

Лекция 1. Введение. Предмет, задачи и объекты лесной таксации. Цели и задачи лесной таксации

Лесная таксация как научная дисциплина изучает методы измерений и оценки таксационных показателей деревьев и древостоев, заготовленной лесной продукции, запасов отдельных насаждений и лесных массивов, закономерности строения, роста и производительности древостоев, прироста отдельных деревьев, насаждений и лесных массивов, количественного (запас) и качественного (товарность) учета и оценки лесосечного фонда, методы таксации лесов и лесного фонда.

Слово «таксация» происходит от латинского «taxatio», что означает «оценка». Отсюда, таксировать лес – это значит его оценивать. Термин «таксация леса» передается на французском языке «Dendrometrie» (дендрометрия), на английском – «Forest mensuration» (лесные измерения). Поэтому в ряде стран Западной Европы (Франция, Польша) эту дисциплину называют «Дендрометрией» (дословно измерение деревьев), а в США и Англии – «Forest mensuration» – лесные измерения. У нас принято название «Лесная таксация», имея в виду, что лесные измерения в этом курсе являются главнейшей темой. Дальнейший прогресс в технике учета лесов тесно связан с заменой визуальных (глазомерных) оценок таксационных показателей более точными измерениями, опирающимися на меру и число [3,21,28,63].

Основными задачами лесной таксации является:

1. Для организации хозяйства в лесу, планирования лесного хозяйства и проектирования лесохозяйственных мероприятий необходимо иметь характеристику лесного фонда по преобладающим породам, группам и категориям защитности лесов по лесничеству, лесхозу, республике, в целом. Эта информация в виде распределений площадей и запасов насаждений по породам, классам возраста, классам бонитета, полнотам и т.д. получается методами лесной таксации в процессе лесоустройства.

2. Рациональное использование лесных ресурсов, оценка их состояния и прогноз динамики лесного фонда, расчет размера лесопользования и рубки леса требуют данных о таксационных показателях однородных лесных участков, насаждений, их строения, приросте, росте и производительности.

3. При проектировании лесохозяйственных мероприятий в качестве первичных основных технических документов используют такса-

ционные описания и планы лесонасаждений, составляемые после проведения лесотаксационных работ в лесу.

4. Большое значение имеет лесная таксация для промышленной таксации лесов. При таксации леса каждому участку (таксационному выделу) дают лесопромышленную оценку запаса насаждения с выходом промышленных сортиментов и выявлением условий эксплуатации. Методами лесной таксации выполняются подготовка лесосечного фонда по главному и промежуточному лесопользованию.

5. Данные, полученные лесной таксацией, используются в оценке лесосырьевых баз для проектирования, строительства и работы лесопромышленных и целлюлозно-бумажных предприятий.

6. При проведении лесотаксационных работ в процессе лесоустройства оценивают водоохранное и защитное значение леса, влияние леса на охрану окружающей среды и успешность ведения сельского хозяйства.

7. Учет всей биомассы, т.е. не только стволовой древесины, но и ветвей, хвои, оценка фитомассы лесов, средообразующих функций лесов, их углерододепонирующей роли.

Лесная таксация – одна из основополагающих дисциплин лесохозяйственного профиля и связана со многими дисциплинами. Так в вопросах изучения законов роста отдельных деревьев и насаждений она тесно соприкасается 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 аэрофотосъемке.

В настоящее время, помимо наземных способов, при таксации леса широко используют материалы аэрофотосъемки и космической съемки лесов.

Особенно тесно лесная таксация связана с лесоустройством. Лесоустройство представляет собой систему лесохозяйственных изысканий, расчетов и действий, направленных на всестороннее изучение лесов, их учет и разработку комплекса мероприятий по организации лесного хозяйства в изучаемом лесном массиве. Составляемый при

лесоустройстве перспективный проект организации и ведения лесного хозяйства, в первую очередь основывается на данных лесной таксации. При решении вопросов, где, как и сколько рубить, какие лесные участки требуют ухода за лесом, где создавать культуры в устраиваемом лесом массиве и др., прежде всего используют таксационные описания.

Объектами лесной таксации являются: 1) отдельное дерево или его часть; 2) совокупность деревьев; 3) заготовленная лесопродукция в виде отдельных сортиментов; 4) древостой как элемент леса; 5) насаждение как совокупность отдельных древостоев – элементов леса; 6) лесной массив как совокупность множества насаждений, занимающих значительные площади.

В соответствии с основами диалектического метода познания объекты лесной таксации в виде отдельных насаждений и их совокупностей рассматриваются не как случайное скопление деревьев, изолированных и независимых друг от друга, а органически связанных внутри себя и с окружающей средой и влияющих при своем росте и развитии друг на друга и на окружающую их среду.

В лесной таксации используются индуктивный (от частного к общему) и дедуктивный (от общего к частному) методы познания. Основным приемом таксационных исследований и способов явился индуктивный метод, с использованием теории вероятностей, математической статистики и выборочных методов планирования эксперимента, теории множеств, теории случайных процессов и других разделов математики.

Наиболее целесообразным оказался метод измерений и массовых наблюдений. При этом методе сначала производят достаточно большое число измерений и наблюдений в лесу, характеризующих те или иные таксационные показатели. Собранный материал анализируют, классифицируют, обрабатывают, устанавливают закономерности и разрабатывают лесотаксационные нормативы.

Метод массовых наблюдений и установление на их основе средних величин содействовали развитию и разработке таксационной теории. В результате применения этого метода установлены соотношения между отдельными таксационными показателями и закономерности в росте деревьев и насаждений.

Для познания законов множеств первостепенное значение имеет статистический метод. Для решения таксационных вопросов он стал применяться в начале 20-х годов XIX века.

Используя методы математической статистики, изучают изменчивость тех или иных таксационных показателей, устанавливают число наблюдений, гарантирующих получение выводов с определенной вероятностью и надежностью. При обработке данных не ограничиваются установлением средних величин. Исходя из соответствующих признаков, собранный материал делят на однородные категории и в пределах этих категорий стремятся найти связь и зависимость между составляющими их компонентами.

Широкое распространение получил в лесной таксации выборочные метод исследования, когда на основе выборок (пробных площадей и площадок, модельных деревьев) получают оценку таксационных показателей насаждений. Ошибки таксации леса вычисляют с использованием ошибок выборки (репрезентативности), ошибок группировки данных, ошибок измерений (инструментов) и т. д. в соответствии с теорией измерений, и математической статистики.

При решении целого ряда задач в лесной таксации используют методы аналитической геометрии (построение графиков и номограмм), различные математические расчеты и математический анализ. Широкое применение находит электронно-вычислительная техника.

Возникновения лесной таксации относится к началу XVIII в., когда с развитием товарного хозяйства лес и его продукты стали предметом купли и продажи. Развитие лесной таксации характеризуется четырьмя периодами [3,16,20].

1) математическое направление (начало XVIII в.) – господство немецкой школы форстматематиков с ее попытками создать универсальные формулы для разрешения всех вопросов теории и практики лесной таксации. Это ложное метафизическое направление оказалось несостоятельным, так как биологическая природа объектов таксации и большая их изменчивость во времени под влиянием различных факторов не позволили выразить их развитие заранее установленными математическими формулами. По форме научного исследования – это метод дедукции (переход от общего к частному), характерный для математики.

Описание простейших приемов учета лесоматериалов, а также запасов древесины на пробных площадях встречалось в лесоводственных книгах в первой четверти XVIII в.;

2) второй период характеризуется накоплением значительного опытного материала с использованием методов статистики, с вычислением средних величин и установлением некоторых зависимостей

между отдельными признаками. Этот индуктивный метод (восхождение от частных знаний к общим) относится к концу XVIII в. и применялся на протяжении XIX в. вплоть до советского периода.

Данное направление оказалось более плодотворным и обеспечило накопление значительного фактического материала по таксационной характеристике отдельных деревьев и насаждений с составлением разного рода вспомогательных таблиц для использования их в практике лесного хозяйства. В частности, в 1846 г. в Баварии были составлены первые массовые таблицы, дающие объемы древесных стволов по диаметру и высоте и получившие широкое распространение. Появился ряд книг типа пособий по лесной таксации.

Отрицательной стороной этого направления явилось то, что в погоне за объемом опытного материала уделялось недостаточное внимание углубленному качественному его анализу, изучению закономерных связей между наблюдаемыми явлениями и фактическими данными.

К началу XVIII в. в России сложилась определенная система горнозаводского лесного хозяйства.

В 1722 г. Петр I издал инструкцию о разделении лесов на сечи, а также об учете корабельных лесов.

В 1766 г. Екатерина II издала закон о генеральном межевании, затронувшем и государственные леса, которые были отграничены от земель других владений.

В 1798 г. был учрежден лесной департамент, в задачу которого входил учет и обследование казенных лесов и организация доходного лесного хозяйства.

Начало лесоустройства в России относится к 1830 г., когда была составлена первая лесоустроительная инструкция «Об управлении лесной частью на горных заводах Уральского хребта», которую надо считать первым трудом по лесоустройству и таксации лесов.

Регулярная работа по учету лесных ресурсов России началась в 40-х годах XIX столетия.

Первая русская лесотаксационная литература была представлена преимущественно переводами немецких учебников, мало пригодных для русских лесов, тормозивших развитие русской лесотаксационной науки.

В 1840 г. появилась оригинальная работа русского таксатора Варгаса А. «Исследование запаса и прироста насаждений С. Петербургской губернии», выполненная с большим знанием и опередившая

на полстолетия лучшие работы подобного рода европейских авторов. Работа Варгаса А. не потеряла своего значения до настоящего времени.

За период с 1841 до 1878 г. появился ряд учебников и пособий по лесной таксации как переводных, так и отечественных (Арнольд Ф. К., Турский М. К., Зобов, Семенов и др.).

В 1880 г. проф. Рудзский А. Ф. опубликовал по поводу этих книг обширную статью, решительно осуждавшую стремление немецких ученых лесного хозяйства превратить лесную таксацию в лесную математику. В статье Рудзского А. Ф. наряду с правильными суждениями содержался ряд ошибочных трактовок о роли теории в лесной таксации, так как придавалось большое значение практике. Последовательно проводя в жизнь свои взгляды, Рудзский А. Ф. издал в 1880 г. «Пособие для лесничих и лесовладельцев» и книгу «Лесная таксация», которая содержала лишь таблицы для таксации леса с пояснением о порядке их использования. Ошибочная оценка Рудзским роли теории в лесной таксации отрицательно повлияла на развитие отечественной лесотаксационной науки и вызвала длительный ее застой.

Создание «Лесного общества» и издание «Лесного журнала» в 1870-1880 гг. оказали заметное влияние на развитие научной мысли в области лесной таксации.

В 1886 г. появились «Русские временные массовые таблицы» для таксации стоящих на корню деревьев. Эти таблицы, несмотря на временный их характер, применялись до 1928 г.

Широкое развитие получила русская лесотаксационная наука в начале XX столетия, когда достигнутые успехи в развитии лесного, хозяйства предъявили повышенные требования к теоретическому обоснованию и углубленной проработке запросов практики. Из работ этого периода отметим следующие: 1) удельные массовые таблицы объема и сбег древесных пород, составленные Крюденером А. (1913), общий объем—20 томов; 2) Орлов М. М. и Шустов Б. А. (1912). Массовые таблицы для стволов сосны по бонитетам; 3) Тюрин А. В. (1913—1916). Таблицы хода роста сосновых насаждений Архангельской губернии и еловых насаждений Северо-Восточной Европейской части России; 4) Шустов Б. А. (1914). Таблицы хода роста порослевых дубовых насаждений южной России; 5) Ткаченко М. Е. (1911). Закон формы древесных стволов и всеобщие таблицы видовых чисел и ряд исследований других авторов.

Советский период развития лесной таксации характеризуется широкой разработкой теоретических положений в лесной таксации в тесной увязке развития теории таксации с запросами производства.

Еще в дооктябрьский период развития лесного хозяйства начали предъявляться повышенные требования к точности учета леса на корню и в заготовленном виде, что в свою очередь требовало научной разработки теории лесной таксации.

После 1917 г. была создана широкая сеть научно-исследовательских учреждений и лесных вузов с кафедрами лесной таксации.

Наряду с накоплением опытных материалов при научной их обработке широко использовались методы математической статистики.

Особое внимание обращалось на углубленный анализ результатов исследования, установление закономерных связей между явлениями и фактами, выражая эти связи в большинстве случаев эмпирическими формулами.

Советский период развития лесной таксации характеризуется тесной увязкой теоретических вопросов с запросами практики социалистического лесного хозяйства и лесной промышленности. Из отдельных работ этого направления можно отметить следующие.

Разработаны методы учета заготовленной лесопродукции в соответствии с требованиями ГОСТов на отдельные сортименты, осуществлен переход учета всей древесины на метрические меры. Составлены многочисленные таблицы для таксации леса на корню по изучению хода роста насаждений и др.

Полностью разработаны методы промышленной сортиментации леса на корню, вовсе отсутствовавшие до 1917 г. Разработаны эффективные методы учета лесных ресурсов на обширных территориях с использованием выборочного метода и применением лесной аэрофотосъемки и аэротаксации.

Широкое внедрение в практику лесотаксационных научных исследований получили методы математической статистики, обеспечивающие получение научно обоснованных результатов исследования при заранее установленном числе наблюдений.

Внедрение в производство результатов исследований оказало большое влияние на организацию социалистического лесного хозяйства.

Лесотаксационная литература в советский период обогатилась выпуском большого числа учебников и научно-исследовательских работ.

В 1923 г. вышел в свет капитальный труд проф. Орлова М. М. «Лесная таксация» (переиздавался в 1925 и 1929 гг.), содержащий обобщение и подытоживание научных достижений в области теории и практики как в нашей стране, так и в Западной Европе.

В 1927 г. проф. Турский Г.М. опубликовал учебник «Лесная таксация». В 1938 г. вышел в свет учебник «Таксация леса» проф. Тюрина А.В., (переиздан в 1945 г.). В 1952 г. выпущен учебник «Лесная таксация» проф. Анучина Н. П. Необходимым дополнением к перечисленным учебникам являются лесотаксационные справочники проф.: Орлова М.М. (7 изданий); Тюрина А.В., Науменко И.М. и Воропанова П. В. (2 издания); Третьякова Н.В., Горского П.В. и Самойловича Г. Г.

В области изучения закономерностей в строении насаждений необходимо отметить работы проф. Третьякова Н. В. и Тюрина А.В.

Выполнено много работ по исследованию хода роста насаждений (авторы: Тюрин А. В., Науменко И. М., Давидов М. В., Любимов Б. В. и Корш В. П., Захаров В. К., Моисеенко Ф. П. и др.).

В 1931 г. вышел в свет большой труд «Массовые таблицы для основных древесных пород», выполненный по специальному правительственному заданию (проф. Товстолес Д. И., Захаровым В. К., Шустовым Б. А. и Тюриным А. В.).

По отдельным республикам и краям был составлен ряд массовых таблиц местных древесных пород. В помощь производству в области промышленности сортиментации леса на корню был разработан ряд сортиментных и товарных таблиц (проф. Анучин Н. П., Моисеенко Ф. П., проф. Третьяков Н. В. и Горский П. В. и др.). Получил широкое освещение вопрос о применении математической статистики в лесной таксации (работы проф. Кондратьева А. И., Захарова В. К., Тюрина А. В., Моисеенко Ф. П. и Здорика М. Г. и др.).

Проф. Науменко И. М. разработал вопросы прироста насаждений. Проф. Анучин Н. П. впервые внес в теорию таксации леса номографический метод. В области разработки методов аэрофотосъемки и внедрения ее в производство отмечается ведущая роль проф. Самойловича Г. Г.

Научно-исследовательскими институтами лесного хозяйства и лесными вузами выпущены многочисленные сборники научных тру-

дов, охватывающие также вопросы теории и практики лесной таксации.

4. Современный период развития лесной таксации характеризуется широким использованием новых электронных оптических и лазерных лесотаксационных приборов и инструментов, выборочных измерительных методов таксации, электронных регистраторов учета лесов и лесопroduкции, моделировании роста леса на ЭВМ, спутниковой навигации.

В практике лесоустройства начали широко использоваться выборочные методы таксации леса (реласкопические круговые площадки постоянного радиуса и постоянной величины и т.д.).

Новые электронные мерные вилки с регистрацией и вводом данных в компьютер, оптические лазерные высотомеры, электронные регистраторы данных таксации лесов (полевой компьютер таксатора), регистраторы учета лесопroduкции в лесу, системы спутникового позиционирования и отвод границ лесных площадей позволяют значительно увеличить точность лесотаксационных работ и уменьшить их себестоимость.

Лекция 2. Лесотаксационные приборы и инструменты. Системы спутниковой навигации

Толщина стволов или его частей, а также заготовленных круглых сортиментов, измеряется мерной вилкой, реже – складным метром. Мерная вилка (рис. 1) состоит из мерной линейки 1, подвижной ножки 2 и неподвижной ножки 3. На мерной линейке нанесена шкала с цифрами с ценой деления 1 см, с одной стороны, и 0,5 см с другой. На шкале нанесены цифры, служащие для фиксации размера диаметра дерева. Подвижная ножка 2 благодаря имеющемуся в ней отверстию может свободно перемещаться вдоль мерной линейки. Неподвижная ножка 3 плотно соединена с мерной линейкой 1 (под углом 90°) и составляет с ней одно целое. Для закрепления подвижной ножки в нужном положении в ней предусмотрен стопорный винт 4.

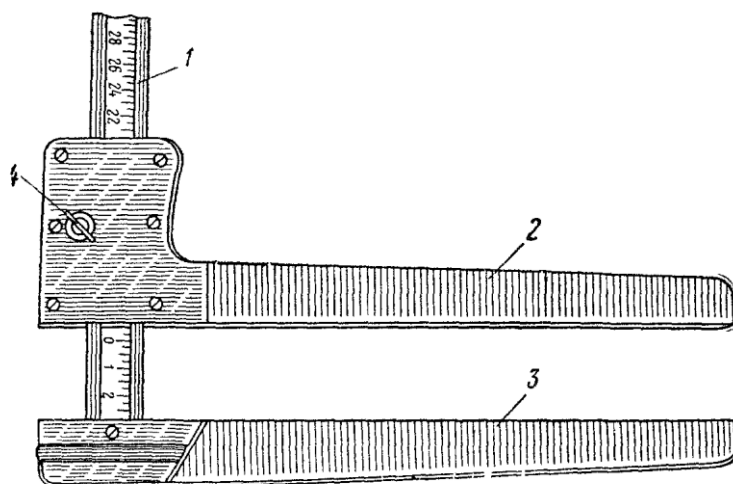


Рис. 1. Мерная вилка по ГОСТу

При измерении толщины ствола его охватывают ножками вилки так, чтобы и они, и линейка касались поверхности ствола; по мерной линейке делается отсчет измеренного диаметра.

Материалом для изготовления мерной вилки служат дерево, алюминий. Мерная вилка, принятая в СССР в качестве ГОСТа, деревянная, современные шведские мерные вилки металлические.

Вследствие разбухания или усыхания деревянных частей вилки, например подвижной ножки, последняя может расшатываться и давать неправильные показания. Для устранения этого вырез в подвижной ножке делают нескольких больших размеров и вставляют в него

металлический вкладыш с пружинками и стопорным винтом 4. При завинчивании стопорного винта вкладыш плотно закрепляет подвижную ножку в любом месте линейки перпендикулярно к ней.

При разбухании деревянных частей линейки вкладыш отводит винтом назад.

Плоскости рабочих ножек должны быть перпендикулярны к линейке. При полном сближении обеих ножек их рабочие плоскости плотно соприкасаются.

Деления мерной вилки называются ступнями толщины и могут иметь различную величину:

при 1 см ступени 1 2 3 4 5 6 и т. д.,

при 2 см ступени 2 4 6 8 10 12 »

при 4 см ступени 4 8 12 16 20 24 »

При отсчетах диаметры 0,5 ступени и более округляются вверх до следующей ступени, менее 0,5 ступени в расчет не принимаются. Для точных научных исследований имеются мерные вилки с миллиметровыми делениями.

Для облегчения отсчетов округленных ступеней при перечете деревьев первая ступень наносится на мерную линейку в половинном размере, например 0,5 при сантиметровых делениях, 1 см – при 2 см, 2 см – при 4 см и т. д. В этом случае отсчет диаметра проводится по видимой на линейке цифре слева с уже готовым округлением.

Требования к качеству мерной вилки: а) ножки вилки должны быть перпендикулярны к мерной линейке; б) деления мерной линейки должны быть четко и верно нанесены; в) мерная вилка должна быть прочной, легкой и удобной для пользования; г) длина ножек должна быть больше половины диаметров измеряемых стволов; д) движения подвижной ножки должны быть плавными и легкими; е) при полном сближении ножек внутренние их грани должны соприкасаться на всем протяжении; ж) прорезь подвижной ножки вилки не должна быть ослабленной или деформированной [19, 20].

Последний недостаток создает люфт, в результате чего происходит перекося подвижной ножки, а следовательно, искажение диаметра измеряемого объекта, что показано на рис. 2, где d – диаметр действительный; d_1 – диаметр, измеренный неисправной вилкой, Δd – погрешность в измерении d .

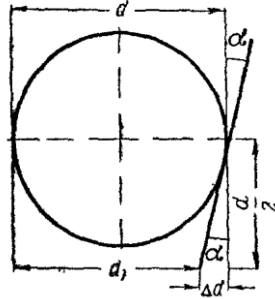


Рис. 2. Погрешность измерения диаметра ствола от неисправности мерной вилки.

Из рис. 2 можно заключить, что

$$\Delta d = 0,5dtga.$$

В процентах к d погрешность Δd составит:

$$p = \frac{\Delta d \cdot 100}{d} = \frac{0,5dtga \cdot 100}{d} = 50tga$$

При угле $\alpha = 1^\circ$ тангенс угла равен 0,0177, следовательно, $p = 50 \cdot 0,0177 = 0,85\%$.

При угле $\alpha = 3^\circ$ величина $p = 2,5\%$, при угле $\alpha = 5^\circ$ $p = 4,25\%$. Ошибка в измерении диаметра вызывает двойную ошибку в определении объема ствола. Таким образом, на устранение неисправностей мерной вилки необходимо обращать серьезное внимание.

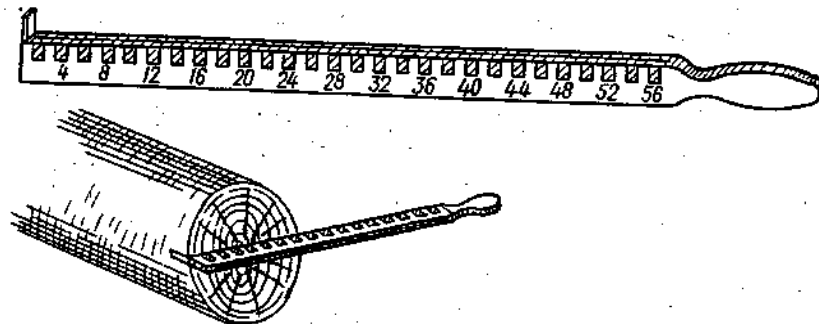


Рис. 3. Мерная скоба и обмер ею диаметров бревен

Толщину круглых сортиментов измеряют преимущественно в тонком верхнем конце (торце) мерной скобой (рис. 3) или же рулеткой. Мерная скоба состоит из деревянного бруска длиной до 80 см с нанесенными на нем с двух сторон сантиметровыми или полусантиметровыми делениями. Один конец бруска заканчивается ручкой, на другом конце укреплен металлическая пластинка с выступом при-

мерно на 1 см. Этот выступ служит для накладывания скобы на торец бревна при обмере его толщины; линейка при этом не соскакивает.

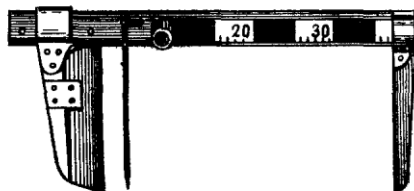


Рис. 4. Шведская мерная вилка на шесте для измерения диаметров дерева на различных высотах.

Мерной вилкой можно измерять толщины стоящих деревьев только в нижних частях, от пня до высоты, лишь несколько превышающей рост человека. Между тем в практике, а также для проведения научно-исследовательских работ иногда требуется тщательное измерение диаметра ствола на большей высоте, например, где кончается первый комлевой отрез сортимента.

Для этой цели применяется мерная металлическая вилка, укрепляемая на шесте заданной длины, с особым устройством или с раздвижным штативом. Эта вилка также имеет две ножки – неподвижную и подвижную (рис. 4).

Различные типы мерных вилок показано на рис. 5.

