,22	790,28	842,04	892,65	942,22	
40							813,67	872,23	929,37	985,23	1039,93	
Возраст 120 лет												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вся крона												
10	4,52	3,97	3,57	3,26	3,02							
12		6,92	6,28	5,79	5,39	5,06						
14			10,13	9,39	8,80	8,30	7,89					
16			15,33	14,29	13,45	12,76	12,16					
18				20,70	19,57	18,62	17,82	17,12				
20				28,83	27,36	26,13	25,07	24,15	23,35			
22				38,90	37,05	35,49	34,15	32,99	31,95			
24					48,87	46,94	45,29	43,84	42,56	41,41		
26					63,03	60,71	58,71	56,95	55,39	54,00		
28					79,79	77,04	74,66	72,57	70,71	69,04		
30						96,16	93,37	90,93	88,75	86,79	85,01	
32						118,32	115,11	112,28	109,76	107,50	105,44	
34						143,77	140,12	136,90	134,02	131,43	129,07	
36							168,65	165,03	161,78	158,85	156,19	
38							200,98	196,93	193,31	190,04	187,06	
40							237,35	232,89	228,89	225,28	221,98	
42								273,16	268,79	264,83	261,22	257,90
44								318,03	313,30	309,00	305,08	301,47
46								367,78	362,69	358,07	353,85	349,96
48								422,68	417,26	412,34	407,83	403,68
Древесная зелень												
10	1,82	1,60	1,45	1,33	1,23							
12		2,72	2,47	2,28	2,12	2,00						
14			3,89	3,60	3,37	3,18	3,01					
16			5,76	5,35	5,02	4,75	4,52					
18				7,59	7,14	6,77	6,46	6,18				
20				10,37	9,79	9,30	8,89	8,53	8,21			
22				13,76	13,01	12,39	11,86	11,40	11,00			

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24					16,88	16,10	15,44	14,86	14,36	13,90		
26					21,45	20,49	19,68	18,97	18,35	17,79		
28					26,77	25,62	24,64	23,78	23,02	22,35		
30						31,54	30,37	29,34	28,44	27,64	26,91	
32						38,30	36,93	35,72	34,66	33,71	32,86	
34						45,97	44,37	42,98	41,74	40,63	39,63	
36							52,77	51,16	49,73	48,45	47,29	
38							62,16	60,32	58,69	57,22	55,90	
40							72,62	70,53	68,68	67,01	65,51	
42								81,84	79,75	77,87	76,18	74,63
44								94,31	91,97	89,87	87,96	86,23
46								107,99	105,39	103,05	100,93	98,99
48								122,95	120,07	117,48	115,12	112,98
Хвоя												
10	1,13	1,06	1,01	0,96	0,93							
12		1,76	1,69	1,63	1,57	1,53						
14			2,62	2,53	2,46	2,40	2,35					
16			3,83	3,72	3,63	3,55	3,48					
18				5,22	5,11	5,02	4,93	4,86				
20				7,07	6,94	6,83	6,73	6,65	6,57			
22				9,29	9,15	9,03	8,92	8,82	8,74			
24					11,79	11,65	11,53	11,43	11,33	11,25		
26					14,87	14,73	14,61	14,50	14,40	14,31		
28					18,44	18,30	18,18	18,07	17,97	17,88		
30						22,41	22,29	22,19	22,09	22,01	21,93	
32						27,07	26,97	26,88	26,80	26,72	26,65	
34						32,33	32,25	32,19	32,12	32,07	32,01	
36							38,18	38,15	38,11	38,08	38,05	
38							44,79	44,80	44,80	44,81	44,81	
40							52,11	52,18	52,23	52,28	52,33	
42								60,32	60,44	60,55	60,65	60,74
44								69,26	69,46	69,64	69,81	69,96
46								79,05	79,34	79,60	79,85	80,08
48								89,71	90,11	90,48	90,82	91,14
Живые ветви												
10	3,20	2,76	2,44	2,20	2,00							
12		4,88	4,36	3,97	3,65	3,38						

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14			7,13	6,53	6,06	5,65	5,32					
16			10,90	10,06	9,37	8,82	8,33					
18				14,71	13,79	13,01	12,36	11,78				
20				20,67	19,47	18,46	17,59	16,82	16,16			
22				28,10	26,59	25,30	24,19	23,23	22,35			
24					35,32	33,73	32,36	31,15	30,08	29,10		
26					45,85	43,93	42,27	40,79	39,48	38,30		
28					58,37	56,11	54,13	52,37	50,80	49,37		
30						70,43	68,11	66,05	64,20	62,52	60,99	
32						87,12	84,44	82,05	79,90	77,97	76,19	
34						106,36	103,32	100,60	98,15	95,91	93,87	
36							124,95	121,89	119,11	116,58	114,26	
38							149,56	146,13	143,04	140,20	137,59	
40							177,35	173,57	170,15	167,01	164,11	
42								204,42	200,67	197,22	194,03	191,08
44								238,91	234,84	231,09	227,62	224,39
46								278,27	272,89	268,85	265,10	261,61
48								319,73	315,07	310,75	306,73	302,98
Генеративные органы												
10	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09							
12		0,28	0,23	0,19	0,17	0,15						
14			0,38	0,33	0,28	0,25	0,22					
16			0,60	0,51	0,45	0,39	0,35					
18				0,77	0,67	0,59	0,53	0,48				
20				1,09	0,95	0,84	0,75	0,68	0,62			
22				1,51	1,31	1,16	1,04	0,94	0,86			
24					1,76	1,56	1,40	1,26	1,15	1,06		
26					2,31	2,05	1,83	1,66	1,51	1,39		
28					2,98	2,63	2,35	2,13	1,94	1,79		
30						3,32	2,97	2,69	2,46	2,26	2,09	
32						4,13	3,70	3,35	3,06	2,81	2,60	
34						5,08	4,55	4,11	3,75	3,45	3,19	
36							5,52	4,99	4,56	4,19	3,88	
38							6,63	6,00	5,47	5,03	4,66	
40							7,89	7,14	6,51	5,99	5,54	
42								8,42	7,68	7,06	6,54	6,08
44								9,86	9,00	8,27	7,65	7,12

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46								10,46	10,46	9,62	8,90	8,27
48								13,24	12,08	11,11	10,28	9,56
Отмершие ветви												
10	0,27	0,30	0,33	0,35	0,38							
12		0,44	0,48	0,52	0,56	0,60						
14			0,67	0,73	0,78	0,83	0,88					
16			0,88	0,96	1,04	1,12	1,19					
18				1,24	1,34	1,44	1,54	1,63				
20				1,55	1,69	1,82	1,94	2,06	2,18			
22				1,90	2,07	2,24	2,39	2,55	2,69			
24					2,50	2,70	2,90	3,09	3,27	3,45		
26					2,97	3,22	3,46	3,69	3,92	4,14		
28					3,48	3,78	4,07	4,35	4,62	4,89		
30						4,39	4,74	5,07	5,40	5,71	6,03	
32						5,06	5,46	5,85	6,24	6,61	6,98	
34						5,77	6,24	6,70	7,14	7,58	8,01	
36							7,08	7,60	8,12	8,62	9,12	
38							7,97	8,58	9,16	9,74	10,31	
40							8,93	9,61	10,28	10,94	11,58	
42								10,71	11,47	12,21	12,94	13,66
44								11,88	12,73	13,56	14,39	15,20
46								13,11	14,06	15,00	15,92	16,82
48								14,41	15,47	16,51	17,53	18,54
Ствол												
10	32,94	38,70	44,13	49,33	54,31							
12		54,55	62,21	69,53	76,56	83,35						
14			83,17	92,95	102,34	111,42	120,22					
16			106,94	119,52	131,60	143,27	154,58					
18				149,19	164,28	178,84	192,97	206,70				
20				181,93	200,33	218,09	235,31	252,06	268,38			
22				217,70	239,71	260,96	281,57	301,61	321,14			
24					282,38	307,42	331,70	355,30	378,31	400,80		
26					328,32	357,43	385,65	413,10	439,86	466,00		
28					377,48	410,96	443,41	474,96	505,72	535,78		
30						467,97	504,92	540,85	575,88	610,11	643,61	
32						528,44	570,16	610,74	650,30	688,95	726,78	
34						592,34	639,11	684,59	728,94	772,26	814,66	