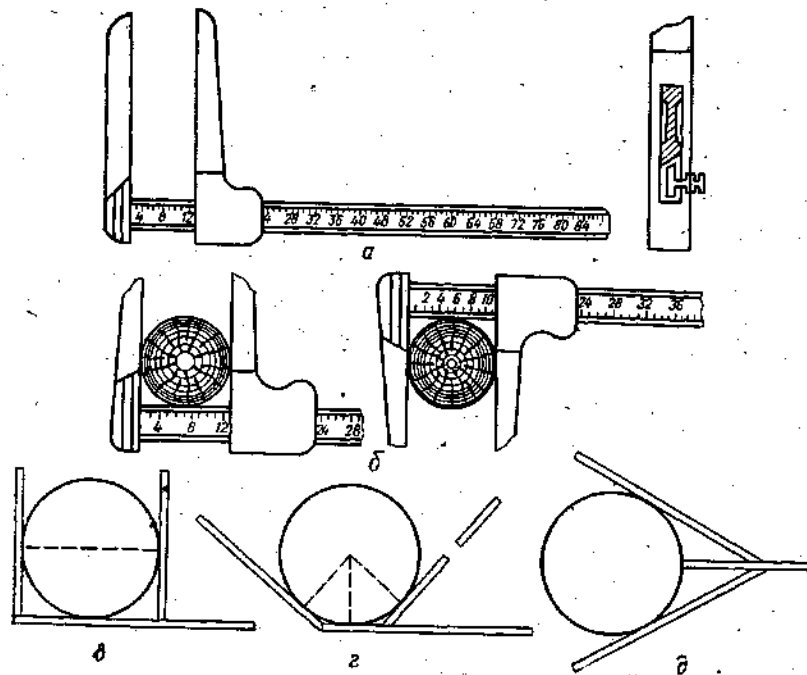


Рис. 5. Мерные вилки:

а – общий вид; б – измерение диаметра при различных положениях вилки; в, г, д – типы мерных вилок

Определение толщины ствола на разных высотах, недоступных для непосредственного измерения на расстоянии, производится дендрометрами различных конструкций.

При таксации деревьев на корню необходимо измерять как их общую высоту H , так и высоту частей. Для этого применяются специальные приборы – высотомеры, конструкция которых основана на тригонометрическом, геометрическом или оптическом принципах (В.К. Захаров, 1967, Н.П. Анучин, 1982).

Допустим, что нужно измерить высоту дерева, показанного на рис. 6. Для этого, отойдя от дерева на расстояние $AM = b$, примерно равное высоте дерева, надо измерить каким-либо инструментом, установленным на высоте $MN = l$, угол $\alpha = \angle BNC$ между горизонтальной линией NC и линией визирования NB . Тогда высота дерева

$$AB = H = NC \operatorname{tg} \alpha + l = b \operatorname{tg} \alpha + l$$

Вместо непосредственного измерения величины $l=CA$ можно измерить угол $\beta = \angle CNA$, тогда

$$AC = NC \cdot \operatorname{tg} \beta = b \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

высота $H=BC+CA$, следовательно,

$$AB = b \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot \operatorname{tg} \beta = H = b \left(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta \right)$$

Для того чтобы измерить дерево на пониженной поверхности земли AM (рис. 7), нужно измерить углы α и β , визируя на основание (A) и вершину дерева (B). В этом случае

$$AB = H = NC \cdot \operatorname{tg} \alpha + NC \cdot \operatorname{tg} \beta = NC \left(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta \right).$$

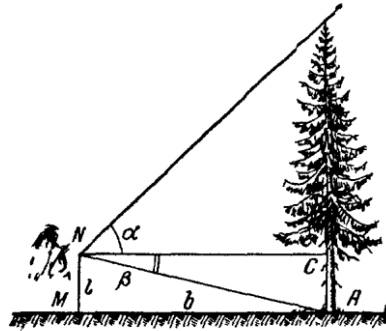


Рис. 6. Измерение высоты дерева по тригонометрическому принципу на горизонтальной поверхности

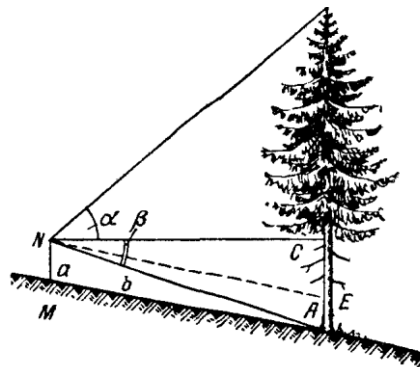


Рис. 7. Измерение высоты дерева на пониженной местности по тригонометрическому принципу

Для определения длины NC надо решить треугольник AMN , в котором $\angle MNA = 90^\circ - \beta$, отсюда

$$\sin \angle NAM = \frac{NM}{AM} = \frac{l}{b} \cdot \sin \alpha, \quad AN = \frac{b \cdot \sin \angle NMA}{\sin \alpha}$$

и, наконец, из $\triangle ANC$ имеем $NC = AN \cos \beta$.

Если дерево находится на возвышении (рис. 8), то высота дерева $AB=BC-AC$, $BC=NC \operatorname{tg}\alpha$, $AC=NC \operatorname{tg}\beta$. При этом величина NC определяется указанным выше способом, однако учитывая, что $\angle MNA = 90^\circ + \beta$.

Портативен и удобен в работе построенный на тригонометрическом принципе маятниковый высотомер Макарова (рис. 9). Он состоит из металлического сектора 1, прикрепленного к трубке 2, предназначенной для визирования на вершину дерева. В верхней части сектора укреплен вращающийся на шарнире маятник с заостренной на конце стрелкой. Показания шкалы базиса 10 и 20 м.

Для того чтобы измерить этим высотомером дерево на горизонтальной поверхности, отходят от него на постоянную величину 10 или 20 м, считая от основания (постоянные базисы), и визируют через трубку на вершину дерева. Стрелка маятника укажет измеряемую высоту дерева в зависимости от базиса. К полученному результату необходимо прибавить высоту до уровня глаза наблюдателя.

Если дерево расположено на наклонной поверхности, то, отмерив базис по горизонтальному положению 10 или 20 м, визируют на вершину дерева и делают отсчет согласно указаниям маятника, затем визируют на основание дерева, повернув высотомер на 180° .

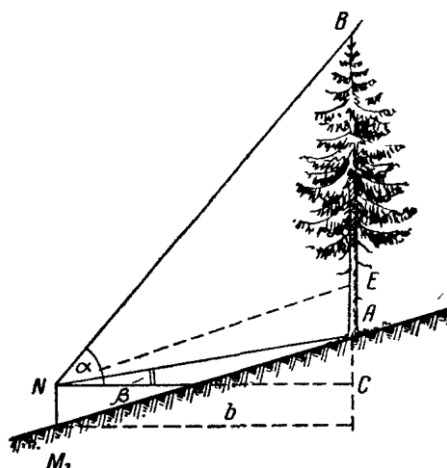


Рис. 8. Измерение высоты дерева по тригонометрическому принципу на повышенной местности

Оба отсчета складывают и получают высоту дерева, не делая добавок на высоту глаза наблюдателя.

Если дерево находится на возвышенности, измеряют базис по горизонтальному положению до основания дерева, визируют вначале

на его вершину, а затем на основание: разность отсчетов дает высоту дерева без добавок на высоту глаза наблюдателя.

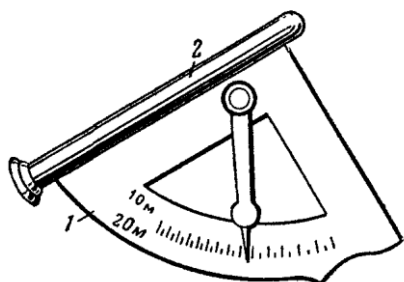


Рис. 9. Общий вид высотомера Макарова

Теоретическое обоснование высотомера Макарова приведено на рис. 10, где $BA_2=BC+CA_2=H$ – высоте дерева; $AC=A_1A_2$ – базис. Из $\triangle ABC$ имеем:

$$BC = AC \operatorname{tg} \beta = AC \operatorname{tg} (90 - \alpha) = AC \operatorname{ctg} \alpha; H = AC \operatorname{ctg} \alpha + h.$$

Обоснования измерения H на понижении или повышении местности приведены выше; следует лишь учесть, что $\angle \beta = 90 - \alpha$.

Пример: длина базиса $A_1A_2 = 20$ м, угол $ABC = \alpha = 39^\circ$, угол $BAC = \beta = 90 - \alpha = 51^\circ$. $\operatorname{tg} \angle 59^\circ = 1,26$. $BC = AC \operatorname{tg} \beta = 20 \cdot 1,26 = 25,2$ м. Высота дерева $H = BC + CA_2 = 25,2 + h$; h – высота глаза наблюдателя в точке A (в среднем 1,4 м); таким образом, $H = 25,2 + 1,4 = 26,6$ м.

Угол α образуется линией визирования на вершину дерева и линией отвеса (маятника). Для удобства практического использования высотомера на шкале его вместо градусной величины угла α или угла $\beta = 90 - \alpha$ нанесены соответствующие им высоты, указываемые стрелкой маятника.

При постоянной величине базисов – 10 или 20 м – высота дерева непосредственно отсчитывается на шкале плюс h – высота глаза наблюдателя. Если базис = 30 м, то надо сложить показатели шкалы для 10 и 20 м плюс h .

Крупным недостатком высотомера Макарова является его малый размер, что не обеспечивает точности визирования на вершину дерева и приводит к ошибке в отсчете высот. Высотомеры увеличенных размеров обеспечивают лучшие результаты. Высотомеры, построенные на геометрическом принципе, основаны на подобию треугольников, один из которых проектируется на местности, другой – на приборе.

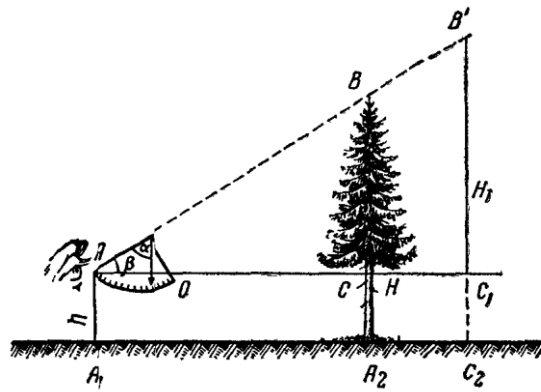


Рис. 10. Схема измерения высоты дерева на горизонтальной местности с использованием высотомера Макарова

Имеется много различных конструкций высотомеров, но принципиальная схема их устройства одинаковая (рис. 11).

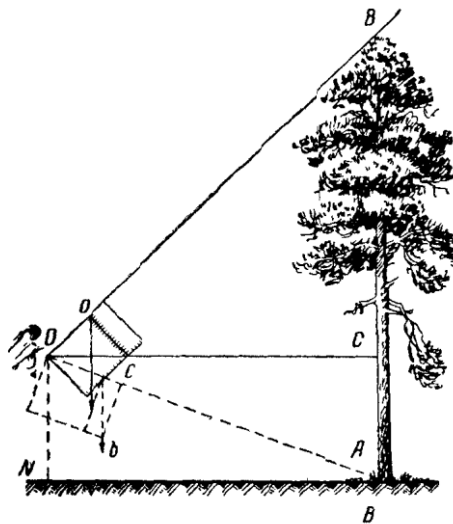


Рис. 11. Общая схема высотомеров, построенных по геометрическому принципу.

На прямоугольной пластинке $Oocb$ нанесены деления; в точке o укреплена нить ob с отвесом; наблюдатель, находящийся в точке N , отстоящей от основания дерева на расстоянии NA , измеренном мерной лентой (базис), визирует на вершину дерева B вдоль сторон прямоугольника Oo . Нить отвеса ob укреплена в точке o на делении, отвечающем числу единиц измерения базиса NA . В этом случае нить отвеса пересечет в точке b цифру деления, отвечающего высоте BC .

Если дерево находится на горизонтальной поверхности, то для определения всей его высоты следует к величине BC прибавить высоту глаза наблюдателя h . Техника измерения строится на подобии треугольников OBC и obc , у которых $\angle BOC = \angle boc$, так как они образованы взаимно перпендикулярными сторонами, а стороны треугольников пропорциональны; $BC : bc = OC : oc$. Следовательно, $BC = \frac{bc \cdot OC}{oc}$; так как нить отвеса укреплена на цифре деления, отвечающего числу единиц измерения базиса NA , то нить отвеса в точке b будет непосредственно указывать величину BC в единицах измерения базиса.

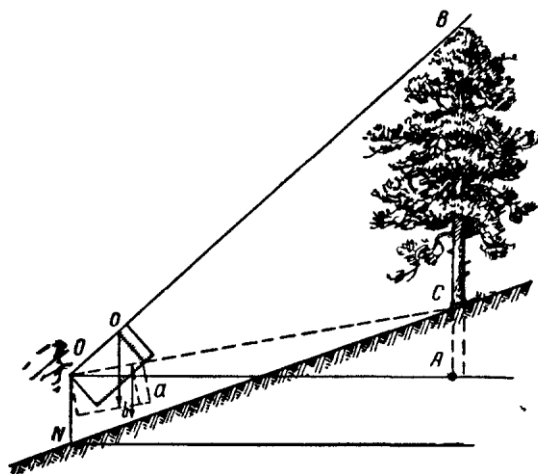


Рис. 12. Измерение высоты дерева на повышении при помощи высотомера, построенного на геометрическом принципе

При расположении дерева на пониженной поверхности необходимо проводить два отсчета: на вершину дерева и на основание; в этом случае высота дерева H будет складываться из суммы двух отсчетов $BC + CA$, без прибавления величины h .

Если дерево расположено на повышенной поверхности, то высота его определяется как разность отсчетов по нити отвеса при визировании на вершину и основание дерева (рис. 12). В этом случае имеем две пары подобных треугольников: $OBA \sim oba$ и $OCA \sim oca$. Исходя из подобия первой пары треугольников, отсчет b на вершину дерева B дает величину BA , второй отсчет на основание дерева C дает величину CA .

На геометрическом принципе построены высотомеры нескольких конструкций: зеркальный высотомер, высотомер при дендрометре Вимменауэра, высотомер Вейзе, безбазисный высотомер Христана и

др. На этом же принципе основано использование мерной вилки в качестве высотомера.

Зеркальный высотомер (рис. 13) представляет собой деревянную прямоугольную пластинку 1, снабженную для визирования диоптрами 2. Для установки длины базиса служит движущаяся в пазе узкая пластинка 3, в верхнем конце которой укреплена нить отвеса; пластинка может вставляться в паз любым концом. Вдоль обеих сторон паза нанесены деления так, что деления одной стороны продолжают деления другой. Нумерация делений начинается снизу у правой шкалы, обозначаемой цифрой II, и продолжается на левой, обозначаемой цифрой I. На выдвижной пластинке против делений шкалы 5 и 20 проведены горизонтальные черточки, по которым планка может быть установлена на то число делений, сколько единиц длины в базисе.

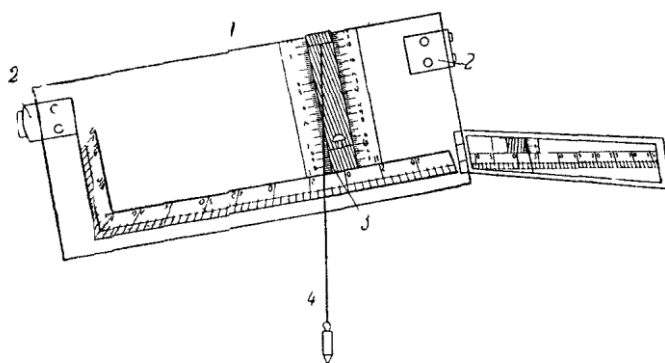


Рис. 13 Общий вид зеркального высотомера.

Шкала высот с теми же делениями, что и на пластинке, нанесена в нижней части дощечки, причем нуль шкалы высот совпадает с нулем шкалы базиса, и деления на ней нанесены в обе стороны от нуля. Шкала высот вместе с нитью отвеса отражается в узком длинном зеркале, вращающемся на шарнире около ребра дощечки; цифры на шкале высот написаны в обратном изображении, так что в зеркале они отражаются в прямом виде.

Техника измерения высоты следующая: отходят от измеряемого дерева на расстояние примерно равное его высоте и останавливаются в таком месте, откуда хорошо видна вершина дерева; после этого измеряют длину базиса, т. е. расстояние от наблюдателя до основания дерева. Точку прикрепления нити отвеса на выдвижной пластинке подводят на ту цифру шкалы базиса, которая соответствует числу

единиц измерения базиса. При этом пластинку оставляют без изменения если базис равен 20 м; если базис менее 20 м, то пластинку вставляют в паз обратным концом и вдвигают до соответствующего деления шкалы; если же базис больше 20 м, то пластинка выдвигается вверх, за ребро дощечки, и в этом случае отсчет делается по левой шкале от нижней поперечной черты.

При визировании на вершину дерева нить отвеса пересечет деление шкалы высот; при горизонтальном рельефе поверхности к полученной цифре прибавляется высота глаза наблюдателя h . При понижении поверхности делается два отсчета на вершину и на основание дерева, и высота его получается из суммы двух отсчетов. Наоборот, при расположении дерева на возвышении высота его будет получаться как разность двух отсчетов (на вершину и на основание). Теоретическое обоснование техники измерения высот деревьев приведено выше.

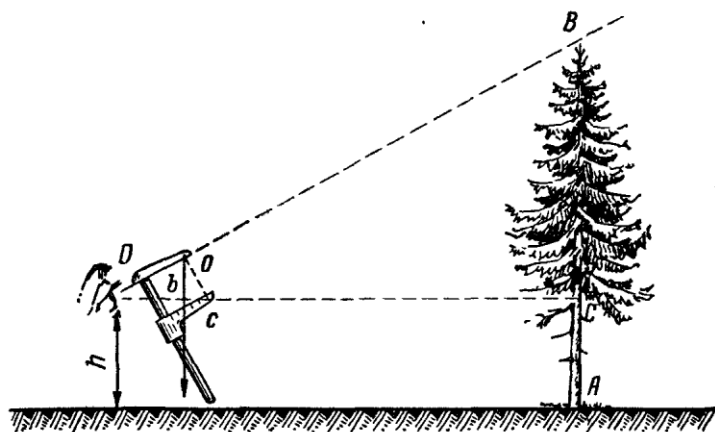


Рис. 14. Измерение высоты дерева мерной вилкой

Использование мерной вилки в качестве высотомера (рис. 14) проводится следующим способом: на подвижную ножку ее наносят деления, а на неподвижной против нуля делений укрепляется нить отвеса; длина базиса отмечается на мерной линейке отодвиганием подвижной ножки на число делений, равное числу единиц измерения базиса.

Визирование на вершину дерева проводится по неподвижной ножке. При горизонтальной поверхности высота дерева устанавливается по цифре деления на подвижной ножке, увеличенной на высоту

глаза наблюдателя h . При другом характере поверхности поступают так, как это было указано в отношении зеркального высотомера.

Построение подобного треугольника видно из рис. 14 и не требует повторных пояснений к ранее изложенному геометрическому принципу построения высотомера.

Безбазисный высотомер Христана (рис. 15) представляет собой металлическую или деревянную линейку шириной до 2,5 см и толщиной не более 1,5 мм (металлическая) и до 5 мм деревянную, с выступами вверху к низу, расстояние между которыми 30 см; на линейке нанесены неодинаковой величины деления (шкала высот). При применении высотомера необходима рейка длиной 4 м. Рейка устанавливается у основания дерева и заменяет собой базис.

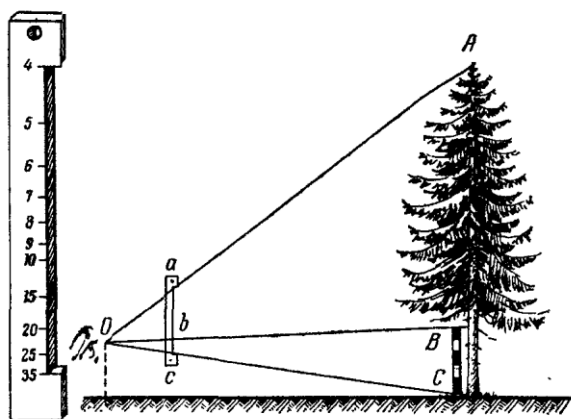


Рис. 15. Высотомер Христана. Схема измерения высоты дерева с использованием безбазисного высотомера Христана

Для измерения высоты дерева выбирают место, с которого удобно визировать на его основание и вершину, и, держа высотомер в вертикальном положении, визируют через выступы линейки на верхушку и основание дерева, а также на верхушку приставленной к дереву рейки; луч зрения OB пересечет на линейке деление, которое и обозначает высоту дерева AC без каких-либо коррективов.

Теоретическое обоснование высотомера базируется на подобии двух пар треугольников:

1. $Oac \sim OAC$; откуда $AC : ac = OC : Oc$;
2. $Obc \sim OBC$, $BC : bc = OC : Oc$.

Следовательно, $\frac{AC}{ac} = \frac{BC}{bc}$, откуда $AC = H + BC \cdot \frac{ac}{bc}$

$AC = H = BC$, где BC и ac – постоянные величины, равные 4 м и 0,3 м.

Следовательно, $H = \frac{4 \cdot 0,3}{bc} = \frac{1,2}{bc}$

Отсюда можно вычислить значение bc для различных величин H , а именно: $bc = \frac{1,2}{H}$.

Полученные таким методом данные для различных H наносят снизу вверх на линейку и надписывают соответствующие им величины H .

Высотомер Христена может быть изготовлен самостоятельно с использованием для этой цели чертежной деревянной линейки. Значения bc для различных высот приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Значение шкалы высотомера Христена

$H, м$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$bc-мм$	240	200	171,5	150	133,5	120	109	100	92	86	
$H, м$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$bc-мм$	80	75	70	66,5	63	60	57	54,5	52	50	48

Для малых высот расчеты bc целесообразно проводить с точностью до 0,5 м.

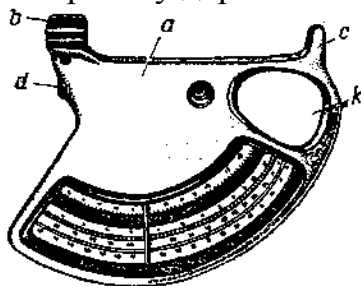
Преимущества высотомера Христена: 1) не требует измерения базиса; 2) позволяет с одного положения измерять высоты многих деревьев; 3) дает возможность определять высоты как на горизонтальной, так и на пониженной и повышенной поверхностях без дополнительных вычислений; 4) почти вдвое экономится время по сравнению с другими высотомерами, требующими измерения базиса: за день один техник с одним рабочим может измерить до 700 – 900 стволов.

К недостаткам высотомера относится трудность одновременного визирования на три точки, что устраняется при некоторой тренировке техника.

В силу различной величины делений линейки низкие деревья могут быть измерены с большей точностью, чем высокие.

Высотомер Блюме – Лейсса. Высотомер Блюме – Лейсса имеет корпус a в виде сектора круга. Глазной c и предметный b диоптры расположены в концах верхней грани корпуса высотомера. Рядом с

предметным диоптром находится спускной крючок *d*, который закрепляет в нужном положении маятник высотомера. В верхней части корпуса имеется вырез *k*, через который пропускают большой палец руки при визировании на вершину дерева.



Высотомер Блюме – Лейсса

На обратной стороне корпуса шурупами прикреплена табличка, содержащая поправки к измерениям при гористом рельефе. Эта же табличка позволяет перевести градусы уклона местности в проценты.

Высотомер изготовлен из легкого металла. Его механические части помещены внутри корпуса, что исключает повреждение механизма. Масса высотомера 320 г, размеры 18X15X2 см.

Высота деревьев определяется по четырем дугообразным шкалам с высотными делениями. Каждая шкала служит для визирования на дерево с различных расстояний: 15; 20; 30 и 40 м. С помощью пятой, нижней, шкалы определяют в градусах крутизну склонов, проводят нивелирование дорог и канав. Все шкалы защищены стеклом.

Высота деревьев и глубина пониженных мест, которые можно определять с помощью четырех шкал высотомера, приведены в табл. 1.

При измерении высоты дерева сначала необходимо определить расстояние от измеряемого дерева до таксатора. Для этой цели служит базисная складная лента, закрепляемая на измеряемом дереве с таким расчетом, чтобы ее нулевое деление было расположено на высоте глаз. Таксатор отходит от измеряемого дерева и, передвигаясь на несколько шагов вперед или назад, в оптический измеритель ищет одно из четырех чисел (15; 20; 30 или 40), находящихся на базисной ленте на том же уровне, что и нулевое деление. Допустим, что в оптическом измерителе получилось изображение, при котором нулевое деление стоит на одном уровне с делением 20. Это означает, что расстояние от основания ствола измеряемого дерева до уровня глаз таксатора равно 20 м.

Чтобы добиться точного определения расстояния при рассматривании через оптический измеритель базисной ленты, высотомер необходимо слегка поворачивать. Тогда получится наиболее яркое изображение базисной ленты.

Установив расстояние от пункта наблюдения до дерева, надо нажать на кнопку, находящуюся на обратной стороне высотомера. В результате освободится маятник. Сначала визируют на вершину дерева, а затем на его основание. Визирование должно продолжаться до тех пор, пока маятник не перестанет качаться, т. е. не встанет в вертикальное положение. После этого, не переставая через диоптры визировать на вершину дерева, нажимают указательным пальцем на спусковой крючок. Тогда маятник остановится на том делении шкалы, которое будет определять высоту дерева от вершины до уровня глаза. Визирование на основание дерева аналогично визированию на его вершину. С его помощью определяют расстояние от шейки корня дерева до глаза наблюдателя. Суммируя результаты отсчета на шкале при визировании на вершину и на основание дерева, находят его высоту.

Если таксатор находится в горах ниже уровня основания дерева, необходимо отсчет при визировании на основание вычесть из отсчета при визировании на вершину дерева. Когда дерево расположено на склоне крутизной более 10° , необходимо внести поправку на рельеф. Для этого с помощью пятой шкалы высотомера определяют угол наклона. В поправочной таблице находят величину поправки на высоту, соответствующую установленному углу наклона, и умножают ее на высоту дерева. Полученный результат вычитают из ранее определенной высоты дерева.

Устройство высотомера маятниковой конструкции, каким является высотомер Блюме–Лейсса, основано на тригонометрических расчетах.

Предположим, надо измерить высоту дерева CD (рис. 13). Отойдём от дерева на расстояние $AB=10$ м и из точки A будем визировать на вершину измеряемого дерева. При этом маятник высотомера, обозначенный на рисунке линией от займет вертикальное положение. Маятник и визирная трубка образуют угол, равный углу ACB . Оба эти угла на рисунке обозначены через a . Отношение длины AB к длине линии BC составляет тангенс угла a . Длина линии AB принимается постоянной, равной 10 м.

Возьмем другой пример. Требуется измерить высоту у двух деревьев. Высота первого дерева от уровня глаза наблюдателя до вершины равна 10 м, второго дерева – 15 м ($C_1B_1 = 10$ м, $C_2B_2 = 15$ м). Соответственно этим условиям тангенс угла α , образуемого маятником и визирной линией, будет равен:

а) для первого дерева

$$tga = \frac{AB}{C_1B_1} = \frac{10}{10} = 1;$$

б) для второго дерева

$$tga = \frac{AB}{C_2B_2} = \frac{10}{15} = 0,67.$$

Аналогичным способом могут быть найдены тангенсы углов α , образуемых маятником и линией визирования, для "деревьев любой высоты.

Тангенсу, равному 1, соответствует угол 45° , а тангенсу равному 0,01 угол $33^\circ 40'$. Эти углы наносят на сектор высотомера.

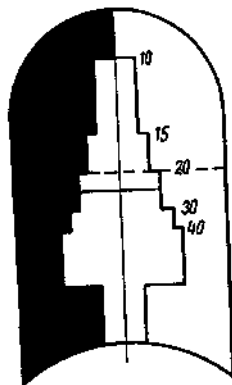
При их построении за вершину угла берут ось маятника, а за одну из сторон этого угла – линию, проходящую через ось маятника параллельно визирной линии. Угол равный 45° на секторе отмечают делением и под ним ставят цифру 10. Маятник высотомера будет отсекал это деление тогда, когда высота дерева над уровнем глаза наблюдателя будет равна 10 м.

Против деления, соответствующего углу $30^\circ 40'$, наносят цифру 15. Она определит высоту дерева, превышающего уровень глаза наблюдателя на 15 м.

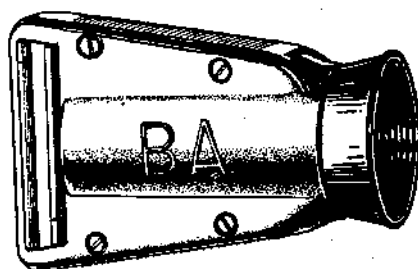
Аналогичным методом наносят на шкалу высотомера деления для определения всех прочих высот деревьев, разнящихся между собой на 1 м.

Высотомер «Метра». В Чехословакии сконструирован высотомер, носящий название «Метра». Конструкции этого высотомера и высотомера Блюме – Лейсса весьма близки. Разница заключается в том, что в «Метра» предметный диоптр одновременно является дальномером, позволяющим измерять расстояние от дерева до наблюдателя. Диоптр-дальномер представляет собой ступенчатую рамку (рис. 14). В дальномерной рамке отдельные расстояния до дерева фиксируются разной шириной рамки, имеющей несколько уступов. При определении расстояния до дерева к его стволу ставят 2 – метровую палку. Если при визировании на дерево верхний конец палки окажется в

дальномере на уровне цифры 10, то это означает, что таксатор находится от дерева на расстоянии 10 м. Если бы конец палки оказался на уровне цифры 20, то следовательно, расстояние до дерева было бы равным 20 м.



Диоптр-дальномер чехословацкого высотомера «Метра»



Оптический высотомер (общий вид)

Чтобы расстояние до дерева было кратным 5, таксатор передвигается вперед или назад, стремясь при этом достигнуть такого положения, при котором конец 2-метровой палки находился бы на линии визирования, проходящей через соответствующее число дальномера.

Оптический высотомер (ВА). Анучин Н.П. сконструирован высотомер, названный оптическим (рис. 15). Он состоит из корпуса, смонтированного из двух симметричных половинок, стянутых винтами. Внутри корпуса в отдельном тубусе размещена оптическая система: объектив и окуляр. Оптическая система в несколько раз уменьшает изображение предмета. Объектив состоит из двух вогнуто-выпуклых линз. Окуляр прибора снабжен наглазником. На корпусе прибора со стороны объектива нанесены две отсчетные шкалы: одна для измерения с расстояния 15 м, вторая – 20 м.

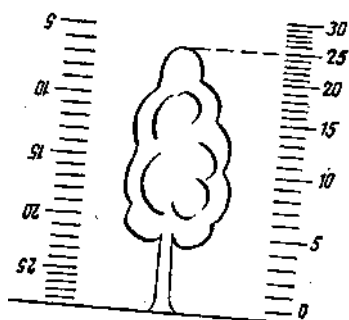
Регулировка прибора осуществляется путем передвижения тубуса относительно шкал. При этом необходимо ослабить винты, стягивающие корпус прибора.

В оптическом высотомере лучи света, идущие от измеряемого дерева AB , прохождения через рассеивающую линзу (объектив) расходятся веером.

Если эти лучи попадут в глаз, то мы увидим мнимое прямое изображение дерева A_1B_1 , которое будет сильно уменьшенным.

При непосредственном глазомерном наблюдении высоких деревьев с близкого расстояния угол зрения очень велик (порядка 60°).

Визирный прибор, сконструированный для измерения такого большого угла, будет громоздок. В портативном визирном приборе этот угол должен быть уменьшен.



Шкала оптического высотомера

Рассеивающие линзы в данном случае и применяются для того, чтобы сузить угол зрения при измерении высоких объектов. В передней части высотомера имеется прямоугольная прорезь, через которую рассматривается измеряемое дерево. При небольших габаритах прибора шкалы, нанесенные на внутренней поверхности передней стенки высотомера, расположены на близком расстоянии от глаза, поэтому для лучшей их видимости в окулярной части прибора установлена слабая лупа (+5 диоптрий).

Лупа мало влияет на изображение, получаемое при помощи объектива. Установкой окуляра (лупы) достигается возможность одновременного рассматривания уменьшенного изображения дерева и высотомерных шкал.

Преимуществом данной схемы является то, что она дает прямое изображение. В ряде же других оптических устройств, например в некоторых дальномерах, получается обратное изображение. Во многих

оптических измерительных приборах для того, чтобы получить прямое изображение, прибегают к дополнительной установке призм или даже систем призм. Это сильно усложняет изготовление приборов и затрудняет их юстировку (точную подгонку, регулирование).

Возрастные бурава – предназначены для исследования роста и состояния деревьев, а также для тестирования состояния древесины строительных конструкций зданий, столбов, деталей судов. Исследование кернов, полученных при бурении деревьев, позволяет определить их возраст и радиальный прирост, влияние загрязнителей, удобрений, повреждений и других внешних воздействий. При работах по пропитке древесины с помощью буров определяется глубина проникновения пропитывающего вещества. Многолетний опыт производства возрастных буров шведской компанией Haglöf обеспечил их высокое качество, хорошо отработанную конструкцию и мировую известность. В настоящее время выпускаются более 50 модификаций и типоразмеров буров Haglöf. Буры выполнены из закаленной стали с тефлоновым покрытием, обеспечивающим наиболее легкое введение бурава в древесину, имеют прочный экстрактор из нержавеющей стали, сохраняющий прямую форму керна, доработанный вручную для оптимальной стыковки с внутренним отверстием бурава, рукоятку с эргономичным пластиковым покрытием, имеющим хорошо заметный в естественных условиях ярко синий цвет. Выпускаются стандартные буры длиной 100-800 мм, двух диаметров 4,3 и 5,15 мм, и двух типов заточки - для обычной древесины и твердой/мерзлой древесины. Существуют специальные буры диаметром 10 и 12 мм длиной от 300 до 500 мм.



Мерные вилки предназначены для измерения диаметра стволов деревьев. Выпускаются как простые мерные вилки, так и электронные. Мерные вилки различаются также по длине измерительной шкалы. Мерные вилки Mantax Precision Blue оснащены подстраиваемыми съемными измерительными губками, просты в использовании, точны, имеют малый вес, высокую прочность и эргономичный дизайн с синим пластиком, хорошо заметным в лесу.

Mantax Digitech – это электронные мерные вилки, повышающие эффективность работы благодаря точному автома-



тическому считыванию величин со шкалы, которые отображаются на экране и могут передаваться в карманный компьютер PocketPC. Mantax Digitech весит всего 600 г, работает от одной батареи АА, потребляя очень мало энергии, и проста в управлении. Уникальная функция "двойной масштаб" позволяет сохранять в памяти даже те величины, на которые не хватает длины мерной вилки.

Mantax Computer Caliper – мерная вилка-компьютер — это самый мощный инструмент среди мерных вилок. Встроенный компьютер позволяет обрабатывать самый широкий спектр информации о деревьях. Помимо непосредственно измеренного диаметра ствола, в компьютер вводятся дополнительные данные: высота дерева, порода, качество древесины и коры, местоположение, порядковый номер и т.п., которые используются для автоматических расчетов, например, общего объема древесины заданной породы на заданном участке. Возможность установки в мерную вилку-компьютер различного программного обеспечения позволяет эффективно решать различные задачи. Мерная вилка-компьютер рассчитана на совместное использование с другими электронными полевыми инструментами: приемником сигналов GPS и высотомером для определения положения в пространстве и измерения высоты дерева соответственно. Подключение к обычному компьютеру позволяет вести дальнейшую обработку и хранение данных на компьютере, возможно также прямое подключение мерной вилки к принтеру или модему.



Haglof Electronic Clinometer – это первый в своем роде электронный высотомер профессионального уровня, позволяющий измерять высоты и углы, не придерживаясь фиксированного расстояния до объекта. Компактный, функциональный и прочный. Измеряет высоты с любого расстояния, имеет низкое энергопотребление; реализованы простота контроля и исправления результатов; высокая точность; устранение вычислительных ошибок. Простота освоения обеспечивается благодаря прилагаемому руководству.

Новый электронный высотомер Haglof отображает автоматически обрабатываемые результаты измерений непосредственно на экране, позволяя избежать ошибок вычисления и предоставляет данные с необходимой пользователю точностью. Легкий, хорошо сбалансированный прибор (масса менее 50 г, включая батарею) особенно удобен

в работе. Низкое энергопотребление позволит работать с одной батареей целый сезон. Измерения производятся на любом расстоянии до объекта, так как измеренное с помощью инструмента расстояние используется высотомером для моментального вычисления высоты. Все величины показываются на экране и легко переключаются нажатиями на кнопку. Для определения высоты объекта достаточно засечь его вершину и основание — значение будет показано на экране и записано в память высотомера.

Оптический высотомер SUUNTO PM-5/1520 предназначен для быстрого и высокоточного измерения высот и, в частности, высот деревьев. Корпус высотомера изготовлен из нержавеющей алюминиевого сплава, а диск шкалы смонтирован на подшипнике и находится в герметичном контейнере, заполненном жидкостью, обеспечивающей свободное движение и быструю, безынерционную остановку. Жидкость не замерзает, обеспечивая скольжение диска при любых погодных условиях и исключая его вибрацию.



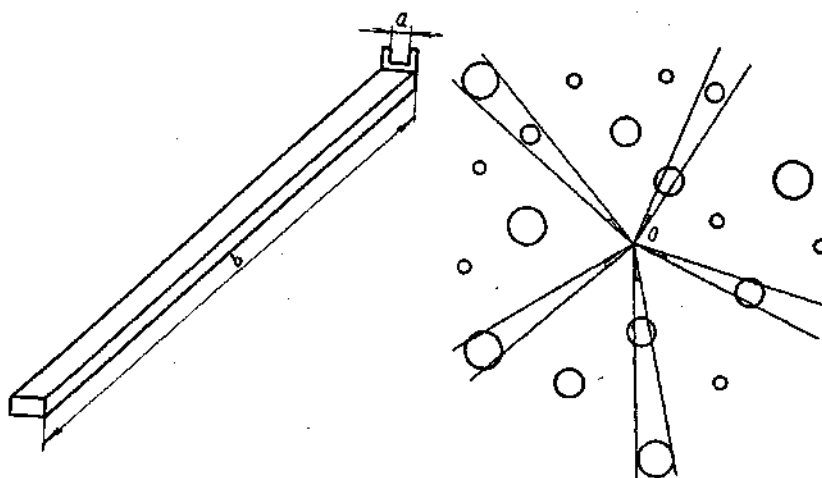
Vertex III — точный, компактный и простой в использовании высотомер, позволяющий измерять расстояния, углы и высоты. Для измерения высоты нужно отойти от объекта на удобное расстояние, которое будет измерено прибором (или любым другим удобным способом), засечь в видоискателе подножие и вершину объекта — и вычисленная высота будет показана на экране. Для автоматического измерения расстояний (и, следовательно, высот) прибору необходим ультразвуковой отражатель, который поставляется в комплекте.



Haglof DME — электронный ультразвуковой дальномер изменит представления пользователей об измерении расстояний, предоставив результат легко, быстро и точно. Достаточно закрепить ультразвуковой отражатель на объекте, отойти на измеряемое расстояние — и получить величину на экране одним нажатием на кнопку. При использовании двух дальномеров отра-

жатель не нужен, а два человека, находящиеся на концах измеряемого отрезка, могут одновременно увидеть расстояние на экранах — это очень удобно при проведении инженерно-строительных работ.

Полнотомер Биттерлиха представляет линейку длиной 1 м и прицел 2 см (могут быть и другие конструкции).



Прибор В. Биттерлиха (Winkelzählprobe): слева – схема прибора, справа – определение суммы площадей сечений по способу В. Биттерлиха; О – центр визирования

Прицел визируют на дерево (1,3 м). Ствол каждого из ближайших деревьев включают в прицельную рамку. Медленно поворачиваясь на месте, подсчитывают те деревья, стволы которых полностью закрывают просвет прицела. Деревья, лишь касающиеся линий прицельного угла, считают по два за одно.

Таким образом, в конечном итоге таксатор, находящийся в точке О (рис. 20, справа), вокруг себя заложит круговую пробную площадку, причем с увеличением диаметра деревьев радиус круговой площадки увеличивается.

Из отсчетов, полученных в нескольких кругах, закладываемых в разных частях таксируемого насаждения, устанавливают среднеарифметическое число деревьев N :

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n}$$

Это среднеарифметическое может быть найдено с любой степенью точности. Количество учтенных деревьев равняется сумме площадей поперечных сечений Σg всех деревьев, имеющих на 1 га таксируемого древостоя, выраженной в квадратных метрах ($N = \Sigma g$).

Зеркальный реласкоп. Дальнейшее развитие идеи закладки угловых проб (*WzPr*) привело В. Биттерлиха [64] к созданию оригинального оптического прибора, носящего название зеркальный реласкоп [66].

Конструкция этого прибора его автором все время совершенствуется, прибор разработан в нескольких вариантах.

Зеркальный реласкоп представляет собой универсальный прибор, применяемый для определения:

а) сумм площадей поперечных сечений деревьев, образующих насаждение;

б) измерения высот;

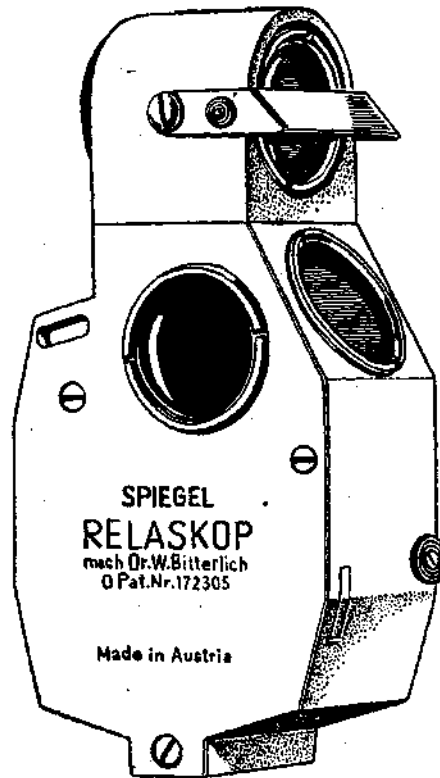
в) видовых высот и видовых чисел (значение этих таксационных показателей будет показано ниже);

г) измерения коротких расстояний на местности;

д) установления углов наклона местности.

Реласкоп имеет пирамидальную форму. Его высота 13 см, ширина 6 см и толщина 3,5 см. С нижней стороны у реласкопа есть нарезка, позволяющая при необходимости особо точных измерений работать на треножнике топографического фотоаппарата, снабженного вращающимся сочленением.

К реласкопу прикреплен кожаный ремешок, благодаря которому можно носить его на шее.



Зеркальный реласкоп В. Биттерлиха

Внутреннюю камеру реласкопа освещают три круглых окна, расположенных с трех сторон прибора. В эти окна вставлены матовые, стекла, пропускающие через себя свет. В верхней части передней и задней стенок реласкопа имеются также круглой формы глазной и предметный диоптры. Через них визируют на измеряемые объекты или, иными словами, производят «прицелы». У предметного диоптра имеется приспособление – подвижной металлический козырек, облегчающий просмотр измеряемых деревьев путем затемнения концов шкал.

В окна, играющие роль диоптров, вставлены полированные оптические стекла, обеспечивающие хорошую видимость измеряемых предметов. В нижней части камеры реласкопа на оси, концы которой вмонтированы в широкие стенки прибора, подвешен маятник реласкопа. Он имеет форму цилиндра или, вернее, колеса с широким ободом. Это колесо втулкой насажено на ось, вокруг которой оно может вращаться.

Шкалы реласкопа насажены на обод колеса-маятника. Они кольцом опоясывают маятник. Однако через зеркало реласкопа в

смотровых окнах (диоптрах) шкалы получают изображение подвешенного столбца узких прямых полос, находящихся в одной плоскости.

На внутреннюю сторону обода маятника припаян металлический груз, обеспечивающий нужное положение маятнику при визировании на измеряемые предметы под разным углом. В этом отношении принцип устройства и действия маятника реласкопа аналогичен устройству барабана эклиметра, применяемого в геодезии, а также и при таксации леса для измерения вертикальных углов.

Таким образом, шкалы состоят из полос множителей (полоса двоек, полоса единиц и четыре узкие полосы, составляющие в сумме полосу единиц). Все эти полосы предназначены для измерения сумм площадей поперечных сечений и диаметров деревьев. Помимо того, маятник имеет две дистанционные полосы (последние справа), служащие для определения расстояний на местности, и шкалы тангенсов, по которым измеряют высоты и уклоны местности.

При определении того или иного таксационного показателя реласкоп берется в правую руку за нижнюю часть корпуса с таким расчетом, чтобы пальцы руки не закрывали окон реласкопа. Указательным пальцем нажимают на кнопку тормоза маятника, находящуюся в нижней части на стороне, обращенной к обозреваемому предмету.

Смотровое отверстие – главный диоптр подводят вплотную к правому глазу, а левым выбирают объект, подлежащий измерению.

При визировании через глазной диоптр в круглом видовом окне (в верхней его половине) будет виден измеряемый объект, а в нижней половине окна измерительные шкалы, отраженные с маятника с помощью зеркального устройства.

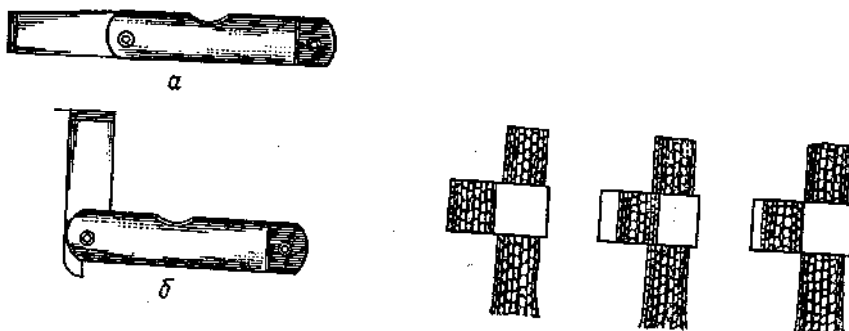
Отсчет со шкал соответствующих результатов измерений производят по горизонтальной визирной линии, в которую как бы упираются видимые концы шкал

Н.П. Анучин создал таксационный прицел. (Н.П. Анучин, 1982).

В целях удобства пользования таксационный прицел снабжен ручкой. По внешнему виду он напоминает перочинный нож, у которого металлическое лезвие заменено прозрачной клиновидной призмой.

Таксационный прицел в развернутом виде ставится на уровень глаза с таким расчетом, чтобы линия визирования, идущая от глаза к рассматриваемому дереву, была перпендикулярна боковой стороне (пласти) клиновидной призмы. Эта линия должна быть направлена на

ствол дерева в точку, находящуюся от земли на высоте, примерно равной 1,3 м.



Таксационный прицел (призма): а – в раскрытом виде; б – в полураскрытом виде.
Смещение призмой рассматриваемой части ствола

Призму можно держать на любом расстоянии от глаза. В этом заключается одно из основных преимуществ таксационного прицела по сравнению с угловым шаблоном В. Биттерлиха. При рассматривании дерева через призму и поверх нее могут обнаружиться три случая. В одном из них рассматриваемая часть ствола оказывается сдвинутой частично, т. е. не на всю ее толщину. В этом случае дерево подлежит учету. Во втором случае сдвигаемая часть ствола оказывается за пределами его контура, при этом она оторвана от дерева и как бы висит в воздухе, дерево не учитывается.

Лекция 3. Таксационные измерения и описания. Измерительные шкалы и системы. Единицы измерений

Определенная научная и производственная задача в лесном хозяйстве может быть решена на основе лесоводственной информации, которая собирается путем измерений и наблюдений. Любой эксперимент основывается на измерении или наблюдении. В научном познании задача наблюдения чаще сводится к визуальному описанию (фенологические наблюдения, описание типов леса и т. д.) или к измерениям (измерения диаметров, высот деревьев и т. д.). Наблюдения обычно не требуют вмешательства в нормальное функционирование объекта. Эксперимент ведет природа, мы в лесу наблюдаем или измеряем те или другие показатели. Наблюдения во многих случаях является единственно возможным способом сбора информации в лесном хозяйстве. Эксперимент, в отличие от наблюдения, предполагает активное и целенаправленное воздействие на изучаемый объект или явление, определенную управляемость условий его проведения. Математическое планирование эксперимента позволяет оптимизировать сам процесс исследования (измерения).

В принципе большинство наблюдений (даже качественных признаков объекта) можно выразить числом, т. е. представить как процесс измерения. Анализ и оценивание погрешностей измерений представляет собой один из разделов МЕТРОЛОГИИ – науки об измерениях.

В ГОСТ 16263-70 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения». Термин «ИЗМЕРЕНИЕ» определен как познавательный процесс, заключающийся в нахождении значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Таким образом, процесс измерений диаметров деревьев мерной вилкой, высоты – высотомером являются измерительным процессом.

В настоящее время существует два подхода к измерительному процессу: классический и информационный. В большинстве задач лесного дела 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;
2. Время измерения практически не ограничено;

3. Предполагается, что внешние условия и факторы, влияющие на результат измерения, учтены полностью [28].

В метрологии с давних пор принято различать ПРЯМЫЕ, КОСВЕННЫЕ И СОВОКУПНЫЕ измерения. Подобное различие принято и в лесной таксации (Н.П. Анучин, 1982).

1. Прямое измерение – результат получается непосредственно в процессе измерения: измерение диаметров, высот деревьев и т. д.

2. Косвенное измерение – результат, который получается на основании известной зависимости между измеряемой величиной и величинами – аргументами. Последние находят в результате прямых, а иногда косвенных или совокупных измерений. Например, запас древостоя непосредственно измерить нельзя, а его можно оценить косвенно:

$$M = GHF$$

где M – запас древостоя, куб.м; G – сумма площадей сечений древостоя, m^2 ; HF – видовая высота древостоя, м.

Совокупные измерения – результат находят путем решения системы уравнений, коэффициенты в которых получены обычно прямыми измерениями. В последнее время совокупные измерения делят на:

1) 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.

Примером совместного измерения может быть определение объема ствола срубленного дерева по сложной формуле среднего сечения:

$$V = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_n) + \gamma_{\text{вер.}}$$

Измерения, выраженные числом, относятся к одной из 4 измерительных шкал [65]:

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, x^2 – квадрат Пирсона.