Окончание табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
36							711,74	762,39	811,77	860,02	907,24	
38							788,02	844,09	898,77	952,19	1004,4	
40							867,92	929,69	989,91	1048,7	1106,3	
42								1019,1	1085,1	1149,6	1212,7	1274,6
44								1112,4	1184,5	1254,9	1323,8	1391,3
46								1209,5	1287,9	1364,4	1439,3	1512,8
48								1310,5	1395,3	1478,3	1559,4	1639,0
Древесина ствола												
10	29,41	34,60	39,52	44,22	48,75							
12		49,14	56,12	62,80	69,22	75,43						
14			75,50	84,48	93,12	101,47	109,57					
16			97,61	109,22	120,39	131,19	141,67					
18				137,00	151,01	164,55	177,69	190,48				
20				167,78	184,94	201,52	217,62	233,28	248,56			
22				201,54	222,15	242,08	261,41	280,22	298,58			
24					262,63	286,18	309,04	331,28	352,98	374,20		
26					306,35	333,82	360,48	386,43	411,74	436,49		
28					353,29	384,97	415,72	445,64	474,83	503,37		
30						439,62	474,72	508,89	542,22	574,81	606,73	
32						497,73	537,47	576,16	613,90	650,80	686,93	
34						559,29	603,96	647,43	689,84	731,30	771,90	
36							674,16	722,68	770,01	816,30	861,62	
38							748,05	801,89	854,42	905,77	956,06	
40							825,63	885,05	943,02	999,70	1055,2	
42								972,14	1035,8	1098,0	1159,0	1218,8
44								1063,1	1132,7	1200,8	1267,5	1332,9
46								1158,0	1233,9	1308,0	1380,7	1451,9
48								1256,8	1339,1	1419,6	1498,5	1575,8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин Н. П. Лесная таксация – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 550 с.
2. Атрощенко О. А. Моделирование роста леса и хозяйственных процессов: монография – Минск: БГТУ, 2004. – 216 с.
3. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С. Фитомасса и особенности ее продуцирования деревьями разного ценотического положения // Продуктивность сосновых лесов. – М., 1978. – С. 69-89.
4. Ваганов Е.А., Круглов В.Б., Васильев В.Г. Дендрохронология: учеб. пособие – Красноярск: СФУ, 2008. – 120 с.
5. Ватковский О.С. Методы определения фитомассы ствола и кроны дуба // Лесоведение. – 1968. – № 6. – С. 58-64.
6. Вертикально - фракционное распределение фитомассы в лесах / Под ред. С.Э. Вомперского и А.И. Уткина. – М.: Наука, 1986. – 262 с.
7. Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса: учеб. пособие – 2-е изд., стереотип. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. – 396 с.
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1997.
9. Горбатенко В.И., Протопопов В.В. К вопросу о составлении таблиц веса крон и хвои // Лесной журнал. – 1971. – № 3. – С. 25-27.
10. Громыко Г.Л. Общая теория статистики: Практикум. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 139 с.
11. ГОСТ 21769 – 84.Зелень древесная. Технические условия. – М., 1984. – 7 с.
12. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалов круглых лиственных пород. – М., 1988. – 11 с.
13. ГОСТ 9563-88. Лесоматериалы круглых хвойных пород. – М., 1988. – 13 с.
14. ГОСТ 2708 – 75. Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов. – М., 1975. – 11 с.
15. ГОСТ Р 57737-2017 Хлысты. Методы измерения. – М.: Стандартиформ, 2017.
16. Дрейпер Н, Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
17. Захаров, В. К. Лесная таксация – М.: Лесн.пром-сть, 1967. – 630 с.

18. Изюмский П.П. О методе рубок ухода за лесом // Лесное хозяйство. – 1968. – №1. – С. 23-26.
19. Калинин М.И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. – Львов, 1975. – 173 с.
20. Кравченко В.И. Размеры и вес подземных и надземных частей деревьев ели в древостоях различной густоты // Лесной журнал. – 1964, №1. – С. 45-47.
21. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160с.
22. Лесотаксационный справочник. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 288 с.
23. Луганский Н.А., Нагимов З.Я. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. – Екатеринбург, 1994. – 140 с.
24. Ляпунов А.А. О математическом моделировании в проблеме «Человек и биосфера» // Моделирование биогеоценотических процессов. – М., 1981. – С. 5-19.
25. Мартынов А.Н. Основы лесного хозяйства и таксация леса: учеб. пособие. – СПб., 2008.
26. Матвеев С.М., Румянцев Д.Е. Дендрохронология: учеб. пос. 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013. – 140 с.
27. Мелехов И.С. Лесоведение. – М., 1980. – 406 с.
28. Мельникова И.В. Элементы биологической продуктивности сосняков Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1993. – 22 с.
29. Молчанов А.А. Запасы хвой в древостоях различного возраста // Докл.АН СССР. – 1949. – Т.67. – № 5. – С. 909-912.
30. Моисеев В.С. Таксация молодняков. – Л.: Изд-во ЛТА, 1971. – 343 с.
31. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
32. Нагимов З.Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубок ухода в них на Среднем Урале: Автореф. дис...канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1984. – 20 с.
33. Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев. Дис. на соискание учен.степени доктора с.-х. наук. – Екатеринбург, 2000. – 409 с.
34. Нагимов З.Я. Закономерности формирования фитомассы хвой в сосновых древостоях Среднего Урала // Исследования лесов

Урала: матер. Науч. чтений, посвященных памяти П.Б. Колесникова. Екатеринбург, 2002. – С. 34-41.

35. Нагимов З.Я., Коростелев И.Ф., Шевелина И.В. Таксация леса: учеб. пособие. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. – 300 с.

36. Нагимов З.Я., Шевелина И.В. и др., Приборы, инструменты и устройства для таксации леса. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2019.

37. Неволин О.А. О корреляции диаметров крон с диаметрами деревьев в смешанных сосново-березовых древостоях // Лесной журнал. – 1967. – №1. – С. 27-30.

38. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. – М.: Лес. пром-сть, 1978. – 272 с.

39. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала: учеб. пособие / З.Я. Нагимов, Л.А. Лысов, И.Ф. Коростелев, С.В. Соколов, В.М. Соловьев, Б.С. Фимушин, И.В. Шевелина, Г.В. Анчугова : – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет. 2002. – 160 с.

40. Орлов М.М. Лесная таксация ; 3-е изд. – Л.: Ленинградский лесной ин-т, 1929. – 532 с.

41. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. – М., 1983. – 60 с.

42. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. М.: Наука. 1979. – 276 с.

43. Поляков А.К. Определение оптимальной густоты сосны в свежей субори//Лесной хозяйство. – 1973. – № 12. – С. 14-18.

44. Родин Л.Е., Ремезов Н.И., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 142 с.

45. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – Минск: Вышэйш. шк., 1973. – 320 с.

46. Севко О.А. Ландшафтная таксация с основами парколесоустройства : курс лекций по одноименной дисциплине для студ. спец. 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» – Минск : БГТУ, 2009. – 175 с.

47. Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. – Новосибирск: Наука, 1978. – 165 с.

48. Смертин Н.Г. Особенности морфологического строения сосновых древостоев Средней тайги Приуралья // Леса Урала и хоз-во в них. – Свердловск, 1972. – Вып. 7. – С. 23-31.

49. Слемнев Н.Н. Прирост фитомассы и фотосинтез хвои в сосновых древостоях различных полнот и типов леса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Л., 1969. – 18 с.
50. Смирнов В.В. Сезонный опад в лесных биогеоценозах // Лесоведение. – 1967. – № 6. – С. 83-87.
51. Смирнов В.В. Продуктивность древостоев подзоны широколиственно-еловых лесов. Сообщение 2. Продуктивность 85-летнего древостоя // Растительные ресурсы. – 1970. – Т.6. – № 1. – С. 54-64.
52. Соколов С.В., Лысов Л.А. Нормативно-справочные материалы к лабораторно-практическим занятиям, учебной практике и самостоятельной работе студ. спец. 2604, 0608, 2601 очной и заочной форм обучения. Ч.1. Таблицы для таксации отдельного дерева, лесной продукции, насаждения, лесосечного фондов. – Екатеринбург: УГЛТА. 1999. – 40 с.
53. Соловьев В.М., Орехова О.Н., Бартыш А.А. Лесная таксация. Таксация отдельного дерева, лесной продукции, насаждения и лесосечного фонда : учеб. пособие. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – 75 с.
54. Суставова О.В. Структура и динамика сосновых древостоев искусственного происхождения в условиях степного Зауралья Дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2004. – 217 с.
55. Ткаченко М.Е. Закон об объеме древесных стволов. – М.: Сельхозиздат, 1911. – 43 с.
56. Труль О.А. Математическая статистика в лесном хозяйстве. Минск: Изд-во Высш. шк., 1966. – 234 с.
57. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. – Л.: Гослесбумиздат, 1952, – 854 с.
58. Тюрин А.В. Таксация леса. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 376 с.
59. Тябера А.П. Площадь роста дерева и ее определение аналитическим способом // Лесной журнал. – 1978, – № 2. – с. 12.
60. Уварова С. С. Рост и фитомасса древостоев липы в Свердловской области: Дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2006 – 240 с.
61. Унжакова С.В. Дендрохронологическая экспертиза при расследовании незаконных рубок лесных насаждений : учеб. пособие – Иркутск: ФГОУ ВПО ВСИ МВД России, 2009. – 56 с.
62. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. – 192 с.
63. Усольцев В. А. Нагимов З.Я. Методы таксации фитомассы деревьев. – Свердловск, 1988а. – 46 с.

64. Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. – М., 1982а. – С. 59-72.

65. Шиятов С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы / Записки Свердловского отделения Всесоюз. ботанич. общества. – Свердловск, 1973. – Вып. 6. – С. 53-81.

66. Яблоков А.С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. – М.: Гослестехиздат, 1934. – 128 с.

Учебное издание

*Нагимов Зуфар Ягфарович, Зубова Светлана Сергеевна,
Сычугова Оксана Валерьевна, Орехова Ольга Николаевна,
Григорьев Андрей Андреевич, Сальникова Ирина Сергеевна,
Постникова Светлана Сергеевна*

ТАКСАЦИЯ ОТДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА

ISBN 978-5-94984-765-7



Редактор Р. В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать 05.11.2020
Формат 60x84/16
Уч.-изд. л. 6,89 Усл. печ. л. 9,30
Тираж 300 экз. (1-ый завод 35 экз.)
Заказ № 7011

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8 (343) 262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2
Тел.: 8(343)362-91-16