2. **Порядковая шкала** – признаки ранжируются 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 средняя, ни среднеквадратическое отклонение не могут характеризовать совокупность. Допустимые статистики: мода (наибольшая частота), медиана (средняя), x^2 – квадрат (различия), коэффициент ранговой корреляции и процентиля.

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, дисперсии, 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 только 3 измерения:

1) длина; 2) вес (физическая: масса); 3) время.

Остальные данные (площадь, объем и т. д.) получаются на основе этих трех основных измерений, например, 1 м^3 – длина $1 \times 1 \times 1$ м (т. е. остальные – производные).

В истории человечества применялись различные единицы измерения. В настоящее время в мире используются две системы измерений: 1) метрическая, 2) британская система – страны, использующие английский язык.

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

Метрическая система измерений по разному завоевывает свои права: в СССР введена в 1926 г., в Индии в 1960, Англия – в послед-

нее 20-летие пересматривает свои таксационные таблицы в метрическую систему. Соотношение метрической и британской систем измерений представлено в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение Метрической и Британской систем измерений

Диаметр дерева	1 дюйм	2,54 см
Высота дерева	1 фут	30,48 см
Длина	1 ярд	91,44 см
Длина	1 миля	1,6093 км
Площадь	1 акр	0,40469 га
Запас, объем	1 куб фут	0,0283 м ³
объем	1 куб. ярд	0,7645 м ³

Имеются и другие отличия: например 1000 млн. (10⁹) в США называют один миллиард, а у нас (и др. странах) это – один миллиард (биллион – 10¹²). В США термин «миллиард» не используется. В настоящее время производится переход к единой международной системе единиц измерений (система СИ). Таксационные показатели деревьев и древостоев обозначаются соответствующими символами (табл. 2).

Единицы угловых измерений (градусы, минуты, секунды) не различаются в метрической и Британской системах.

Диаметры стволов и их частей у нас измеряют в см, причем диаметр растущего дерева принято измерять на высоте груди (1,3 м). В США и Англии диаметр измеряют на высоте 4,5 фута (1,37 м), в Японии – на 1,25 м. Диаметры там измеряют в дюймах.

Площадь поперечных сечений стволов – в см² и м². Единицы учета площади лесов – 1 м², 1 акр (447 м²) и 1 га (10 000 м²), в Британской системе соответственно в кв. дюймах, кв. футах, в кв. ярдах и т. д.

Кубатуру отдельных стволов или их частей, лесоматериалов оценивают объемом в плотных кубометрах. Плотный кубический метр – объем древесины куба 1х1х1 м.

Таблица 2

Таксационные показатели

Наименование таксационных показателей	Дерево (ствол)	Древостой
---------------------------------------	----------------	-----------

диаметр	d , см	D , см
Высота	h , м	H , м
объем (запас)	V , м ³	запас M , м ³
видовое число	f	F
сумма пл. сечения	g , м ²	G , м ²
видовая высота	hf , м	HF , м ²
объем лесоматериалов		пл. м ³ , скл. м ³

Наименование таксационных показателей	Метрическая	Британская
диаметр	см	дюймы
площадь сечения	м ²	кв. дюйм, кв. фут
Высота	м	фут
Объем	м ³	куб фут
Запас	м ³	куб. фут
объем лесоматериалов	пл. м ³ скл. м ³	досковый фут куб. фут корд (5 пенов) пен корд 4x4x8 футов шир. x высота x длина досковый фут 12x1x12 шир. x толщина x длина

Складочный кубический метр – штабель круглых лесоматериалов или дров 1x1x1 м (древесина плюс пустоты).

В США распространена единица учета пиломатериалов – досковый фут: длина доски 12 дюймов, ширина 12 дюймов, толщина 1 дюйм. Корд – складочная мера учета в США. Это – поленница из отрезков ствола шириной 4 фута, высотой 4 фута и длиной 8 футов (4x4x8), объемом 128 куб. футов. Объем древесины в штабеле оценивается в пенах. Он представляет собой штабель 6 футов высотой, в котором поленья уложены рядами накрест один к другому. Пять пенов принимаются за один корд.

Количество древесины на 1 га растущего леса (древостоя) - называется запасом, например запас древостоя – 150 м³/га.

Ошибки лесоводственной информации представляют (К.Е. Никитин, А.З. Швиденко, 1978):

1) ошибки наблюдений и измерений; 2) инструментов и приборов; 3) ошибки моделирования; 4) ошибки вычислительных операций.

Любые наблюдения и измерения содержат определенную точность и соответствующую ошибку, так как истинного значения измеряемой величины мы не можем точно знать (процесс познания бесконечен).

Диаметр дерева изменяется в разных направлениях измерений, изменяется в течении времени суток, определенную погрешность измерений имеют инструменты, влияет на ошибку измерений схема выборки и т. д.

В геодезии понятие «ошибка» означает отклонение от «истинного» значения. Это понятие не ассоциируется с идеей «неправильное, ошибочное» измерение, а связано с «неточностью» измерения. Причинами такой неточности измерений могут быть:

1) Особенности объекта измерения. Физические объекты могут быть измерены более точно, т. к. они имеют более правильную геометрическую форму и постоянные границы объекта. Объем дерева или его части оценить труднее. Обычно объемы стволов приближают к формулам правильных тел вращения (парабалоид, цилиндр, нейлоид), но образующая древесного ствола варьирует значительно (свободнорастущее дерево и в лесу). Страта леса не существует первоначально: выполняют оценку лесных ассоциаций (типов леса), а затем организуют страты, объединяя однородные типы леса в одну страту. Площадь поперечного сечения ствола принимают за круг, хотя она может значительно отличаться от круга,

2) Неточность измерительных инструментов и приборов. Обычная мерная вилка дает систематическую ошибку в +3%, точность высотомеров: 0,5–1 м.

3) Влияние физических и топографических условий на измерения. Температура, влажность воздуха, погодные условия (солнце, дождь и т. д.) влияют на точность измерений и деформацию инструментов.

4) Неопределенность в процедуре (технике) измерений – направления в измерении диаметров деревьев (СЮ, ЗВ), группировка в ступени толщины, округления в показаниях высотомеров и т. д.

5) Точность человеческого восприятия – это особенно относится к оптическим приборам (реласкоп, призмы и т. д.)

Многие из перечисленных источников ошибок измерений оценить весьма трудно, а иногда и практически невозможно. Но наша за-

дача – оценить различные виды ошибок измерений и их влияние на конечный результат.

В отношении влияния ошибок измерений на конечный результата, ошибки измерений и наблюдений можно подразделить на следующие виды:

1) Грубые ошибки – обычно неверная запись результата; контроль – повторная проверка записи другими исполнителями.

2) Односторонние ошибки постоянной величины, определенного знака (положительные или отрицательные). Это – систематические ошибки, вызванные неисправностью прибора, недостатком метода, несоответствием математической модели и т. д. Так, если мерная лента имеет большой люфт, то диаметры деревьев занижаются; разорванная и склепанная мерная лента дает завышенную длину линий; простая формула срединного сечения (формула Губера) занижает объем стволов и т. д. Величину систематической ошибки можно оценить и результат скорректировать.

3) Двусторонние ошибки случайной величины и знака, называемые случайными ошибками. Случайные ошибки порождаются многочисленными факторами и присутствуют всегда, даже при очень точных измерениях. Так, на отсчет по шкале высотомера влияют освещенность, неровности поверхности земли, недостаточное равновесие маятника и т. д. Случайные ошибки установить в каждом отдельном случае трудно. К. Гаусс в начале прошлого века показал, что случайные ошибки подчиняются закону нормального распределения. Случайные ошибки характеризуются рядом признаков: а) малые отклонения от «истинного» значения встречаются более часто, чем большие; б) положительные (+) и отрицательные (–) отклонения равновероятны; в) хронологическая последовательность между большими и малыми, положительными и отрицательными отклонениями не существует.

4) Односторонние ошибки случайной величины, называемые односторонними случайными ошибками. Возникают тогда, когда случайная ошибка имеет один знак (+ или –). Например, глазомерный способ таксации леса дает заниженные (–) оценки запасов деревьев. Этот вид ошибок может дать неопределенная комбинация систематических и случайных ошибок [28].

Систематические, односторонние случайные и случайные ошибки по разному влияют на результат измерения представляют (К.Е. Никитин, А.З. Швиденко, 1978).

Односторонние систематические ошибки постоянной величины дают смещение, значение которого увеличивается с увеличением числа измерений (ошибки аккумулируются непрерывно). Например, 20-и мерная лента имеет систематическую ошибку в 2 см, т. е. при измерении длины линии в 100 м систематическая ошибка составит $2 \text{ см} \times 5 = 10 \text{ см}$, а 1 км – $10 \times 10 = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$.

Средняя величина серии чисто случайных ошибок (с + и –) приближается к нулю с увеличением числа наблюдений, в этом случае средняя выборки при достаточно большом числе измерений (наблюдений) является несмещенной. Таким образом, случайные ошибки взаимно погашаются. Это возможно только в том случае, если случайные ошибки являются малыми по величине и при большом числе наблюдений.

Для того, чтобы характеризовать случайную ошибку отдельного наблюдения (i), используют три вида оценок: а) средняя ошибка A_i , б) стандартная ошибка S_i , в) вероятная ошибка P_i .

Если результат i -го измерения есть, а среднюю серии (n) измерений (\bar{y}), то отдельное отклонение равно:

$$d_i = y_i - \bar{y}$$

Средняя ошибка равна:

$$A_i = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{\sqrt{n(n-1)}} \cong \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{n}$$

(n) – при большом числе наблюдении,
 $|d_i|$ – модульная величина отклонения.

Средняя ошибка используется при оценке точности инструментов и приборов.

Стандартная ошибка отдельного наблюдения равна:

$$S_i = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}}$$

Стандартная ошибка – более надежная и эффективная оценка ошибки отдельного измерения или наблюдения.

Вероятная ошибка равна:

$$P_i = \pm \frac{(\sum_{i=1}^n \sqrt{|d_i|})^2}{n\sqrt{n(n-1)}}$$

Существует соотношение в теории ошибок (F.Ackerl, 1956):
 $A_i \cong 0,8 S_i \cong 1,2 P_i$

Стандартная ошибка показывает пределы ($\bar{y} \pm s_y$) генеральной средней, за пределом около 32% всех отклонений находятся ($t_{st} = 1, \beta = 0,68$). Средняя ошибка дает ранг (пределы) при $t=0,8$; вероятная $t=0,67$, соответственно за пределом находятся 45% и 50% всех отклонений.

Пример: Измерено 50 раз высота одного и того же дерева высо-
 томером Блюме-Лейсса. Получили:

$$\text{Среднее значение высоты } \bar{h} = \frac{864,0}{50} = 17,28 \text{ м } (17,28 \pm 0,55)$$

$$\text{Средняя ошибка измерений высот } A_i = \frac{22,88}{\sqrt{50,49}} = \pm 0,462 \text{ м} = 0,85 S_i$$

$$\text{Стандартная ошибка } S_i = \sqrt{\frac{14,59}{49}} = \pm 0,546 \text{ м}$$

$$\text{Вероятная ошибка } P_i = \frac{32,30^2}{50\sqrt{50,49}} = \pm 0,422 \text{ м} = 0,77 S_i$$

С вероятностью 0,68 (68%) можно утверждать, что действительная (истинная) высота дерева находится в пределах (16,73–17,83 м).

Пример: 20-метровая лента имеет стандартную ошибку $S_i = \pm 2$ см. Измеряя 1000 м, делает 50 измерений лентой. Стандартная ошибка арифметического среднего равна:

$$S = \frac{S_i}{\sqrt{n}} = \frac{2 \text{ см}}{\sqrt{50}} = \pm 0,283 \text{ см (т.е. } m_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$$

Стандартная ошибка всей 1000 м длины:

$$S_i = n \cdot S = 50 \cdot 0,283 \text{ см} = \pm 14,15 \text{ см}$$

К тому же результату ведет:

$$S_i = S_i \sqrt{n} = 2\sqrt{50} = \pm 14,15 \text{ см (т.е. } \sigma = m_x \sqrt{n})$$

Таким образом, длина будет 999,86 м – 1000,14 м с вероятностью 68%.

Определение ошибок лесоводственной информации расчетным путем возможно далеко не во всех случаях и не для всех методов ее сбора и обработки. Только тогда, когда соблюдаются статистические предпосылки сбора и обработки лесоводственной информации, такая информация (данные) имеет право называться научнообоснованной.

Диаметр дерева на высоте груди является одним из наиболее важных таксационных показателей. Это обусловлено рядом обстоятельств:

1) диаметр – наиболее легко и точно определяемый таксационный признак; при необходимости он может измеряться у всех деревьев (сплошной перемер), тогда как другие показатели измеряются с помощью выборки (высота).

2) диаметр на высоте груди обеспечивает основу для многих других вычислений:

$$\text{площадь сечения: } g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$$

$$\text{объем ствола: } V_i = g_i h_i f_i = \frac{\pi}{4} d_i^2 h_i f_i$$

Многие показатели (высота, товарность) статистически зависят от диаметра дерева.

3) распределение деревьев по диаметру характеризует лесоводственную структуру насаждения, что важно при назначении рубок ухода, изучении роста древостоя, его сортиментации.

4) на основе измерений диаметров деревьев (перечета) определяется сумма площадей сечения древостоя, которая используется в оценке полноты и запаса древостоя.

Рассмотрим ошибки измерений диаметров деревьев мерной вилкой [65]. Инструментальные ошибки всегда являются систематическими ошибками. В процессе измерений эти систематические ошибки имеют случайное происхождение. Причинами являются:

1) мерная вилка при измерении диаметра дерева отклоняется от горизонтали. Ошибка в площади сечения дерева в этом случае равна:

$$P_g \% = 100 \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 \right),$$

где α - угол между мерной вилкой и горизонталью.

При $\alpha=3^\circ$, $P_g = +0,25\%$

$\alpha=6^\circ$, $P_g = +1\%$. (+ положительная)

2) нарушение перпендикулярности подвижной ножки к линейке мерной вилки (люфт). Получаем заниженные диаметры и отрицательную систематическую ошибку. Отклонения от перпендикулярности на 3-5% дает погрешность в площади сечения на 5-10%. (-5-10% отрицательная)

3) несоблюдение точно высоты груди 1,3 м при измерении:

Высота, м	P_g %	Если высота измерения >1,3 м, то P_g % – отрицательная
1,20	+2,4%	
1,25	+1,2%	
1,29	0,24%	

Ошибки в определении диаметров и площадей сечений деревьев могут быть также в виду: ошибок перечета; ошибок наблюдения; ошибок наблюдения; ошибок из-за неправильной формы поперечного сечения; ошибок в виду неправильного распределения деревьев по диаметру в пределах ступеней толщины и ошибок группировки результатов по ступеням толщины.

Ошибки перечета связаны с дефектами мерной вилки и бывают самой различной величины. Ошибки наблюдения – неправильное положение мерной вилки или обмер (пропуск) повторно одного и того же дерева. Ошибки наблюдения при тщательном перечете достигают 0,3% от площади сечения. Ошибки из-за неправильной формы сечения составляют $P_g = \pm 0,5\%$, неравномерность распределения – $P_g = \pm 0,3-0,8\%$. Ошибки группировки – $P_g =$ от +1 до -1,5%.

У исследованных деревьев обмерены были с точностью до 1 мм наибольший a , наименьший b и два взаимно перпендикулярных a_1 и b_1 диаметра. По этим диаметрам были вычислены площади поперечных сечений обмеренных стволов.

Площади поперечных сечений, требующей разделения срезов стволов на полоски, приняты за истинные, а отклонения площадей сечений, вычисленных по формулам круга и эллипса (табл. 3), выражены в процентах (В.К. Захаров, 1967).

Таблица 3

Отклонения площадей поперечных сечений, вычисленных по формулам эллипса и круга, от истинных (по данным С.Е. Осетрова)

Характер отклонения	Отклонения, % площадей, вычисленных по формуле			
	эллипса	круга	эллипса	круга
Ель				

Характер отклонения	Отклонения, % площадей, вычисленных по формуле			
	эллипса	круга	эллипса	круга
Среднеарифметическое	+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
Сосна				
Среднеарифметическое	+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
Лиственница				
Среднеарифметическое	+3,45	+3,55	+5,23	+5,25
Наибольшее положительное	+5,45	+5,48	+7,91	+7,91

На основании данных табл. 2 можно заключить, что формы поперечных сечений древесных пород в коре не представляют правильных геометрических фигур, а лишь приближаются к ним. Форму эллипса и круга, дающие близкие результаты преувеличивают площади поперечных сечений стволов. Наибольшее преувеличение у лиственницы (+3,45-5,2%), наименьшее у ели (+0,81-1,07%), сосна занимает среднее положение (+1,77-2,71%).

Лекция 4. Таксация древесных стволов и заготовленной лесопродукции. Способы таксации стволов срубленных деревьев

При непосредственном изучении формы ствола путем исследования его сбега на абсолютных или относительных высотах установлено, что поперечное сечение ствола отклоняется в той или иной степени от правильных геометрических фигур (круга или эллипса) и в некоторых случаях у шейки корня может иметь неправильную форму (дуб, ель и др.).

Математические методы таксации древесных стволов в подавляющем большинстве случаев строятся на приравнивании их формы к форме правильных полных и усеченных тел вращения: цилиндра, параболоида, конуса и нейлоида. Поэтому для вычисления объема стволов необходимо иметь измерения: диаметра и высоты.

Поперечные сечения стволов на различных высотах имеют форму, приближающуюся к форме круга или эллипса. Непосредственному изучению их формы и разработке способов правильного установления их площади был посвящен ряд специальных исследований (Осетров, Добровлянский, Тюрин и др.), где рассмотрены различные методы определения площади поперечного сечения стволов. Рассмотрим некоторые из них.

Использование формул площадей круга и эллипса. Площадь поперечного сечения древесного ствола по двум взаимно перпендикулярным диаметрам, хотя бы и незначительно отличающимся, целесообразно определять по формуле площади эллипса

$$g_{\text{э}} = \frac{\pi}{4} ab = 0,785ab,$$

где a и b – оси эллипса – наибольшая и наименьшая.

Эта формула признается наиболее отвечающей форме сечения ствола.

В тех случаях, когда два взаимно перпендикулярных диаметра сечения окажутся одинаковыми, применяется формула площади круга:

$$g_{\text{кр}} = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785d^2$$

Но площадь сечения при разных значениях диаметров также может быть определена с использованием формулы круга:

а) по среднеарифметическому диаметру:

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

Эта формула наиболее широко применяется в лесной таксации особенно при наличии специальных таблиц площадей круга при разных диаметрах;

б) как среднеарифметическая из двух площадей круга с диаметрами d_1 и d_2

$$g_{cp} = \frac{g_1 + g_2}{2} = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4}}{2} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1^2 + d_2^2}{2} \right)$$

Сопоставляя результаты определения площади по двум последним формулам с определением площади по формуле эллипса (при тех же значениях d_1 и d_2), можно установить величину их погрешности.

Исследуем последовательно разность площадей, определенных по формулам площадей круга, с площадями по формуле эллипса:

$$g - g_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a+b}{2} \right)^2 - \frac{\pi}{4} ab = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + 2ab + b^2}{4} - ab \right)$$

1)

$$= \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + 2ab + b^2 - 4ab}{4} \right) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 - 2ab + b^2}{4} \right) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a-b}{2} \right)^2$$

Таким образом, разность площадей равна площади круга с диаметром $\frac{a-b}{2}$ т. е. полуразности данных диаметров;

2) по второму варианту преобразование формулы $\frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2}{2} \right)$

тем же способом дает следующий вывод:

$$\frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2}{2} \right) - \frac{\pi}{4} ab = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2 + 2ab - 2ab}{2} \right) = \frac{\pi}{4} ab + 2 \frac{\pi}{4} \left(\frac{a-b}{2} \right)^2$$

т. е. имеет преувеличение площади эллипса на удвоенную площадь круга, диаметр которого равен полуразности данных диаметров.

Могут быть использованы также определения площади сечения g путем измерения длины окружности C вместо измерения диаметров, например при большой толщине деревьев и отсутствии мерной вилки соответствующих размеров.

В данном случае:

$$d = C : \pi; d^2 = C^2 : \pi^2$$

Площадь сечения:

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

Таким образом, площадь поперечного сечения выразится формулой:

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

Исследования показали, что из-за шероховатости коры деревьев и неплотного прилегания мерной тесьмы этот способ обычно дает преувеличение площади сечения: для ели в среднем на +3,4%, сосны на +7,9% и для лиственницы +11,2% (по данным Осетрова С. Е.).

Для определения площади поперечного сечения ствола в соответствии с его очертаниями при научных исследованиях применяются следующие методы:

а) контуры среза ствола переносятся на бумагу (путем обжима листа, наложенного на срез) и площадь оттиска вычисляется планиметром. Этот прием обеспечивает высокую точность результатов – до 0,1%;

б) контуры сечения ствола переносятся на бумагу и площадь разбивается на правильные геометрические фигуры (квадраты, прямоугольники, трапеции, треугольники), площадь которых вычисляется по известным геометрическим формулам; суммируя полученные результаты, устанавливают площадь сечения ствола;

в) вычисление площадей поперечного сечения производится также по формуле Симпсона, предложенной еще в 1743 г.: контур поперечного сечения ствола разбивают параллельными линиями l_1, l_2, \dots, l_n на плоскости одинаковой ширины h , обычно по 2 см, посередине которых проводят дополнительные линии k . Площадь такой полоски вычисляется по формуле:

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

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

$$g = \frac{h}{6} (l_1 + l_n + 2(l_1 + l_3 + \dots + l_{n-1}) + 4(k_1 + k_2 + \dots + k_{n-1} + k_n))$$

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

Одновременно изучалась сравнительная точность определения площади сечения различными способами. Приведем результаты сравнительных исследований Осетрова С. Е. на 50 срезах, взятых на высоте 1,3 м, в том числе 27 срезах ели, 13 – сосны и 10 – лиственницы.

За истинную площадь принималась величина, полученная по формуле Симпсона; для сравнения площади вычислялись по формуле эллипса с измерением осей a и b , а также круги по двум взаимно перпендикулярным диаметрам a и b . Результаты таких сравнений приведены в табл. 8.

Таблица 8

Площади поперечных сечений древесных стволов

Характер отклонений	Возраст	Отклонения площадей в процентах, вычисленных по формулам, и от аналогичных величин по формуле Симпсона			
		эллипса	круга	эллипса	круга
		$g = \frac{\pi}{4} ab$	$g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a+b}{2} \right)^2$	$g = \frac{\pi}{g} a_1 b_1$	$g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a_1 + b_1}{2} \right)^2$
		По наибольшему и наименьшему диаметру		По взаимно перпендикулярному диаметру	
Ель – диаметр на 1,3 м–17–37 см					
Среднее арифметическое	62-88	+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
Наименьшее отклонение		+0,03	+0,01	-0,12	-0,12
Сосна – диаметр на 1,3 м–20–34 см					
Среднее арифметическое	64-89	+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

отрицательное Наименьшее отклонение		+0,13	-0,49	+0,36	+0,36
Лиственница – диаметр 22–40 см					
Среднее ариф- метическое	140-160	+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
Наименьшее отклонение		+0,67	+0,94	+0,03	+0,06

Формула круга по среднему диаметру из двух взаимно перпендикулярных диаметров в среднем дает различие площадей со знаком плюс, что согласуется с ранее приведенным анализом этой формулы.

Из анализа таблицы видим, 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.

Добровлянский В. Я. провел исследование 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.

Форма сечений 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 исследований сечений в коре нужно отнести за счет коры, особенно в нижней части ствола, где кора толще и трещиноватая. У деревьев с тонкой корой это преувеличение в среднем равно одному проценту, с толстой корой –2–3% и очень толстой –4–5%.

Рассмотренные методы исследования формы поперечных сечений древесных пород и способы установления их величины позволяют сделать следующие выводы:

а) форма поперечных сечений древесных стволов ближе всего 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 диаметру (из двух взаимноперпендикулярных) близка к истинной.

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 рассматривался как тело вращения и определение его объема производилось путем использования соответствующих математических формул (В.К. Захаров, 1967).

Уравнение образующей тел вращения $y^2 = Ax^m$ позволяет получить общую формулу их объемов с использованием метода интегрирования.

Вращая образующую вокруг оси абсцисс, получим тело вращения, например параболоид 2-го порядка (рис. 19).

Объем V такого параболоида OAB можно рассматривать как сумму объемов бесконечно большого числа цилиндриков высотой dx и радиусом y . Объем цилиндрика $dv = \pi y^2 dx$,

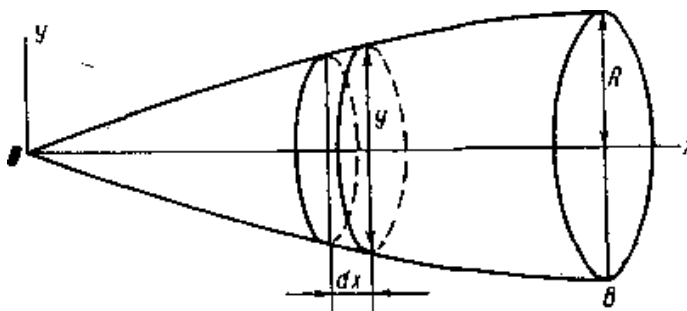


Рис. 19. Графические изображения к выводам общей формулы объемов правильных тел вращения

а сумма их объемов равна интегралу от функции $\pi y^2 dx$. Принимая значение x от 0 до всей высоты $H = Ox$, получим

$$V = \int_0^H \pi y^2 dx = \pi \int_0^H y^2 dx.$$

Подставляя вместо y^2 его значение из уравнения образующей Ax^m и произведя интегрирование, получим

$$V = \pi A \int_0^H x^m dx = \left[\frac{\pi A x^{m+1}}{m+1} \right]_0^H = \frac{\pi A H^{m+1}}{m+1}.$$

При $x = H$ имеем $y = R$, а из уравнения образующей

$$R^2 = AH^m, \text{ откуда } A = \frac{R^2}{H^m}.$$

Подставляя значение A в полученное уравнение объема, будем иметь объем ствола:

$$V = \frac{\pi R^2 H^{m+1}}{H^m (m+1)} = \frac{\pi R^2 H}{m+1} = \frac{GH}{m+1},$$

где $G = \pi R^2$, т. е. площадь основания параболоида.

Полученная общая формула объемов тела вращения, если принять разные значения m , дает четыре частных формулы:

объем цилиндра $V_1 = GH$ при $m = 0$,

объем параболоида $V_2 = \frac{GH}{2}$ при $m = 1$,

объем конуса $V_3 = \frac{GH}{3}$ при $m = 2$,

объем нейлоида $V_4 = \frac{GH}{4}$ при $m = 3$.

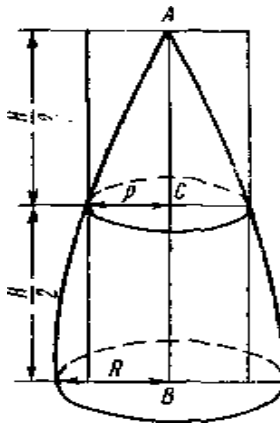


Рис. 20. Графическое изображение к вычислению объема параболоида по высоте и срединному сечению

Учитывая, что древесный ствол при основании имеет корневые наплывы и вогнутый характер образующей, т. е. отклоняется от формы параболоида, т. е. не может применяться без преобразования для таксации древесного ствола, так как она будет давать значительную систематическую погрешность со знаком плюс.

Для преобразования формулы объема ствола проведем сечение по середине высоты параболоида (рис. 20), где $AC = BC = \frac{H}{2}$, R – радиус основания, ρ – радиус на высоте $\frac{H}{2}$.

По свойству параболоида 2-го порядка имеем

$$\frac{\rho^2}{R^2} = \frac{AC}{AB} = \frac{1}{2};$$

откуда

$$R^2 = 2\rho^2.$$

Подставив полученное значение R^2 в общую формулу объема параболоида, будем иметь

$$V = \frac{\pi R^2 H}{2} = \frac{\pi 2\rho^2 H}{2} = \pi \rho^2 H = \gamma H.$$

Таким образом, объем параболоида 2-го порядка равновелик объему цилиндра, высота которого равна высоте параболоида, а площадь сечения цилиндра равна площади срединного сечения параболоида γ .

Приведенная формула широко применяется в лесной таксации и называется простой формулой срединного сечения.

Пример. Высота ствола 18 м, диаметр на $\frac{H}{2}$ равен 12,5 см. При $d=12,5$ см площадь сечения $\gamma = 0,0123 \text{ м}^2$

$$V = 0,0123 \cdot 18 = 0,221 \text{ м}^3.$$

Приравнивая форму древесного ствола к форме параболоида 2-го порядка, мы игнорируем нейлоидальный характер нижней части ствола и, следовательно, допускаем определенную погрешность определения действительного его объема.

Используя более сложную S-образную форму образующей древесного ствола и рассматривая ствол как тело вращения, уравнение образующей в общем виде можно выразить так:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3.$$

Здесь:

y – радиус сечения;

x – расстояние сечения от начала координат. В этом случае радиусы опишут окружности с соответствующими площадями сечения g , величина которых будет изменяться в зависимости от высоты измерения x и выразится следующей формулой:

$$G = A + Bx + Cx^2 + Dx^3.$$

Объем древесного ствола или его части в данном случае можно представить как сумму бесконечно большого числа цилиндров, имеющих площадь сечения G и бесконечно малую высоту dx .

Произведя интегрирование от 0 до x , получим объем древесного ствола в следующем виде:

$$V = \int_0^x (A + Bx + Cx^2 + Dx^3) dx.$$

Раскрывая интеграл, получим

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} + \frac{Cx^3}{3} + \frac{Dx^4}{4}.$$

Данная формула позволяет вычислить объем древесного ствола или его части с различной степенью точности, которая зависит от числа членов в подынтегральном выражении и значений коэффициентов A , B , C и D .

При двух членах подынтегрального выражения площадь сечения G (рис. 21) будет иметь вид

$$G = A + Bx.$$

Возьмем два сечения: одно при основании ствола g_0 , другое на расстоянии h от основания g_1 . Тогда будем иметь

$$g_0 = A + Bx_0; \quad g_1 = A + Bx_1 = A + Bh.$$

Значения коэффициентов A и B определяются следующим способом: так как $x_0 = 0$, то $g_0 = A + Bx_0 = A$; если $x_1 = h$, то $g_1 = A + Bx_1 = A + Bh$, разность $g_1 - g_0 = Bh$; откуда $B = \frac{g_1 - g_0}{h}$.

При двух членах формулы объем ствола составит

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2}.$$

Подставляя сюда значения $A = g_0$ и $B = \frac{g_1 - g_0}{h}$, получим

$$V = g_0x + \frac{(g_1 - g_0)x^2}{2h}.$$

Так как $x = h$, то

$$V = g_0h + \frac{(g_1 - g_0)h}{2} = \frac{2g_0h + g_1h - g_0h}{2} = \frac{g_0h + g_1h}{2} = \frac{g_0 + g_1}{2}h.$$

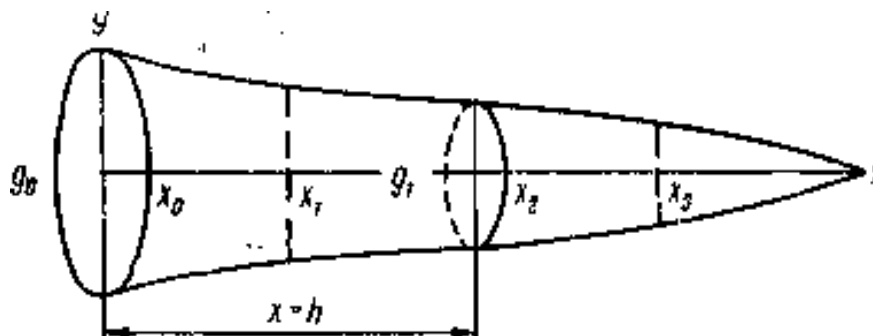


Рис. 21. Графическое изображение к вычислению объема ствола по длине и двум площадям сечения

Таким образом, объем взятой части ствола равен произведению полусуммы площадей сечений верхнего и нижнего оснований на высоту.

Иначе это можно выразить так:

$$V = \frac{g_0 + g_1}{2}h = \frac{h}{2}(R^2 + r^2)\pi.$$

Приведенная формула является формулой объема усеченного параболоида, который рассчитывается по трем измерениям: двум площадям сечений (верхней и нижней) и высоте.

Используя два члена формулы, коэффициенты A и B можно получить, если принять два сечения в ином сочетании: одно на расстоянии $\frac{h}{2}$, другое на расстоянии h от основания ствола. В этом случае можно написать

$$g_{\frac{h}{2}} = A + \frac{Bh}{2}; \quad g_h = A + Bh.$$

Решая два уравнения в отношении A и B , найдем

$$B = \frac{2g_h - g_{\frac{h}{2}}}{h}; \quad A = 2g_{\frac{h}{2}} - g_h.$$

Подставив полученные значения A и B в формулу объема

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2}, \text{ получим } V = \left(2g_{\frac{h}{2}} - g_h\right)x + \frac{\left(2g_h - g_{\frac{h}{2}}\right)}{2h}x^2,$$

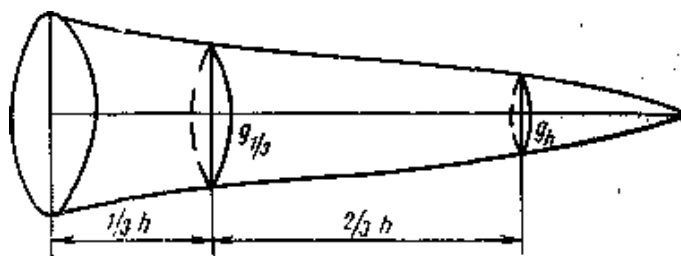


Рис. 22. Графические изображения к вычислению объема ствола по длине и двум площадям сечения на $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$ длины от основания

а так как $x = h$, то

$$V = \left(2g_{\frac{h}{2}} - g_h\right)h + \left(g_h - g_{\frac{h}{2}}\right)h = \left(2g_{\frac{h}{2}} - g_h + g_h - g_{\frac{h}{2}}\right)h = g_{\frac{h}{2}}h.$$

Обозначив площадь сечения ствола на половине его высоты или его части через γ , будем иметь

$$V = \gamma h.$$

Таким образом, мы получили формулу объема усеченного параболоида, который равновелик объему цилиндра, имеющего одинаковую высоту и площадь сечения, взятую на половине высоты. Эта формула широко используется в лесной таксации для определения объемов частей древесных стволов.

Уравнение объема при двух сечениях: 1) на $\frac{1}{3}$ длины снизу и 2) на верхнем конце ствола или отдельной его части (рис. 22).

При двух членах площади сечений выразятся двумя уравнениями:

$$\begin{aligned} g_{\frac{1}{3}} &= A + \frac{Bx}{3}; & g_{\frac{1}{3}} &= A + \frac{Bh}{3}; \\ g_h &= A + Bx; & g_h &= A + Bh. \end{aligned}$$

Решая эти уравнения в отношении A и B , получим формулу, известную в таксации под названием формулы Госфельда,

$$V = \frac{g_1 + g_h}{4} h.$$

Для полных (не усеченных) стволов $g_h=0$; тогда $h=H$; объем ствола составит

$$V = \frac{3g_1 H}{4} = 0,75g_1 H.$$

Рассмотрим случай, когда берутся три сечения: одно у основания g_0 , второе на середине длины $g_{\frac{h}{2}}$ и третье g_h в верхней части древесного ствола.

Взятые три сечения можно выразить уравнениями

$$g_0 = A + Bx_0 + Cx_0^2,$$

$$g_{\frac{h}{2}} = A + \frac{Bh}{2} + \frac{Ch^2}{4},$$

$$g_h = A + Bh + Ch^2.$$

Решая эти уравнения в отношении коэффициентов A , B и C , найдем формулу для усеченных тел вращения

$$V = \frac{h}{6} (g_0 + 4g_{\frac{h}{2}} + g_h),$$

известную под названием формулы Рикке–Ньютона. Для целых тел вращения $g_h=0$ формула примет вид

$$V = \frac{h}{6} (g_0 + 4g_{\frac{h}{2}}).$$

Для применения формулы необходимы четыре измерения: длины h и трех диаметров – при основании d_0 , на середине длины $d_{1/2}$ и верхнем сечении d_h .

Формула Рикке–Ньютона имеет универсальный характер, она позволяет определить объемы полных и усеченных правильных тел вращения: цилиндра, параболоида, конуса и нейлоида. Это можно было бы доказать аналитическим путем, если известны свойства этих тел вращения и общее уравнение образующей их $y^2=Ax^m$, но она не нашла практического применения.

Применение стереометрических формул для определения объемов древесных стволов и их частей

Приравнивание формы древесных стволов и их частей к форме полных и усеченных правильных стереометрических тел вращения дало возможность широко использовать формулы их объемов для определения объемов древесных стволов и их частей. С этой целью на основе стереометрических формул разработаны формулы прикладного характера, упрощающие выполнение техники лесотаксационных расчетов.

Эти формулы подразделяют на две группы:

а) простые, когда объем ствола или его частей определяется целиком, по формуле;

б) сложные, или секционные, когда древесный ствол или его часть предварительно размечают на отдельные секции одинаковой длины (обычно на 1-2 м), для каждой из которых определяется объем; суммируя эти объемы, получают общий объем таксируемой древесины.

Теоретической основой секционных формул являются формулы объема полного и усеченного параболоидов в различных модификациях. Сюда относятся формулы определения объема: 1) произведение площади срединного сечения на высоту; 2) произведение площади сечения на $\frac{1}{3}$ высоты от основания на высоту; 3) произведение полу-суммы верхнего и нижнего сечений на высоту.

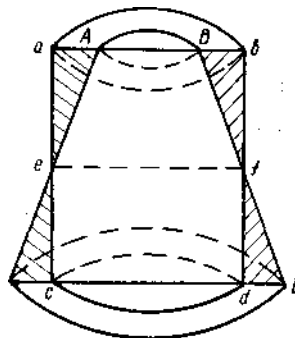


Рис. 23. Сопоставление объемов усеченного конуса и цилиндра при одинаковой высоте и площади сечения, взятой на половине длины

Наибольшее применение для таксации целых древесных стволов и их частей (бревен, кряжей, чураков и др.) имеет формула срединно-

го сечения $v = \mu h$. Это объясняется простотой расчетов, требующих лишь двух измерений и обеспечивающих удовлетворительные результаты таксации. Необходимо указать, что формула $v = \mu h$ дает удовлетворительные результаты лишь для объемов цилиндра и параболоида, а для конуса и нейлоида – уменьшенные данные.

Объем усеченного конуса $ABCD$ больше объема цилиндра $abcd$ (рис. 23), так как объем отрезаемого кольца внизу больше объема кольца, прирезаемого вверху, хотя соответствующие вертикальные углы равны. Еще большая погрешность получается для усеченного нейлоида, т. е. при таксации комлевых отрезков ствола.

Секционные лесотаксационные формулы

Ствол делят на отрезки – секции, которые по своей форме наиболее приближаются к форме усеченных тел вращения, поэтому вычисление их объемов по стереометрическим формулам с последующим суммированием обеспечивает повышенную точность результатов таксации.

Это послужило основой для разработки и использования в лесной таксации ряда секционных формул, определяющих объемы древесных стволов и их частей как сумму объемов составляющих их секций.

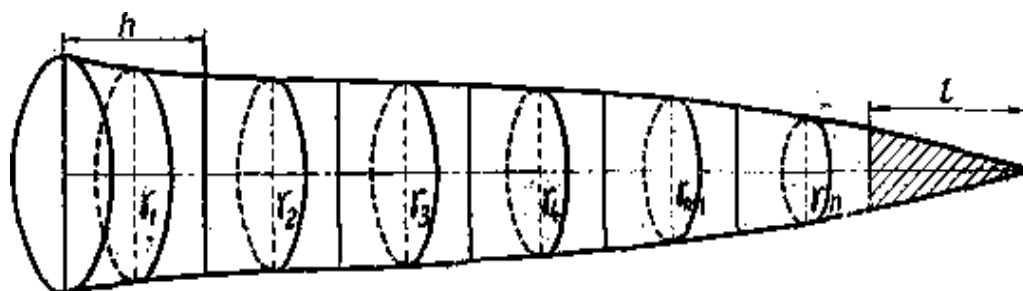


Рис. 24. Схема определения объема ствола по секционной формуле срединного сечения

Рассмотрим некоторые секционные формулы (рис. 24).

1. Формула объема ствола или его частей как произведение сумм срединных сечений на длину секции. Срубленный ствол дерева размечают на n секций одинаковой длины h (0,5; 1,0 и 2 м), причем для крупных деревьев длина секции 2 м (для более точных работ 1 м); измеряют диаметры посередине длины секций и определяют площади сечений γ ; каждая секция по ее форме рассматривается как усеченный

параболоид, объем которого определяется по формуле $v = \gamma h$. Суммируя объемы секций, получают общий объем ствола. При длине ствола, некратной длине секции, остается вершина, объем которой определяется по формуле конуса. Например, имеем ствол сосны $d_{1,3} = 14$ см и длиной 13,5 м; размечаем его на n секций длиной h ; сечения посреди-не секций обозначим через γ , объем каждой секции – $v = \gamma h$, а длину вершинки – через l .

Объем данного ствола определится как сумма объемов секции

$$v_1 = \gamma_1 h,$$

$$v_2 = \gamma_2 h,$$

$$v_3 = \gamma_3 h,$$

$$v_4 = \gamma_4 h,$$

$$v_{n-1} = \gamma_{n-1} h,$$

$$v_n = \gamma_n h$$

$$V = h (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_{n-1} + \gamma_n) + v_{\text{верш.}}$$

Сложная формула срединных сечений широко используется как в производственных условиях, так и при научных исследованиях. Недостатком ее является то, что форма каждой секции, в том числе и комлевая, приравнивается к форме парабоида, тогда как комлевая секция по форме представляет усеченный нейлоид и, следовательно, будет тащироваться с преуменьшением объема. При этом абсолютная погрешность будет обуславливаться степенью развития корневых наплывов; по отношению к общему объему она представляет незначительную величину.

2. Формула объема по произведению полусумм верхнего и нижнего сечений и длины секции. Теоретической основой формулы является определение объема по формуле усеченного парабоида

$$v = \frac{G + g}{2} h.$$

Для расчета срубленный ствол дерева размечают на секции одинаковой длины h , измеряют для каждой секции два диаметра – верхний и нижний и вычисляют площади сечений g . Объем вершины вычисляется тем же способом, как было указано выше.

Для ранее рассмотренного примера в табл. 9 приводятся обмеры и вычисления.

Таблица 9

Определение объема ствола по произведению полусумм верхнего и нижнего сечений 2-метровых секций

Показатели	Величины показателей						
	0	2	4	6	8	10	12
Высота сечений, м	0	2	4	6	8	10	12
Диаметр, см	17,5	13,4	11,6	10,2	8,6	6,8	3,2
Обозначение площади сечения	g_0	g_1	g_2	g_3	g_4	g_{n-1}	g_n
Площади сечений, м ²	0,0240	0,0141	0,0105	0,0082	0,0058	0,0036	0,0008

Объем ствола как сумма объемов секций составит следующие величины:

$$v_1 = \frac{g_0 + g_1}{2} h,$$

$$v_2 = \frac{g_1 + g_2}{2} h,$$

$$v_3 = \frac{g_2 + g_3}{2} h$$

$$v_4 = \frac{g_3 + g_4}{2} h,$$

$$v_{n-1} = \frac{g_4 + g_{n-1}}{2} h,$$

$$v_n = \frac{g_{n-1} + g_n}{2} h.$$

$$V = h \left(\frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_{n-1} \right) + v_{\text{верш.}}$$

Подставляя в формулу данные обмеров и расчетов, получим

$$V = \left[\frac{0,0240 + 0,0008}{2} + 0,0141 + 0,0105 + 0,0082 + 0,0058 + 0,0036 = 0,1092 + 0,0003 = 0,1095 \right] \cdot 2$$

Эти результаты на 4,4% превышают данные, полученные по сложной формуле срединных сечений, что объясняется более точным расчетом объемов комлевой секции по этой формуле.

3. Формула Симпсона. Теоретической основой этой формулы является формула Рикке-Ньютона:

$$v = \frac{h}{6} (g_0 + 4\gamma + g_{\text{в}})$$

Как было указано ранее, для применения ее требуются четыре измерения: длины секций и трех сечений – при основании g_0 , посередине длины γ и верхнего $g_{\text{в}}$. Ствол размечают на секции измеряют диаметры ствола.

Для примера возьмем тот же ствол, приняв $h = 3$ м, т. е. всего четыре секции. Данные обмеров и вычислений приведены в табл. 10.

Таблица 10

Определение объема ствола по формуле Симпсона

Показатели	Величины показателей								
Высота сечений, м	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12
Диаметр, см	17,5	13,8	12,3	11,2	10,2	9,1	8,0	6,2	3,2
Площадь сечения, м ³	0,0240	0,0149	0,0119	0,0098	0,0082	0,0065	0,0050	0,0030	0,0008

Объем ствола как сумма объемов секций составит следующие значения:

$$v_1 = \frac{h}{6} (g_0 + 4\gamma_1 + g_1)$$

$$v_2 = \frac{h}{6} (g_1 + 4\gamma_2 + g_2)$$

$$v_3 = \frac{h}{6} (g_2 + 4\gamma_3 + g_3)$$

$$v_4 = \frac{h}{6} (g_3 + 4\gamma_4 + g_4)$$

$$V = \frac{h}{6} (g_0 + g_4 + 4(g_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4) + 2(g_1 + g_2 + g_3)) + v_{\text{верш.}}$$

Подставляя в формулу соответствующие величины, получим $v = 0,1062$ м³.

Разница объемов стволов составляет +1,6%, что также объясняется более точным определением объема комлевой секции.

Точность стереометрических формул при определении объема древесных стволов и их частей

Погрешности, возникающие при таксации древесины с применением математических формул, если исключить погрешности, допущенные при обмерах, обуславливаются степенью отклонения древесных стволов и их частей от формы правильных стереометрических тел вращения. Поэтому, как правило, применение секционных формул дает большую точность по сравнению с простыми формулами.

Единственным способом определения погрешности секционных формул является сопоставление объемов, полученных по этим формулам, с результатами ксилметрических исследований. Такие опытные проверки проводились недостаточно. В бывш. Петровской сельскохозяйственной академии (ныне им. Тимирязева) были исследованы объемы 17 стволов березы, 15 сосны и 3 дуба, предварительно установленные по секционным формулам. Объемы, полученные ксилметрически, приняты за 100%. Результаты проверки приведены в табл. 11.

Опытная проверка показала, что точность секционных формул в среднем составляет $\pm 1\%$. Это удовлетворяет самым высоким требованиям и поэтому секционные стереометрические формулы нашли широкое применение в науке и практике лесного хозяйства.

Таблица 11

Результаты определения погрешности секционных формул по сравнению с данными ксилметрических исследований

Наименование формулы	Отклонения, %, для стволов			Средний % погрешности
	сосны	березы	дуба	
Формула Симпсона	-0,2	+0,3	+0,8	+0,13
Формула срединного сечения	-1,2	-0,9	+1,9	-0,52
Формула Смальяна	+0,3	+0,8	+0,2	+0,45
Формула Госфельда	-0,6	-0,3	-0,3	-0,73

Из простых формул наибольшей проверке подвергалась формула срединного сечения $V = \gamma H$, так как она проста и удобна для применения в практике и дает удовлетворительные результаты. Погрешности расчетов по этой формуле различны и зависят от таксируемой породы, а в пределах пород – от индивидуальной формы стволов: сбе-

жистых, средней формы, полнодревесных. Лучшие результаты получаются, если стволы средней формы при $q_2 = 0,70$ и высоте более 20–25 м; при таксации сбежистых стволов формула дает преуменьшение объемов; наоборот, в отношении стволов полнодревесных погрешности получаются со знаком плюс.

Многочисленные исследования авторов (Кунце, Шиффель, Богословский, Дворецкий и др.) точности формулы $V = \gamma H$ выявили, что погрешности ее зависят прежде всего от степени приближения формы отдельных стволов к форме параболоида 2-го порядка, поскольку формула выведена для объема этого тела вращения. Также установлено, что при использовании этой формулы получаются лучшие результаты для древесных стволов без коры, а также для деревьев с равномерной толщиной коры вдоль ствола (пихта, ель, бук и др.). Погрешность возрастает для стволов, имеющих значительное утолщение коры в комлевой части, и резко уменьшается по направлению к вершине, что приводит к снижению величины q_2 (сосна, лиственница).

Полученные объемы по формуле срединного сечения и высоты ствола сопоставляют обычно с результатами объемов, вычисленных по секционным формулам срединного сечения, или с данными, определенными по секционной формуле Симпсона.

Для отдельных стволов индивидуальной формы погрешность формулы $V = \gamma H$ колеблется в пределах 15–20%, но иногда может достигать и более значительных величин. В отношении совокупности стволов средние погрешности уменьшаются пропорционально корню квадратному из числа измерений \sqrt{n} .

А. Шиффель уточнил влияние погрешностей формулы среднего сечения в зависимости от формы ствола по q_2 и высоте, причем наименьшее значение погрешности в среднем $\pm 2\%$ получено при $q_2 = 0,70$ и высоте $h = 15:30$ м.

Проф. М.М. Орлов обобщил результаты многочисленных исследований авторов относительно точности простой формулы $v = \gamma h$ и привел следующие величины средних погрешностей объемов стволов в коре: для ели, пихты, бука +1–2%; для сосны, лиственницы –3–7%; для сосны без коры – погрешность такая же, что и у ели с корой.

Простая формула Госфельда дает погрешность в пределах формулы $v = \gamma h$.

По нашим исследованиям средней формы древесных стволов по относительным высотам и десяти секциям, формула $v = \gamma h$ дала сле-

дующие отклонения объемов в коре: ель, осина +2,7%, ольха черная – 1,2%, ясень – 2,8%, сосна – 6,9 %.

Простые формулы Смальяна и Симпсона в отношении объемов целых стволов дают систематические погрешности со знаком плюс в размерах, исключающих использование этих формул в практике. Причиной этого являются корневые наплывы стволов, площади сечений которых учитываются этими формулами.

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

В процессе измерений диаметров и высот стволов неизбежны погрешности, вызываемые или несовершенством измерительного прибора или неправильностью самих измерений. Необходимо знать, каково влияние допущенных погрешностей на точность вычисляемых объемов древесины.

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

Вычисляя объем цилиндра высотой 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

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

Разность объемов $V_1 - V_2 = \Delta_V$ 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

$$p_V = \frac{\frac{\pi}{2} D d H \cdot 100}{\frac{\pi D^2}{4} H} = 2 \cdot 100 \frac{d}{D} = 200 \frac{d}{D},$$

т. е.

$$p_V = \frac{2 \cdot 100 d}{D} = 2 p_d,$$

равна удвоенному проценту погрешности измерения диаметра.

Если при измерении H сделана погрешность $\pm \Delta h$, то абсолютная ошибка в объеме цилиндра составит

$$\Delta_V = \frac{\pi D^2}{4} H - \frac{\pi D^2}{4} (H \pm \Delta h) = \pm \frac{\pi D^2}{4} \Delta h.$$

Погрешность в процентах будет

$$p_H = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \Delta h \cdot 100}{\frac{\pi D^2}{4} H} = \frac{\Delta h \cdot 100}{H}.$$

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

$$p_V = \frac{200 \Delta d}{D} \quad \text{при заданном } p_V = 10\% \quad \text{и диаметре } d = 20 \text{ см}$$

$$p d = \frac{10 \cdot 20}{200} = 1 \text{ см. Аналогичен расчет и в отношении высот.}$$

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 оценки среднего значения определяется по методам математической статистики: при заданной точности по-

требное число измерений составит $n = \frac{tv^2}{p^2}$, где t – критерий Стьюдента (надежности результатов при соответствующей вероятности; v –

коэффициент вариации показателей; p – точность оценки среднего значения показателей в выборке.

Пример:

$t = 1,96$ (при вероятности 0,95);

$v = 15\%$ (варьирование диаметров стволов);

$p = 5\%$.

Тогда $n = \frac{1,96^2 \cdot 15^2}{5^2} = 40$ моделей

Таким образом для оценки точности стереометрических формул определения объема древесного ствола с вероятностью 0,95 необходимо измерить диаметры стволов 40 модельных деревьев.

Физические методы определения объема древесины основаны на использовании общефизических законов.

Физические методы применяются обычно для таксации объемов древесины неправильной формы: сучьев, ветвей, корней и т. п. с научно-исследовательскими целями получения некоторых средних учетных величин для использования их в производстве; реже они применяются для таксации частей деревьев нормальной формы.

Ксилометрический метод

При применении ксилометрического метода используются приборы – ксилометры, в которые погружается исследуемая древесина.

Различают два рода ксилометров:

а) с постоянным уровнем воды – простейший тип и б) с переменным уровнем – более усовершенствованный. Ксилометры представляют собой металлические или деревянные цилиндрические сосуды диаметром 40–50 см и высотой 1,5–2 м.

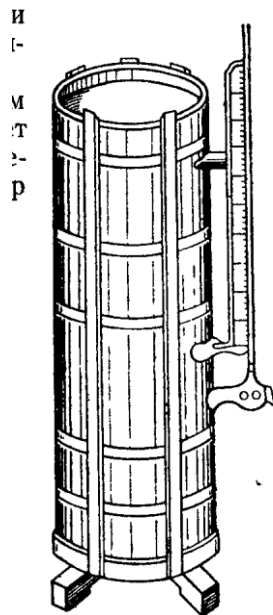


Рис. 25. Общий вид ксилометра с переменным уровнем

Ксилометр с постоянным уровнем в верхней своей части имеет кран или трубку для слива воды, вытекающей при погружении в ксилометр древесины.

Перед началом измерений в прибор до уровня верхнего крана или трубки наливается вода. После этого погружают в прибор исследуемую древесину. Вытесненную при этом воду собирают в особые сосуды и определяют ее объем обычно в литрах, т. е. в $0,001 \text{ м}^3$.

Ксилометр с переменным уровнем (рис. 25) имеет встроенную в боковую стенку стеклянную трубку, направленную свободным концом вверх по принципу сообщающихся сосудов; уровень жидкости в ксилометре и стеклянной трубке будет одинаков.

К трубке прикреплена шкала с делением. Для нанесения этих делений в ксилометр наливают жидкость определенного объема, например один литр, и на шкале делается отметка -1 ; добавляя такие же объемы воды, получают деления 2, 3, 5 и т. д.

Определение объема древесины 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.

Для удобства отсчетов шкала может быть подвижной и перед погружением древесины устанавливается на 0, после погружения древесины узнают непосредственно по шкале объем в принятых единицах.

Для погружения древесины в жидкость используется металлический стержень, который для удобства погружения желательно снабдить металлическим сетчатым кругом. Во избежание впитывания воды древесиной погружение должно производиться быстро.

Точность оценки объема древесины с помощью ксилметра зависит от площади его поперечного сечения. Учитывая, что высота уровня воды по шкале может быть определена с точностью в один мм, абсолютная погрешность Δv выразится объемом столбика жидкости высотой в 1 мм и площадью сечения ксилметра g , например:

$$\begin{aligned} g=1 \text{ см}^2; & \quad \Delta v=1 \text{ см}^2 \cdot 0,1=0,1 \text{ см}^3; \\ g=10 \text{ см}^2; & \quad \Delta v=10 \text{ см}^2 \cdot 0,1=1 \text{ см}^3; \\ g=100 \text{ см}^2; & \quad \Delta v=100 \text{ см}^2 \cdot 0,1=10 \text{ см}^3; \end{aligned}$$

При диаметре ксилметра 50 см $g = \frac{\pi d^2}{4} = 1963 \text{ см}^2$, а погрешность $\Delta v = 1963 \text{ см}^2 \cdot 0,1 = 196,3 \text{ см}^3$, т. е. округленно $200 \text{ см}^3 = 0,0002 \text{ м}^3$.

Вполне понятно, что полученная абсолютная погрешность будет наблюдаться при любом объеме погруженной древесины.

Другой причиной погрешности будет впитывание воды древесиной; чем суше древесина и продолжительнее время погружения, тем больше будет впитываться воды. Поправка на эту погрешность может быть вычислена по разности уровней воды в ксилметре до и после погружения древесины, причем отсчет делают после того, как с вынутой из ксилметра древесины стечет вся вода. Определенный таким образом объем впитавшейся воды следует прибавить к полученному объему древесины.

Ксилметрический способ применим также и при определении объема сеянцев, листьев, семян, хвои, корней и т. п., для чего необходимо использовать ксилметр с небольшой площадью поперечного сечения.

Гидростатический или весовой способ

Так как вес 1 л или 1 дм^3 воды при $t=4^\circ\text{C}$ равен одному килограмму, то разность весов тела в воздухе и при погружении в воду, выраженная в килограммах, составит его объем в дм^3 . Если взвешивание производилось в тоннах, то разность весов даст объем в м^3 .

Для весового способа определения объема используются гидростатические весы. Чтобы погрузить древесину в воду, к ней прикреп-

ляют груз (металлический стержень), вес которого устанавливают предварительно.

Древесину с грузом взвешивают в воздухе и в воде: разность этих весов, уменьшенная на вес груза, составит объем древесины в дм^3 . Для наглядного представления, приведем цифровой пример (табл. 12).

Таблица 12

Вес древесины

Показатели	Вес в кг		
	древесины с грузом	груза	древесины
Вес в воздухе P	32,1	7,5	24,6
Вес в воде p	1,5	6,5	прибавка 5
Потеря веса $P-p$	30,6	1,0	29,6

Следовательно, объем древесины $V=P-p=29,6 \text{ дм}^3=0,0296 \text{ м}^3$.

Гидростатический способ определения объема древесины в принципе есть не что иное, как определение удельного веса древесины.

Если известен удельный вес частей дерева, то объем может быть определен по формуле:

$$P = v\delta; \text{ откуда } \delta = \frac{P}{U} \text{ или } v = \frac{P}{\delta},$$

следовательно, объем получается делением веса (P) на удельный вес (δ) древесины. Но удельный вес древесины – непостоянная величина, зависящая от многих факторов, поэтому, пользуясь даже средними величинами δ , объем древесины по этому способу определяется неточно.

В табл. 13 приводятся удельные веса древесины отдельных пород в зависимости от влажности.

Пример: вес партии воздушно-сухих сосновых дров составил 1,3 тонны. Объем древесины по формуле $v = \frac{P}{\delta}$ составит $v=1,3 \text{ м}:0,52=2,5 \text{ м}^3$.

При определении объема большой партии однородной древесины в целях уточнения результатов прибегают к использованию способа выборки (пробы), объем которой и определяется километрическим способом.

Таблица 13

Удельный вес древесины, тонна/м³

Породы	Свежесрубленная		Воздушно-сухая	
	колебания	Средняя	колебания	средняя
Дуб	0,93–1,28	1,11	0,69–1,03	0,76
Ясень	0,70–1,14	0,92	0,57–0,94	0,75
Береза	0,80–1,09	0,95	0,51–0,77	0,65
Сосна обыкновенная	0,38–1,03	0,70	0,31–0,74	0,52
Лиственница	0,52–1,00	0,81	0,44–0,80	0,60
Ель	0,40–1,07	0,74	0,35–0,60	0,45
Липа	0,61–0,87	0,74	0,32–0,59	0,45
Осина	0,61–0,99	0,80	0,43–0,56	0,51

Объем всей партии v определяется из пропорции

$$\frac{V}{v} = \frac{P}{p}, \text{ откуда } V = \frac{v \cdot P}{p}.$$

Пример: общий вес $P=1200$ кг, вес пробы $p=50$ кг.

Объем пробы $v=0,1$ м³, общий объем древесины

$$V = \frac{0,1 \cdot 1200}{50} = 2,4 \text{ м}^3.$$

Чтобы удельный вес древесины не смешивать с удельным весом вещества, образующего древесину, его принято называть объемным весом. Таким образом, разделив вес древесины P на объемный вес δ , получаем объем взвешенной древесины V .

Вопрос объемного веса древесины главнейших древесных пород подвергался многочисленным исследованиям, результаты которых обобщены в ГОСТе 3243—46 на дрова для отопления, сухой перегонки и углежжения (табл. 14).

Приемка и учет по весу дров, согласно табл. 14, допускается только в отношении воздушно-сухих дров, причем весовой единицей в таких случаях служит m (1000 кг).

Таблица 14

Удельный вес древесины

Породы	Вес плотного м ³ здоровой древесины без гнили в кг		
	при влажности 25–20%	при влажности 50–33%	в процентах к весу древесины сосны

Граб	820	970	156
Дуб, ясень, клен	730	860	139
Лиственница	700	820	133
Бук	680	800	130
Береза	670	790	128
Ильм или вяз	670	790	128
Ольха	540	650	103
Сосна	525	625	100
Осина или липа	500	600	95
Ель	470	560	90
Кедр сибирский	460	550	88
Пихта кавказская	460	550	88
Пихта сибирская	410	490	78

Лекция 5. Форма древесного ствола. Видовые числа и коэффициенты формы

Форма древесного ствола является наиболее важным объектом исследования в лесной таксации, так как при определенном соотношении диаметра и высоты она обуславливает объем ствола, а также его использование при оценке запаса древостоя.

В зависимости от биологических и экологических свойств древесных пород, возраста дерева, внутренних и внешних условий роста и развития дерева, форма ствола подвержена изменениям.

Научные исследования в области лесной таксации выдвинули ряд методов и гипотез, из которых необходимо отметить следующие (В.К. Захаров, 1961, 1967; Н.П. Анучин, 1982):

а) приравнение формы древесных стволов и частей их 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 моделей в виде сплай-функций;

г) характеризовать форму древесного ствола отношениями диаметра на относительных высотах ($\frac{1}{4}H$; $\frac{1}{2}H$, $\frac{3}{4}H$) и при основании дерева к диаметру на высоте 1,3 м, названных коэффициентами формы g_n (предложение Шиффеля А.).

Симметричное строение древесного ствола на вертикальных и поперечных разрезах логически приводит к возможности приравнивания их формы к форме правильных стереометрических – полных и усеченных тел вращения (рис. 16). Если не учитывать корневых наплывов древесного ствола, то его форму с некоторым допущением можно приравнять к форме параболоида 2-го порядка или же к форме кубического параболоида; вершину древесного ствола с тем же допущением можно рассматривать как конус; комлевую часть с корневыми наплывами – как усеченный нейлоид; наконец, большая средняя часть ствола по форме значительно приближается к форме усеченного параболоида, а на отдельных коротких секциях близка к форме цилиндра.

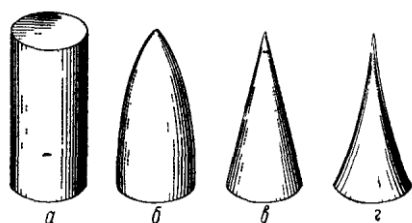


Рис. 16. Формы правильных тел вращения
 а) цилиндр; б) параболоид; в) конус; г) нейлоид

Эти положения хотя и широко используются в теории и практике лесной таксации, но тем не менее не разрешают проблемы формирования древесного ствола и ни в коем случае не в состоянии отразить индивидуальные особенности формы отдельных древесных стволов.

Использование законов механики и физики для объяснения формы древесного ствола нашло отражение в исследованиях Метцгера, Козицына П. Д., Гогенадля и др.

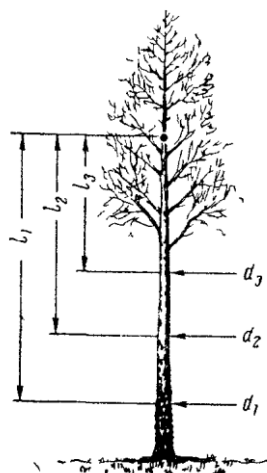


Рис. 17. Зависимость диаметров стволов от расстояния до точки приложения изгибающей силы ветра

По гипотезе Метцгера (1898) и Козицына П. Д. (1909) формирование древесного ствола происходит согласно законам строительной механики, и дерево должно противостоять опрокидывающей силе ветра, направленной на точку приложения силы в центре кроны. Отсюда, по заключению Метцгера, кубы диаметров стволов, замеренных на различном расстоянии от точки приложения силы, должны быть пропорциональны расстоянию до точки приложения опрокидывающей силы (рис. 17):

$$d_1^3 : d_2^3 : d_3^3 : \dots : d_n^3 = l_1 : l_2 : l_3 : \dots : l_n$$

Козицын П. Д., находя предложение Метцгера применимым лишь для безъядерных древесных стволов, уточнил показатели степени диаметров для ядровых пород, заменив третью степень степенью 4,5, т. е. принял следующие соотношения:

$$d_1^{4,5} : d_2^{4,5} : d_3^{4,5} : \dots : d_n^3 = l_1 : l_2 : l_3 : \dots : l_n$$

Сопоставление данных, полученных по приведенным соотношениям, с фактическим обмером показало, что во многих случаях получаются совпадения размеров, но полного согласования не бывает.

Гогенадль в отличие от Метцгера и Козицына П. Д. высказал предположение, что главным фактором, обуславливающим форму стволов, является их собственный вес и вес кроны, а не изгибающая сила ветра, т. е. ствол должен быть телом равного сопротивления раздавливанию своим весом. На основе такого заключения Гогенадль пришел к выводу, что образующая древесного ствола должна быть логарифмической кривой и выражена в общем виде равенством:

$$d^2 = Ae^{f(x)}$$

где A – постоянный коэффициент, различный для отдельных пород; e – основание Неперовых логарифмов (2,71828); $f(x)$ — функция расстояния от вершины ствола до искомого диаметра.

Так, как кривая древесного ствола имеет два перегиба (в верхней и особенно в нижней части), то поэтому она не укладывается в логарифмическую кривую и лишь в средней части напоминает ее.

Жаккард, Гуттенберг и другие исследователи утверждали, что живой организм – дерево нельзя приравнять к простому брусу, находящемуся под влиянием сил только внешнего воздействия, что на формирование древесного ствола, помимо механических факторов, оказывают влияние анатомическое строение, физиологические процессы и т. д.

В рассматриваемых гипотезах на первый план выдвигаются лишь отдельные факторы и в комплексе они не рассматриваются, что делает эти гипотезы односторонними, и они не могут быть научной основой для общих способов определения объемов стволов.

Иное направление имеют исследования Менделеева Д. И., Белоновского И. Г., Хойера и других, которые поставили перед собой задачу установить вид «образующей» древесного ствола и выразить ее соответствующими математическими уравнениями, не исследуя фак-

торы, под влиянием которых происходит формирование древесного ствола

При этом они исходили из общей зависимости между диаметром ствола d и его высотой H , выражаемой уравнением общего вида:

$$y=f(x)$$

Менделеев Д. И. (1899) и Беленовский И. Г. (1917) предложили использовать для характеристики «образующей» древесных стволов наиболее простую форму этой функции в виде уравнения второго порядка и кубической параболы.

$$Y = A + Bx + Cx^2,$$
$$Y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$$

где A, B, C, D – некоторые коэффициенты; x – расстояние от шейки корня до рассматриваемого сечения; но уравнение второго порядка не дало удовлетворительных результатов, так как образующая ствола имеет эсообразный характер. Лучшие результаты были получены при использовании уравнения третьей степени.

В частности, Менделеев Д. И. использовал параболу третьей степени для определения объемов древесных стволов при изучении лесосырьевой базы металлургической промышленности Урала (1899).

Вимменауэр К. (1918), учитывая влияние корневых наплывов и конусовидной вершины на форму образующей ствола, использовал уравнение четвертой степени:

$$Y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4$$

где A, B, C, D, E – коэффициенты, имеющие особую величину для каждого ствола, получаемые путем решения нескольких (n) уравнений с n неизвестными.

Ряд авторов (Хойер, Гогенадль и др.) предложили выражать вид образующей древесного ствола при помощи уравнения логарифмической кривой.

В качестве общей формулы для характеристики формы древесного ствола шведский исследователь Хойер предложил следующее соотношение между D и H :

$$\frac{d}{D} = C \lg\left(\frac{c+x}{c}\right),$$

где D – диаметр ствола на высоте 1,3 м, d – диаметр ствола на расстоянии x от вершины, выраженный в процентах от всей высоты

ствола H , C и c – некоторые коэффициенты в зависимости от формы

ствола, выраженной через коэффициент формы: $q_2 = \frac{d_{\frac{1}{2}}}{d_{1,3}}$.

Для стволов осины соотношение Хойера примет вид:

$$\frac{d}{D} = 2,21g \left(\frac{49,6 + x}{49,6} \right)$$

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}}; q_1 = \frac{d_{\frac{1}{4}}}{d_{1,3}}; q_2 = \frac{d_{\frac{1}{2}}}{d_{1,3}}; q_3 = \frac{d_{\frac{3}{4}}}{d_{1,3}},$$

где d_0 ; $d^{1/4}$; $d^{1/2}$, $d^{3/4}$ – диаметры соответственно при основании ствола, на $1/4$ высоты, $1/2$ высоты и $3/4$ высоты.

Таким образом, он обратил внимание на изучение сбega ствола по относительным высотам, что позволило уяснить индивидуальную форму древесных стволов и степень ее изменчивости в зависимости от отдельных факторов.

Основной недостаток предложения Шиффеля А заключался в том, что коэффициенты формы хотя и дают, общее представление о форме древесных стволов, но, находясь в зависимости от высоты стволов, искажают представление о действительной их форме. Например, для $H=2,6$ м, $q_2=1$, а для стволов с высотой меньше 2,6 м q_2 получается больше единицы.

Из сделанного обзора методов изучения формы древесных стволов можно видеть, что эта проблема не получила до сего времени окончательного разрешения и требует дальнейших исследований.

Чтобы исключить влияние высоты дерева и его диаметра на высоте 1,3 м на характеристику формы стволов, Захаровым В. К. разработана оригинальная методика, заключающаяся в следующем: древесный ствол делится на десять одинаковых по длине секций, равных $0,1 H$; измеряется 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 дополнительно измеряется диаметр на высоте 1,3 м (рис. 18).

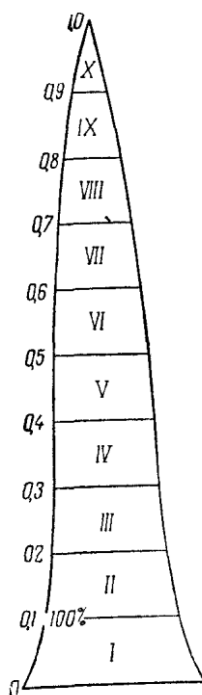


Рис. 18. Схема изменения диаметров ствола (по 10 секциям)

При последующей обработке материалов диаметры ствола на $0,1 H$ принимаются за 100%, а диаметры на остальных относительных высотах выражаются в процентах от исходного диаметра на $0,1 H$.

Взятие в качестве исходной величины диаметра на $0,1 H$ объясняется тем, что на этой высоте практически заканчивается влияние корневых наплывов, и ствол приобретает более правильную форму.

Данные обмеров обрабатываются с применением методов математической статистики. Для получения среднего значения сбega стволов данной породы с точностью до одного процента необходимо измерить для каждой ступени толщины 8–10 стволов, а всего для породы – до 150 стволов.

Средние значения сбega по ступеням толщины, а следовательно, и по высотам для всех 150 стволов получаются в процессе построения вариационных рядов и вычислением установленных статистических показателей: $M \pm m$, σ , v , p , t ,

где $M \pm m$ – средняя величина и ее погрешность, σ – среднее квадратическое отклонение, v – коэффициент варьирования, p – показатель точности оценки и t – коэффициент различия.

Как показали эти исследования, средние проценты сбega на одинаковых относительных высотах в пределах данной породы оказались

статистически одинаковыми и не зависящими от диаметра ствола на 1,3 м и его высоты, а также условий среды и носят стабильный характер. Вычисленные средние значения сбега по относительным высотам на основании 150 обмеров дают точность оценки показателей в пределах одного процента.

Таблица 5

Средняя форма относительного сбега стволов по относительным высотам

Относительные высоты Породы	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Береза	185,7±	100	89,5±	82,3±	75,0±	65,9±	55,5±	42,3±	26,4±	12,2±
	±1,85		±0,36	±0,41	±0,37	±0,45	±0,43	±0,44	±0,47	±0,36
Сосна	140,9±	100	91,6±	84,4±	78,3±	71,8±	64,6±	55,4±	43,3±	25,0±
	±0,61		±0,15	±0,22	±0,22	±0,24	±0,24	±0,26	±0,29	±0,31
Ель	165,9±	100	95,0±	89,2±	83,1±	76,2±	66,9±	56,4±	42,3±	28,3±
	±1,10		±0,20	±0,24	±0,29	±0,34	±0,43	±0,48	±0,53	±0,48

Изложенным методом проф. Захаровым В.К. изучена средняя форма относительного сбега по относительным высотам семи древесных пород: березы, дуба, ясеня, сосны, ольхи черной, осины, ели.

В качестве иллюстрации в табл. 5 приводится характеристика трех пород: сосны, ели и березы.

Породы расположены по возрастающей полндревности стволов, а также и по требовательности их к свету.

В табл. 6 приведены средние статистические показатели вариационных рядов по относительным высотам.

Из табл. 6 видно, что, начиная с высоты 0,2, коэффициент варьирования постепенно увеличивается и достигает максимальной величины в области кроны, что объясняется изменением правильности формы ствола по направлению к вершине.

Профессор Захаров В.К. выдвинул гипотезу о единстве средней формы отдельных древесных пород, выраженной в относительных величинах как по высотам, так и по диаметрам.

Влияние условий местопроизрастания (бонитет, тип леса) при одинаковых возрастах деревьев четко выражается в разной величине

их средних диаметров, высот и других таксационных признаков, однако при этом сохраняется некоторая стабильная форма стволов данной породы.

Таблица 6

Статистические показатели сбега стволов по относительным высотам

Относительная высота	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Статистически показатели									
Среднее квадратическое отклонение (σ)	15,7	3,2	3,8	4,5	5,0	5,3	6,1	6,2	4,6
Коэффициент варьирования (v)	10,4	3,6	4,5	5,6	6,3	8,6	12,3	19,7	26,2
Точность оценки (p)	0,85	0,27	0,35	0,44	0,56	0,68	0,82	1,50	2,10

Таким образом, выдвигая гипотезу о единстве средней формы стволов отдельных древесных пород, нельзя отрицать влияния среды на рост и развитие древесной растительности.

Зная абсолютную величину диаметра на $0,1 H$ и средние проценты сбега на относительных высотах для исследуемой породы, можно перейти от относительных величин сбега к абсолютным. С этой целью для каждой ступени толщины абсолютную величину диаметра на $0,1 H$ следует последовательно умножить на средние коэффициенты сбега данной породы по относительным высотам.

Как показали результаты исчислений, а также корреляционные связи между диаметром на высоте 1,3 м ($d_{1,3}$) и диаметрами на относительных высотах, изменения абсолютных значений диаметров по всем относительным высотам носят линейный характер. Дальнейшими исследованиями установлено, что изменения диаметров однородного насаждения по ступеням толщины и абсолютным высотам, например, на 1, 3, 5, ..., 7 м и т. д., также носят линейный характер, что предельно упрощает показ зависимостей между $d_{1,3}$ и диаметрами на всех относительных высотах.

В табл. 7 приводятся данные для березы, сосны и ели, где в числителе даны объемы отдельных секций в процентах от объема ствола

в коре, а в знаменателе – суммированные их итоги от комля к вершине.

Таблица 7

Объемы секций от объема ствола

№ секций от комля к вершине	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Итого
Относительные высоты	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Объемы секций от комля к вершине, %											
Береза	28,0	17,7	14,9	12,7	10,2	7,7	5,0	2,7	1,0	0,1	100
Сосна	28,0	45,7	60,6	73,3	83,5	91,2	96,2	98,9	99,1	100	100
Ель	21,9	17,3	14,6	12,5	10,0	8,7	6,8	4,6	2,5	0,5	100
	21,9	39,2	53,8	66,3	76,9	85,6	92,4	97,0	99,5	100	100
	20,3	17,3	15,5	13,6	11,3	9,1	6,6	4,1	1,9	0,3	100
	20,3	37,6	53,1	66,7	78,0	87,1	93,7	97,8	99,7	100	100
Средние данные для семи пород: Б; Д; Яс; С; Ол; Ос; Е по исследованиям В.К. Захарова	23,7	17,8	15,2	13,0	10,8	8,5	6,0	3,4	1,4	0,2	100
То же от вершины к комлю	23,7	41,5	56,7	69,7	80,5	89,0	95,0	98,4	99,8	100	–
	100	76,5	58,5	43,3	30,3	19,5	11,0	5,0	1,6	0,2	–

Из табл. 7 видно, что в среднем для 7 пород в нижней половине ствола сконцентрировано 80,5% объема ствола; на 0,3 длины ствола от комля приходится 56,7% объема; на те же 0,3 *H* от вершины к основанию – всего лишь 3,0%.

При непосредственном изучении формы ствола путем исследования его сбega на абсолютных или относительных высотах установлено, что поперечное сечение ствола отклоняется в той или иной степени от правильных геометрических фигур (круга или эллипса) и в некоторых случаях у шейки корня может иметь неправильную форму (дуб, ель и др.).

Математические методы таксации древесных стволов в подавляющем большинстве случаев строятся на приравнивании их формы к форме правильных полных и усеченных тел вращения: цилиндра, па-

раболоида, конуса и нейлоида. Поэтому для вычисления объема стволов необходимо иметь измерения: диаметра и высоты.

Поперечные сечения стволов на различных высотах имеют форму, приближающуюся к форме круга или эллипса. Непосредственному изучению их формы и разработке способов правильного установления их площади был посвящен ряд специальных исследований (Осетров, Добровлянский, Тюрин и др.), где рассмотрены различные методы определения площади поперечного сечения стволов. Рассмотрим некоторые из них.

Использование формул площадей круга и эллипса. Площадь поперечного сечения древесного ствола по двум взаимно перпендикулярным диаметрам, хотя бы и незначительно отличающимся, целесообразно определять по формуле площади эллипса

$$g_{\text{э}} = \frac{\pi}{4} ab = 0,785ab,$$

где a и b – оси эллипса – наибольшая и наименьшая.

Эта формула признается наиболее отвечающей форме сечения ствола.

В тех случаях, когда два взаимно перпендикулярных диаметра сечения окажутся одинаковыми, применяется формула площади круга:

$$g_{\text{кр}} = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785d^2$$

Но площадь сечения при разных значениях диаметров также может быть определена с использованием формулы круга:

а) по среднеарифметическому диаметру:

$$g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} d_{\text{ср}}^2.$$

Эта формула наиболее широко применяется в лесной таксации особенно при наличии специальных таблиц площадей круга при разных диаметрах;

б) как среднеарифметическая из двух площадей круга с диаметрами d_1 и d_2

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2}{2} = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4}}{2} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1^2 + d_2^2}{2} \right)$$

Сопоставляя результаты определения площади по двум последним формулам с определением площади по формуле эллипса (при тех же значениях d_1 и d_2), можно установить величину их погрешности.

Исследуем последовательно разность площадей, определенных по формулам площадей круга, с площадями по формуле эллипса:

$$g - g_3 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a+b}{2} \right)^2 - \frac{\pi}{4} ab = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + 2ab + b^2}{4} - ab \right)$$

$$1) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + 2ab + b^2 - 4ab}{4} \right) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 - 2ab + b^2}{4} \right) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a-b}{2} \right)^2$$

Таким образом, разность площадей равна площади круга с диаметром $\frac{a-b}{2}$ т. е. полуразности данных диаметров;

$$2) \text{ по второму варианту преобразование формулы } \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2}{2} \right)$$

тем же способом дает следующий вывод:

$$\frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2}{2} \right) - \frac{\pi}{4} ab = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a^2 + b^2 + 2ab - 2ab}{2} \right) = \frac{\pi}{4} ab + 2 \frac{\pi}{4} \left(\frac{a-b}{2} \right)^2$$

т. е. имеет преувеличение площади эллипса на удвоенную площадь круга, диаметр которого равен полуразности данных диаметров.

Могут быть использованы также определения площади сечения g путем измерения длины окружности C вместо измерения диаметров, например при большой толщине деревьев и отсутствии мерной вилки соответствующих размеров.

В данном случае:

$$d = C : \pi; d^2 = C^2 : \pi^2$$

Площадь сечения:

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

Таким образом, площадь поперечного сечения выразится формулой:

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

Исследования показали, что из-за шероховатости коры деревьев и неплотного прилегания мерной тесьмы этот способ обычно дает

преувеличение площади сечения: для ели в среднем на +3,4%, сосны на +7,9% и для лиственницы +11,2% (по данным Осетрова С. Е.).

Для определения площади поперечного сечения ствола в соответствии с его очертаниями при научных исследованиях применяются следующие методы:

а) контуры среза ствола переносятся на бумагу (путем обжима листа, наложенного на срез) и площадь оттиска вычисляется планиметром. Этот прием обеспечивает высокую точность результатов – до 0,1%;

б) контуры сечения ствола переносятся на бумагу и площадь разбивается на правильные геометрические фигуры (квадраты, прямоугольники, трапеции, треугольники), площадь которых вычисляется по известным геометрическим формулам; суммируя полученные результаты, устанавливают площадь сечения ствола;

в) вычисление площадей поперечного сечения производится также по формуле Симпсона, предложенной еще в 1743 г.: контур поперечного сечения ствола разбивают параллельными линиями l_1, l_2, \dots, l_n на плоскости одинаковой ширины h , обычно по 2 см, посередине которых проводят дополнительные линии k . Площадь такой полоски вычисляется по формуле:

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

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

$$g = \frac{h}{6} (l_1 + l_n + 2(l_2 + l_3 + \dots + l_{n-1}) + 4(k_1 + k_2 + \dots + k_{n-1} + k_n)).$$

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

Одновременно изучалась сравнительная точность определения площади сечения различными способами. Приведем результаты сравнительных исследований Осетрова С. Е. на 50 срезах, взятых на высоте 1,3 м, в том числе 27 срезах ели, 13 – сосны и 10 – лиственницы.

За истинную площадь принималась величина, полученная по формуле Симпсона; для сравнения площади вычислялись по формуле эллипса с измерением осей a и b , а также круги по двум взаимно перпендикулярным диаметрам a и b . Результаты таких сравнений приведены в табл. 8.

Таблица 8

Площади поперечных сечений древесных стволов

Характер отклонений	Возраст	Отклонения площадей в процентах, вычисленных по формулам, и от аналогичных величин по формуле Симпсона			
		эллипса $g = \frac{\pi}{4} ab$	круга $g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a+b}{2} \right)^2$	эллипса $g = \frac{\pi}{g} a_1 b_1$	круга $g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a_1 + b_1}{2} \right)^2$
		По наибольшему и наименьшему диаметру		По взаимно перпендикулярному диаметру	
Ель – диаметр на 1,3 м–17–37 см					
Среднее арифметическое	62-88	+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
Наименьшее отклонение		+0,03	+0,01	-0,12	-0,12
Сосна – диаметр на 1,3 м–20–34 см					
Среднее арифметическое	64-89	+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
Наименьшее отклонение		+0,13	-0,49	+0,36	+0,36
Лиственница – диаметр 22–40 см					
Среднее арифметическое	140-160	+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
Наименьшее отклонение		+0,67	+0,94	+0,03	+0,06

Формула круга по среднему диаметру из двух взаимно перпендикулярных диаметров в среднем дает различие площадей со знаком плюс, что согласуется с ранее приведенным анализом этой формулы.

Из анализа таблицы видим, 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.

Добровлянский В. Я. провел исследование 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.

Форма сечений 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 исследований сечений в коре нужно отнести за счет коры, особенно в нижней части ствола, где кора толще и трещиноватая. У деревьев с тонкой корой это преувеличение в среднем равно одному проценту, с толстой корой –2–3% и очень толстой –4–5%.

Рассмотренные методы исследования формы поперечных сечений древесных пород и способы установления их величины позволяют сделать следующие выводы:

- а) форма поперечных сечений древесных стволов ближе всего 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 диаметру (из двух взаимноперпендикулярных) близка к истинной.

Видовое число было введено Pelsen (1800 г.) для таксации объемов стволов растущих деревьев. Видовое число есть отношение объема ствола (v) к объему одномерного цилиндра (c), имеющего высоту (h), равную высоте ствола и площадь сечения ствола (g) на высоте 1,3 м, т.е.

$f = \frac{v}{c} = \frac{v}{gh}$. Отсюда объем ствола растущего дерева равен: $v = ghf$. Ста-

рое видовое число (f) широко используется в практике при таксации растущих деревьев и при глазомерно-измерительной таксации запаса дровостоя: $M = GHF$.

Старое видовое число ствола $f = \frac{v}{c}$ зависит от различных факторов.

Если исходить из формы древесного ствола, отвечающей форме параболоида второго порядка, то формула видового числа f может быть выражена в следующем виде:

$$f = \frac{v}{c} = \frac{\pi R^2 H}{\pi r^2 H} = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{R^2}{r^2},$$

где R – радиус параболоида при основании, r – радиус параболоида на высоте 1,3 м, m – показатель степени, характеризующий форму образующей, для параболоида $m=1$.

Но для параболоида квадраты радиусов относятся как m -ные степени высот, следовательно:

$$\frac{R^2}{r^2} = \left(\frac{H}{H-1,3} \right)^m.$$

При $m=1$ формула видового числа будет иметь вид:

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{H}{(H-1,3)}.$$

Разделив в последнем выражении числитель и знаменатель на H , получим конечную формулу f :

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{1,3}{H}\right)}.$$

Из формулы можно видеть, что видовое число f является функцией двух переменных величин: m и H .

Допуская постоянство одной из величин и различные значения другой, можно проанализировать влияние одной из величин на видовое число.

При увеличении m , т. е. приближении формы ствола к форме конуса, видовое число будет уменьшаться; наоборот – при уменьшении m , когда ствол приближается к форме цилиндра, видовое число увеличивается.

При постоянном значении m , т. е. когда форма ствола неизменна, и давая различные значения H , легко убедиться, что величина f находится в обратной зависимости от H , т. е. с увеличением H уменьшается значение f и обратно.

Для параболоида формула видового числа f с увеличением высоты H будет иметь вид:

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{1,3}{H}\right)}.$$

Изменение f в зависимости от высоты H приводится в табл. 15, т. е. наблюдается обратная зависимость f от высоты H .

Таблица 15

Связь высот и видовых чисел стволов

Высота H	5	10	13	15	20	26	30
Видовое число f	0,675	0,57	0,556	0,550	0,535	0,526	0,522

Если в формуле принять $H=2,6$ м, то получим видовое число $f=1$. При высоте стволов меньше 2,6 ($H < 2,6$) видовое число больше единицы, с увеличением высоты ствола видовое число уменьшается, т.е. видовое число имеет значение от 1,200 до 0,400.

Зависимость среднего видового числа от высоты H при неизменности формы выражается графически (рис. 26) кривой, имеющей вид гиперболы, которая характеризуется уравнением общего вида:

$$f = a + \frac{b}{H}.$$

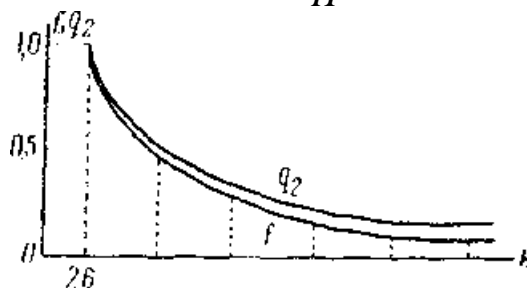


Рис. 26. График изменения средних видовых чисел f и коэффициента формы q_2 в зависимости от высот

Из приведенной зависимости f от H видно, что старое видовое число, находясь в зависимости от H , не может характеризовать формы древесных стволов.

Для установления этого недостатка в формулу вместо постоянной величины 1,3 и отношения 1,3: H введем постоянную величину $\frac{1,3}{H} = \frac{1}{20} = 0,05$.

В этом случае формула примет следующий вид:

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot 1,05^m.$$

Видовые числа, полученные по этой формуле и предложенные в 1873 г. Пресслером, получили название нормальных видовых чисел.

Нормальное видовое число f не зависит от H и остается неизменным при одинаковой форме стволов, что имеет место в отношении правильных тел вращения, так, например, для параболоида при всех высотах $f=0,526$, для конуса $f=0,368$, нейлоида $f=0,289$.

Если измерять диаметр ствола на $0,1 H$, то формула примет

$$\text{вид: } f_N = \frac{1}{m+1} \cdot 1,10^m,$$

т. е. зависимость f_N обуславливается лишь влиянием формы ствола и не зависит от H .

Результаты исследований проф. Захарова В.К., установили, что средняя форма древесных стволов, выраженная в относительных величинах, является для данной породы величиной постоянной, следовательно, и среднее f_N приобретает значение постоянной величины, вычисляемой по формуле:

$$f_N = \frac{V}{g_{0,1} H},$$

откуда объем ствола выразится формулой: $V = g_{0,1} H f_N$.

Абсолютные значения нормальных видовых чисел, по данным Захарова В.К., составляют: для березы 0,48–0,49, дуба 0,49–0,50, сосны – 0,50–0,51, ели, осины, ольхи 0,53–0,54.

Коэффициент варьирования f_N составил 3–5%. Исследования средних значений f_N по породам предельно упростит таксацию срубленных и растущих деревьев.

В 1894 г. Шпейдель рекомендовал способ использования абсолютных видовых чисел. Он предложил строить цилиндр, с которым сопоставлять объем ствола не на площади сечения на 1,3 м, а на основании ствола, вычисляя его диаметр d_0 по $d_{1,3}$, исходя из основного свойства «образующей» параболоида: квадраты диаметров относятся между собой как соответствующие им высоты:

$$d_0^2 : d_{1,3}^2 = H : H - 1,3,$$

откуда

$$d_0^2 = \frac{d_{1,3}^2 H}{H - 1,3}.$$

С этой целью были составлены вспомогательные таблицы значений d_0 по $d_{1,3}$ и H .

Положительной стороной абсолютного видового числа нужно отметить то, что при одинаковой высоте ствола и диаметре на 1,3 м оно отражает различия формы стволов. Тем не менее в практике абсолютные видовые числа не получили применения вследствие необходимости дополнительных вычислений d_0 даже при использовании готовых таблиц. Еще менее приемлемым для практического использования оказалось предложение Риникера получать видовые числа делением объема ствола выше 1,3 м на объем цилиндра той же высоты. По этому способу объем нижней секции длиной 1,3 м нужно было бы определять дополнительно.

Таким образом, несмотря на приведенные выше недостатки старых видовых чисел, они оказались наиболее применимыми в практике и прочно вошли в теорию и практику лесной таксации.

Проведенные исследования старых видовых чисел позволили впервые в 1846 г. в Баварии составить первые таблицы средних видовых чисел и использовать их для составления первых таблиц объемов растущих стволов, известных под названием баварских.

Для их составления были использованы обмеры свыше 40 тыс. стволов разных древесных пород. Баварские таблицы видовых чисел как средних величин были составлены по породам, ступеням толщины и высотам. Кроме того, были приняты три группы возрастов: до 60 лет, от 61 до 90 лет и старше 91 года. Полученные средние величины по приведенным группам обмеров сглаживались простейшим графическим способом.

Баварские таблицы объемов, несмотря на их местный характер, на протяжении почти полстолетия были единственными и нашли успешное применение и за пределами Баварии, в том числе и в царской России (1869–1886).

По образцу баварских таблиц немецкими опытными станциями в конце XIX столетия был составлен ряд таблиц средних видовых чисел, а на основе их — таблицы объемов древесных стволов, о чем более подробно будет изложено ниже.

Видовые числа и коэффициенты формы, их взаимосвязи и закономерности изменений

Видовые числа древесных стволов, характеризующие соотношения объемов ствола и одномерного цилиндра, давали лишь относительное представление о полнодревесности стволов и не давали представления о их форме, в частности о сбеге.

Между тем лесохозяйственная практика нуждалась в разработке методов по характеристике формы древесных стволов, отражающих их сбег.

В 1899 г. Шиффель [3] предложил для этой цели принимать соотношения диаметров ствола, измеренных на разных высотах: у основания, на $1/4 H$, $1/2 H$ и $3/4 H$ к диаметру на 1,3 м.

Эти отношения были названы коэффициентами формы:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}}; \quad q_1 = \frac{d_{1/4}}{d_{1,3}}; \quad q_2 = \frac{d_{1/2}}{d_{1,3}}; \quad q_3 = \frac{d_{3/4}}{d_{1,3}}.$$

Анализируя величины этих коэффициентов и их соотношения, Шиффель установил, что величины q_1 , q_2 , q_3 находятся между собой в определенной, для известной высоты ствола постоянной взаимосвязи, что позволяет по одному из них определять величины двух других.

Последующими исследованиями была установлена взаимосвязь коэффициентов формы q_2 с видовыми числами и высотами, выраженная эмпирическими формулами.

Простейшую взаимосвязь f и q_2 можно видеть из следующих сопоставлений.

Объем ствола по простой формуле срединного сечения равен:

$$v = \gamma H,$$

Объем одномерного цилиндра

$$C = g_{1,3}H,$$

где $g_{1,3}$ – площадь сечения на высоте 1,3 м. Отсюда видовое число:

$$f = \frac{v}{C} = \frac{\gamma H}{g_{1,3}H} = \frac{\delta^2}{d_{1,3}^2} = q_2^2,$$

где δ – диаметр ствола на половине высоты.

Это – приближенная формула Вейзе.

Таким образом, видовое число f равно квадрату коэффициента формы q_2 . Следовательно, точность величины f по этому способу обуславливается точностью определения объема стволов по простой формуле срединного сечения и в отношении отдельных стволов может давать отклонения до $\pm 10\%$. Если же брать средние величины f для нескольких стволов, то может быть получена удовлетворительная точность.

При высоте ствола $H=2,6$ м измерение диаметров на высоте груди (1,3 м) и половине высоты ($1/2 H$) приходится на одной и той же высоте, следовательно, в этом случае $f=q_2=1$.

При последующем увеличении H средний q_2 также уменьшается, но по своей абсолютной величине остается больше видового числа, так как $f=q_2^2$. Графически изменение средних значений видовых чисел f и коэффициента формы q_2 по высотам показано на рис. 16.

В результате исследования стволов еловых насаждений в разных условиях местопроизрастания изменение средних значений q_2 в зависимости от высот показано в табл. 18.

Таким образом, начиная с высоты 12 м, приведенная взаимосвязь $f=q_2^2$ дает вполне удовлетворительные результаты.

В 1891 г. Кунце при изучении закономерностей изменения видовых чисел также исходил из отношений диаметров δ и $d_{1,3}$, т.

е. $q_2 = \frac{\delta}{d_{1,3}}$, и на конкретном материале отдельных древесных по-

род (сосны, ели, бука) и представил формулу $q_2 - f = C$.

Таблица 18

Связь видовых чисел стволов и коэффициентов формы q_2

Высоты	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
--------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Среднее q_2 в 0,001	767	733	718	709	703	698	695	693	691	688	687
Среднее f 0,001	637	565	528	507	493	483	475	469	465	461	458
$f=q^2_2$	588	537	515	503	494	487	483	480	477	473	472
Отклонение от f в процентах	7,3	12,1	2,6	0,8	0,8	0,8	1,6	2,1	2,6	2,6	2,5

Кобранов Н.П. продолжил эти исследования в отношении березы и осины, Тюрин А.В. – для черной ольхи и липы.

В результате было установлено, что для стволов длиной 15–18 м и более эта разность C является для отдельных пород величиной постоянной и составляет: для сосны 0,20, ели 0,21, бука 0,22–0,23, березы 0,22, осины 0,24, черной ольхи 0,22 и липы 0,21.

В общем виде формула Кунце имеет вид: $f = q_2 - C$.

Как показали исследования проф. Тюрина А.В. формула Кунце дает лучшие результаты по сравнению с формулой. По нашим исследованиям, величина C для отдельных пород составила: сосна – 0,211, ель – 0,219, черная ольха – 0,211, осина – 0,217. дуб – 0,197, ясень – 0,200, кедр – 0,207.

Приведенные значения C получены на значительном экспериментальном материале и отличаются большой устойчивостью по высотам деревьев.

Углубленные исследования видовых чисел, коэффициентов формы q_2 и зависимости их от древесных пород и высот были проведены Шиффелем в процессе составления таблиц объемов стволов лиственницы, сосны, пихты и ели. Изучая изменения видовых чисел по высотам и коэффициентам формы q_2 , Шиффель пришел к выводу, что кривые изменения видовых чисел выражаются уравнением следующего общего вида:

$$f = a + b q_2 + \frac{c}{q_2 H},$$

где f – видовое число ствола, q_2 – коэффициент формы:

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

H – высота ствола, a, b, c – некоторые постоянные коэффициенты.

Исходя из анализа экспериментального материала, были установлены цифровые параметры приведенного уравнения и получены для исследованных пород четыре уравнения для вычисления видовых чисел, а именно:

$$\text{для лиственницы (1905)} \quad f = -0,155 + 0,87q_2 \frac{+0,47}{q_2 H}$$

$$\text{для сосны (1907)} \quad f = -0,160 + 0,896q_2 \frac{+0,34}{q_2 H}$$

$$\text{для пихты (1908)} \quad f = -0,150 + 0,88q_2 \frac{+0,36}{q_2 H}$$

$$\text{для ели (1899)} \quad f = +0,140 + 0,66q_2 \frac{+0,32}{q_2 H}$$

Выполнив в разное время работы по каждой породе и сопоставив значения видовых чисел по приведенным формулам, Шиффель убедился, что влияние древесной породы при одинаковых q_2 , H и $d_{1,3}$ на величины видового числа и объема древесных стволов настолько незначительно, что представляется возможным пользоваться любой из приведенных формул.

Для всех хвойных пород он рекомендовал в качестве общей формулы, выведенную для ели из имевшегося многочисленного и тщательно обработанного экспериментального материала.

Действительно, при $H=30$ м и $q_2=0,70$ будем иметь следующие значения видовых чисел: для лиственницы – 0,476, для сосны – 0,483, для пихты – 0,483 и ели – 0,478.

Таким образом, для всех хвойных древесных пород видовое число можно вычислить по формуле Шиффеля:

$$f = 0,14 + 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{q_2 H}.$$

Анализируя формулы видовых чисел, можно видеть, что величина f является функцией двух переменных величин: q_2 и H . При неизменности H и увеличении q_2 видовое число увеличивается. Наоборот, при одинаковых q_2 видовое число находится в обратной зависимости от H , т. е. уменьшается.

Таким образом, имеем соотношения между f , q_2 и H , ранее установленные по общей формуле видового числа.

В 1908 г. Маас в Швеции, анализируя видовые числа стволов сосны и ели в зависимости от H и q_2 , пришел к выводу, что при одинаковых H и q_2 влияние древесной породы настолько незначительно, что позволило для них составить единую таблицу видовых чисел (табл. 19).

Таблица 19

Видовые числа стволов по классам коэффициентов формы

Высота, м	Видовые числа по классам коэффициента формы q_2				
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
10	0,464	0,501	0,537	0,574	0,610
12	0,444	482	520	559	597
14	431	471	510	550	589
16	420	461	502	542	582
18	411	453	494	535	576
20	405	447	488	529	571
22	399	441	483	524	566
24	393	435	478	520	562
26	389	431	474	516	558
28	386	428	471	513	555
30	383	425	468	510	553

В 1911 г. проф. Ткаченко М.Е. продолжил исследования Шиффеля и Мааса в отношении лиственных пород и сформулировал закон формы древесных стволов:

Стволы хвойных и лиственных пород, как совокупности отдельных стволов, взятых из древостоев, при каких угодно естественноисторических условиях, подчиняются одному и тому же закону формы стволов: при равных высотах, диаметрах и коэффициентах формы q_2 стволы всех древесных пород имеют близко равные видовые числа, а следовательно, и близко равные объемы.

Таким образом, Ткаченко М.Е. отрицает влияние условий местопроизрастания на видовые числа при наличии одинаковых высот и коэффициентов формы q_2 .

Основываясь на таких выводах, проф. Ткаченко М.Е. составил таблицу всеобщих видовых чисел в зависимости от высот и коэффициентов формы q_2 (табл. 20).

Из приведенных Ткаченко М.Е. и Мааса таблиц ясно видно увеличение видовых чисел с повышением q_2 при данной высоте и, наоборот, при одинаковых q_2 видовые числа уменьшаются по мере увеличения высот H .

Зависимость между f , q_2 и H в приведенных таблицах наглядно показана на графике (рис. 27), иллюстрирующем линейную зависимость изменения видовых чисел в зависимости от q_2 в пределах данной высоты.

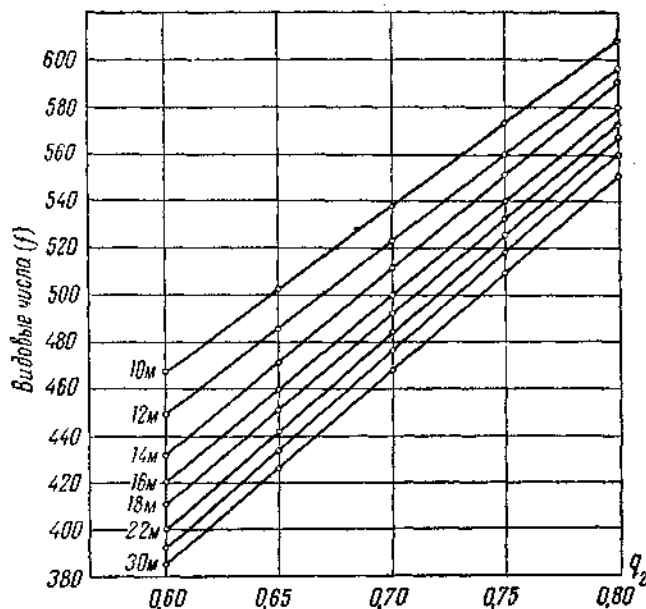


Рис. 27. График соотношения между высотами H , коэффициентами формы q_2 и видовыми числами f

Таблица 20

Всеобщие видовые числа

Высота, м	Видовые числа при разных коэффициентах формы q_2 — по высотам				
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
	$M+m$	$M+m$	$M+m$	$M+m$	$M+m$
12	0,438±0,0099	0,471±0,0042	0,509±0,0026	0,550±0,0052	0,592±0,0107
14	0,429±0,0089	0,463±0,0043	0,503±0,0038	0,544±0,0058	0,587±0,0114
16	0,422±0,0077	0,457±0,0037	0,498±0,0039	0,540±0,0056	0,584±0,0123

Окончание табл. 20

18	0,417±0,0067	0,454±0,0040	0,494±0,0031	0,537±0,0054	0,581±0,0127
20	0,413±0,0061	0,450±0,0034	0,491±0,0031	0,534±0,0052	0,579±0,0138
22	0,409±0,0054	0,447±0,0032	0,488±0,0032	0,531±0,0046	0,576±0,0139
24	0,406±0,0048	0,444±0,0023	0,485±0,0029	0,529±0,0049	0,575±0,0148

26	0,403±0,0042	0,441±0,0020	0,483±0,0032	0,527±0,0050	0,575±0,0117
28	0,401 ±0,0044	0,439±0,0022	0,481±0,0033	0,527±0,0048	0,575±0,0108
30	0,399±0,0037	0,437±0,0027	0,480±0,0035	0,525±0,0044	0,574±0,0105
32	0,396±0,0095	0,436±0,0028	0,479±0,0034	0,524 ±0,0044	0,573±0,0111
34	0,394±0,0022	0,434±0,0034	0,477±0,0040	0,523 ±0,0048	0,562±0,0064
36	0,393±0,0022	0,433±0,0036	0,476±0,0045	0,522±0,0048	0,561±0,0072
38	0,391±0,0027	0,431±0,0044	0,475±0,0048	0,521±0,0050	0,560±0,0072
40	0,390±0,0027	0,430±0,0048	0,474±0,0048	0,520±0,0052	0,560±0,0064

Средняя форма древесных стволов

Значительная изменчивость формы древесных пород ставит перед теорией и практикой лесной таксации вопрос об изучении средней формы.

В лесотаксационной литературе среднюю форму стволов обычно выражают через средний коэффициент формы q_2 .

По исследованиям Захарова В.К. коэффициентов формы q_2 крупномерных стволов дубов высоких возрастов (200–280 лет), срубленных в количестве 550 шт. на лесосеках сплошной рубки, распределение по q_2 оказалось следующим (табл. 21).

Таблица 21

Коэффициенты формы стволов дуба

Классы формы	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	Итого
Число стволов	5	15	35	80	125	154	81	42	15	550
В процентах	0,9	2,7	6,4	14,6	22,4	28,0	14,4	7,6	2,7	100

Средний коэффициент формы $q_2=0,676±0,0034$, $\sigma=±0,079±0,0024$, $v=11,8\%$, $P=0,5\%$,

где σ – среднеквадратическое отклонение, v – коэффициент варьирования и p – точность исследования.

Анализируя приведенный характер варьирования формы стволов дуба, Захаров В.К. в 1929 г. впервые установил закономерный характер распределения числа стволов каждого однородного древостоя как в целом, так и по ступеням толщины, графически выражаемый кривой нормального распределения Гаусса-Лапласа.

Указанная закономерность в отношении стволов черной ольхи была подтверждена в 1930 г. Моисеенко Ф.П., для других древесных пород.

В настоящее время приведенная закономерность является теоретической основой для таксации древостоев по средней форме стволов отдельных пород.

По исследованиям различных авторов, установлены средние величины q_2 для главнейших пород:

березы – 0,65, сосны – 0,67, дуба – 0,68-0,69, ели, осины, черной ольхи, пихты – 0,70.

Если в формулу Шиффеля для видового числа

$$f = 0,14 + 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{H}$$

вместо q_2 подставить для данной породы абсолютную величину среднего q_2 , то формула приобретает вид: $f = a + \frac{b}{H}$

Следовательно, видовое число при этом будет зависеть от H , игнорируя изменение q_2 по высотам.

Для каждой породы могут быть получены свои значения параметров a и b , например, для сосны: $f = 0,437 + \frac{0,48}{H}$

Приведенные средние q_2 по породам могут дать лишь самое общее представление о средней форме, так как в свою очередь среднее q_2 также зависит от высоты ствола, как это было указано выше.

Матвеев-Мотин А.С. в статье «О таксации леса на корне и в заготовленном виде» (труды ЦНИИМЭ, 1956 г.) приводит наглядную иллюстрацию влияния высот на средний коэффициент формы q_2 по материалам таблиц Союзлеспрома объема стволов сосны по разрядам высот (табл. 22).

По исследованиям Захарова В.К., на многочисленном материале (4686 обмеренных стволов) связь средних значений q_2 с высотами стволов у ели характеризуется следующими цифрами:

Высоты	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Среднее q_2 в 0,001	767	733	718	709	703	698	695	693	690

Таблица 22

Коэффициенты формы стволов дуба

Ступени толщины, см	Коэффициенты формы q_2 в зависимости от разрядов высот деревьев									
	I		II		III		IV		V	
	в ко- ре	без коры	в ко- ре	без коры	в ко- ре	без коры	в ко- ре	без коры	в ко- ре	без коры
28	65	71	65	71	67	73	68	74	70	77
40	64	71	65	71	71	68	68	74	68	75

Таким образом, характеризуя среднюю форму стволов отдельных хвойных древесных пород через q_2 , необходимо дополнительно указывать и на отвечающую ей среднюю высоту H , что не всегда возможно.

В отношении лиственных пород имеются и другие суждения. Так, например, проф. Тюрин А.В. при составлении таблиц объема и сбega стволов березы и осины не установил тесной связи между q_2 и H .

Моисеенко Ф.П. и Арещенко В.Д. по опытным материалам для составления объемных таблиц и таблиц хода роста граба, бука, липы, осины выявили слабую корреляционную зависимость между коэффициентами формы q_2 и q_1 и отсутствие корреляционной связи между q_2 , $q_{2/3}$ и q_3 и высотой деревьев, что можно объяснить большим развитием крон лиственных деревьев, повлиявшим на правильность формы стволов.

Согласно исследованиям Захарова В.К. формы семи древесных пород: березы, дуба, ясеня, сосны, ольхи черной и ели составлена табл. 23, где приведена характеристика средней формы этих пород в относительных величинах по относительным высотам. Породы размещены по возрастающей полндревесности.

При высоте ствола в 13 м приведенные в табл. 23 средние проценты сбega на $0,5 H$ одновременно являются и средними коэффициентами формы q_2 по породам.

Выводы о единстве средней формы отдельных древесных пород находят подтверждение и в работах других исследователей, например, проф. Товстолеса Д.И. Сопоставляя составленные таблицы объема и сбega стволов сосны по материалам Европейской части СССР с ранее составленными им местными таблицами Боярского лесничества Киевской области и обнаружив полное их совпадение, проф. Товстолес Д.И. пришел к выводу, что совпадение объемов всеобщих таблиц с местными доказывает единство строения сосновых лесов от крайне-

го севера до крайнего юга СССР, их близко равную полндревесность в пределах одного и того же бонитета и, следовательно, полную возможность пользования всеобщими таблицами для таксации сосновых насаждений, не уклоняющихся резко от этой средней полндревесности.

Таблица 23

Относительный сбег древесных пород по относительным высотам

Относительные высоты	Относительный сбег в процентах от диаметра на 0,10 Н						
	береза	дуб	ясень	сосна	ольха черная	осина	ель
0	185,7±1,85	169,4±1,40	162,3±1,47	140,9±0,61	169,9±2,5	147,9 ± 1,03	165,9±1,10
0,10	100	100	100	100	100	100	100
0,20	89,5±0,36	92,2±0,23	91,3±0,32	91,6±0,15	92,5±0,26	93,5±0,26	95,0±0,20
0,30	82,3±0,41	83,6±0,30	83,5±0,37	84,4±0,22	85,5±0,30	87,4±0,28	89,2±0,24
0,40	75,0±0,37	76,4±0,40	77,1±0,40	78,3±0,22	79,7±0,40	81,8±0,37	83,7±0,29
0,50	65,9±0,45	67,2±0,48	69,8±0,48	71,8±0,24	72,6±0,37	75,4±0,42	76,2±0,34
0,60	55,5±0,43	55,6±0,49	60,0±0,54	64,6±0,24	63,2±0,36	66,5±0,50	66,9±0,43
0,70	42,3±0,44	40,9±0,57	46,4±0,57	55,4±0,26	51,6±0,39	54,3±0,61	56,4±0,48
0,80	26,4±0,47	26,3±0,44	30,0±0,57	43,3±0,29	34,7±0,43	36,5±0,73	42,3±0,53
0,90	12,2±0,36	12,0±0,22	12,8±0,30	25,0±0,31	17,0±0,38	21,1±0,62	28,3±0,48
1,00	0	0	0	0	0	0	0

Лекция 6. Таксация растущих деревьев. Учет лесоматериалов. Таблицы объемов круглых лесоматериалов и пиломатериалов

Если в общей формуле объема растущего дерева

$$v = gHf = \frac{\pi d^2}{4} Hf$$

допустить, что произведение $Hf = \frac{40}{\pi} = 12,74$, что справедливо при $H=25$ м и $f=0,5$, то в этом случае формула примет вид:

$$v = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{40}{\pi} = 10d^2.$$

Но так как диаметры измеряются в см, т.е. в 0,01 м, то $d^2=0,0001$ м и объем ствола выразится так:

$$v = 10d^2 \cdot 0,0001 = 0,001d_{1,3}^2,$$

т.е. нужно измерить диаметр на высоте 1,3 м в см, возвести его в квадрат и в произведении отделить справа налево три десятичных знака; в результате получаем объем ствола в м³.

Пример: $d_{1,3}=30$ см, $v=0,001 \cdot 30^2=0,9$ м³.

По исследованиям Денцина, предложившего эту формулу, она верна в отношении стволов сосны, имеющих высоту 30 м, ели и дуба – 26 м.

На каждый лишний или недостающий метр высоты ствола надо вносить поправку в полученный по формуле объем: для сосны $\pm 3\%$, ели $\pm 3-4\%$ и дуба $\pm 5\%$.

Приведенная формула не дает высокой точности и может быть использована лишь для приближенной глазомерной оценки объема ствола.

Стремясь к уточнению приближенных формул, Дементьев Н.Н. предложил формулу, включающую помимо $d_{1,3}$ также и высоту ствола.

Установив, что при $q_2=0,65$ видовое число f может быть принято равным 0,425, он подставил эту величину в общую формулу объема растущего ствола: $v = gHf$

и получил:

$$v = gHf = \frac{\pi d^2}{4} H \cdot 0,425 = \frac{3,14 \times 0,425 d^2 H}{4} = 0,333 d^2 H = d^2 \frac{H}{3}.$$

Для стволов, имеющих иные q_2 в формулу вносится поправка к высоте ствола, тогда формула приобретает такой вид:

$$v = d^2 \frac{H + k}{3}.$$

На каждые 0,05 q_2 следует прибавлять или убавлять 3 м. Так, для стволов, у которых $q_2=0,70$, поправка +3 м; при $q_2=0,75$ поправка +6 м и т.д.; при $q_2=0,60$ поправка со знаком минус 3 м. Сопоставление объемов, полученных по формуле, с данными объемных таблиц дало близкое совпадение.

Профессор Шустов Б.А. предложил формулу объема древесного ствола, выведенную из отношений $q_2:f$, которые, по его исследованиям, носят константный характер: для сосны $q_2:f=1,468$; для дуба $q_2:f = 1,476$; по данным Захарова В.К. для ели $q_2:f=1,450$.

Исходя из этих соотношений, получена формула объема по трем измерениям $d_{1,3}$, $d_{1/2}$, и H на основе следующих выводов:

$$\text{имеем } q_2:f=1,468$$

или

$$\frac{d_{1/2}}{d_{1,3}} : \frac{v_{\text{ств.}}}{C_{\text{цпл.}}} = 1,468$$

или

$$\frac{d_{1/2}}{d_{1,3}} : \frac{v_{\text{ств.}}}{\frac{\pi d^2}{4} H} = 1,468.$$

Решая пропорцию, получаем значение v :

$$v = \frac{d_{1/2} \frac{\pi d^2}{4} H}{d_{1,3} \cdot 1,468} = 0,534 d_{1/2} d_{1,3} H.$$

Таким образом, в окончательном виде имеем:

$$v = 0,534 d_{1/2} d_{1,3} H.$$

Пример: сосна $d_{1,3}=20$ см; $d_{1/2}=14$ см; $H=23$ м; $v=0,534 \cdot 0,20 \cdot 0,14 \cdot 23=0,342$ м³.

По таблицам Союзлеспрома объем такого ствола $v=0,332$ м³.

Видовые числа стволов хорошо используются при составлении таблиц объемов древесных стволов, таксации растущих деревьев в насаждении.

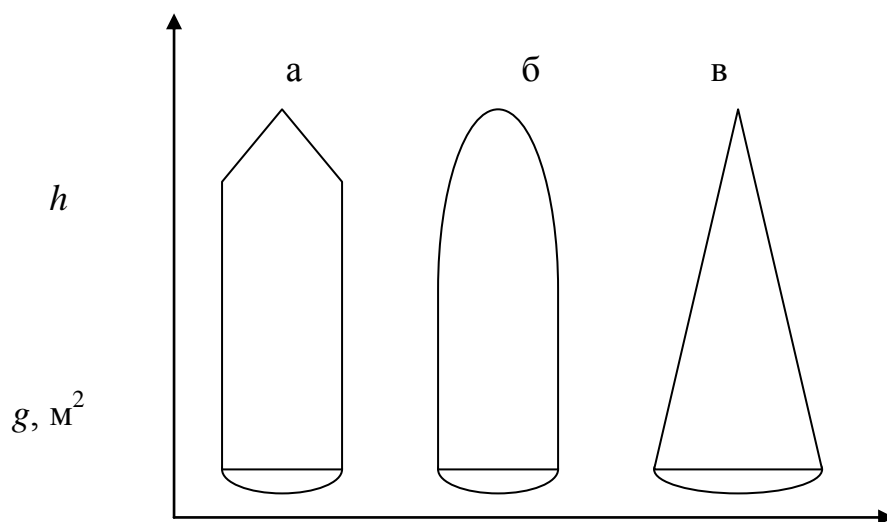


Рис. 28 Полнодревесность стволов

а – полнодревесный, б – средней полнодревесности, в – сбежистый

Древесные стволы могут быть различной полнодревесности: полнодревесные, средней полнодревесности и сбежистые (рис. 28).

Полнодревесные стволы наблюдаются в дубравах и ельниках кисличных и снытьевых с полнотой 0,8 и выше, в эталонных сосновых насаждениях Беловежской пуши. В возрасте 100 лет при высоте дерева 35–40 метров и диаметре 80–100 см такие полнодревесные стволы ели или дуба могут иметь объем 2–3 куб. метра древесины. Полнодревесные стволы имеют высокие значения видовых чисел ($f = 0,700 - 0,800$).

Сбежистый ствол формируется в низкополнотных древостоях, на открытых местах. При одной и той же высоте ствола, близком диаметре объем сбежистого ствола будет в 2 раза меньше.

Таблицы объемов стволов по диаметру и высоте составлены для стволов средней формы (полнодревесности), поэтому для полнодревесных стволов они будут занимать запас древостоя на 10–15%, а для сбежистых стволов завышать запасы древостоев. Это необходимо учитывать при таксации эталонных и низкополнотных (полнота 0,4–0,5) древостоев.

Массовые таблицы объемов стволов представляют собой средние объемы стволов древесных пород по трем таксационным показателями: 1) диаметру на высоте 1,3 м; 2) высоте ствола и 3) его форме или полнодревесности. Такие таблицы составляют по материалам обмера большого числа деревьев. При этом объемы их вычисляют по секционным стереометрическим формулам; весь материал обмеров группируют по однородным категориям. Полученные средние вели-

чины сглаживают графически или аналитически и представляют результаты с принятые формы таблиц.

Таблицы объемов древесных стволов могут быть подразделены на следующие виды.

Массовые таблицы типа баварских

Баварские массовые таблицы появились в 1846 г. и были первыми по времени их составления. Исходным материалом послужили данные обмера в лесах Баварии (Германии) свыше 40 тысяч стволов разных пород. Собранный материал был подвергнут статистической обработке с вычислением средних величин и последующим их графическим сглаживанием.

Группировка опытных материалов в процессе их обработки проводилась по породам, $d_{1,3}$, H и возрастным категориям: средневозрастные до 60 лет, приспевающие 61 – 90 лет и спелые свыше 90 лет. Первоначально были разработаны таблицы средних видовых чисел по указанной группировке, при помощи которых объемы стволов вычислялись по формуле $v = gHf$.

Измерив $d_{1,3}$ и H , искомый объем ствола легко найти в соответствующей таблице на пересечении диаметра и высоты. Количество высот, а следовательно, и объемов стволов для отдельных диаметров составляет 30, что дает широкие возможности подбора объемов по d и H .

Баварские таблицы долгое время были единственными, они нашли практическое применение и за пределами Баварии, например в царской России.

При таксации совокупности деревьев на площади однородных участков леса нет необходимости измерять высоту каждого дерева. Учитывая закономерное соотношение в этом случае между d и H , на основе замеров высот по ступеням толщины строят кривую высот, сглаженную надлежащим образом, по которой и берутся высоты по ступеням толщины, что предельно упрощает применение таблиц этого типа. Используя данные перечета деревьев по породам и ступеням толщины и построив такую кривую высот, вычисляют запас данной совокупности по следующей форме:

Ступени толщины, см	Высоты, м	Число стволов, шт.	Объем одного ствола, м ³	ОБЪЕМ ВСЕХ СТВОЛОВ, М ³

Массовые таблицы типа баварских могут найти применение для таксации совокупности отдельных деревьев (понятие, введенное проф. Н.В. Третьяковым), обладающих каким-либо однородным качественным признаком, например отобранные и заклеянные стволы сосны для заготовки авиасортиментов, стволы березы, дающие фанерные кряжи и т.п.

Такие деревья, как правило, выборочно отбираются на значительной площади, они территориально разъединены, зачастую произрастают в разнообразных условиях внутренней и внешней среды. В процессе роста такие деревья не влияли друг на друга, поэтому не наблюдалось закономерных соотношений между d и H , характерных для совокупности деревьев, растущих в составе насаждений. В этом случае пересчет деревьев следует проводить не только по ступеням толщины, но и по классам высот 2 – 3 м (табл. 24).

Общегерманские массовые таблицы опубликованы в 1876 г. По методам построения и результатам применения они близки к баварским таблицам. Материалом для построения таблиц послужили обмеры более 60 тысяч древесных стволов в разных областях Германии.

Таблица 24

Перечет стволов для заготовки авиасортиментов (по Н.В. Третьякову) Породы сосна

Ступень толщины, см	Классы высот				Всего ство- лов, шт	Запас, м ³
	17	20	23	26		
28	8	7	11	14	40	24,8
32	10	13	18	17	58	47,8
36	5	14	18	23	60	56,7
40	6	10	9	12	37	48,6

Окончание табл. 24

44	—	—	9	4	13	21,1
Всего	29	44	65	70	208	199,0

Для стволов средней формы объемы даны в двух вариантах: объем всего дерева (Baumholz) и объем крупной древесины (Derbholz), включающей объем ствола толщиной до 7 см в верхнем срезе. По раз-

ности этих объемов можно определить кубатуру сучьев и мелкой древесины.

Для стволов дуба в таблицах приводятся объемы средней формы стволов при $q_2 = 0,70$; при таксации сбежистых ($q_2=0,60$) и полнодревесных ($q_2 = 0,80$) стволов нужно увеличивать или уменьшать средние объемы на 6 – 8%.

Объемы стволов по германским таблицам в сопоставлении с баварскими дают некоторое преувеличение (от 2 до 8%); это объясняется тем, что модельные деревья, использованные для составления таблиц, отбирались в качестве средних моделей и оказались лучшей формы, чем использованные для составления баварских, взятых в порядке сплошных рубок.

Порядок пользования германскими таблицами аналогичен описанному для таблиц баварских (табл. 25).

Таблица 25

**Образец общегерманских таблиц объемов стволов по d и H.
Порода сосна**

Высота, м	Объемы, м ³ , крупной древесины при диаметре на высоте 1,3м, см						
	23	24	25	26	27	28	29
16	0,317	0,347	0,380	0,409	0,442	0,479	0,522
17	0,334	0,366	0,400	0,430	0,465	0,504	0,550
18	0,350	0,384	0,419	0,451	0,489	0,529	0,577

Общегерманские таблицы предусматривали две области роста: северную и южную Германию, а также возрастные группы деревьев: до 40 лет, 41 – 80 и выше 80 лет.

Удельные массовые таблицы А. Крюденера, были составлены в период 1908 – 1913 гг. в России удельным лесничим А. Крюденером на основании большого фактического материала, собранного в лесах бывшего Удельного ведомства. При этом было обмерено свыше 108 тысяч модельных деревьев разных пород [25].

Методика составления этих таблиц предусматривала влияние на объем и сбег стволов (помимо обычных таксационных показателей) лесорастительных факторов: области роста; условий местопроизрастания, характеризующихся типами леса; возрастных категорий и типов деревьев по форме.

Типы леса, дающие близкие по таксационным показателям объемы и сбег стволов, объединялись в группы. Для сосны было выделено пять групп, для ели и березы – четыре, для остальных пород этот показатель не учитывался. По утверждению проф. М.М. Орлова, деление на группы типов леса приближается к классификации по бонитетам.

Для сосны также предусматривались три возрастные категории: от 65 до 90, от 95 до 120 и от 125 до 150 лет.

В целях индивидуализации формы стволов в таблицах А. Крюденера были приняты следующие типы деревьев:

- 1) деревья полнодревесные, выросшие в сомкнутых насаждениях;
- 2) деревья средней полнодревесности;
- 3) сильно сбежистые, выросшие в изреженных насаждениях.

Необходимо отметить, что приведенная группировка материалов не была достаточна для всех пород. По мере накопления и обработки этих материалов было установлено незначительное влияние отдельных показателей.

Особенностью этих таблиц является наличие данных по сбегу стволов по секциям 1,4 м, а также толщины коры на разных высотах. Все измерения приведены в старых русских мерах: аршинах, вершках, футах. Весь материал опубликован в 20 томах. Порядок пользования таблицами такой же, как и баварскими.

А. Крюденер рекомендовал для таксируемого участка строить кривую соотношений d и H , используя при этом свои таблицы по схеме таблиц типа баварских.

Таблицы А. Крюденера, составленные в русских мерах, не могли получить широкого производственного использования, особенно с введением метрической системы измерения в лесном хозяйстве. Таблицы имеют ряд недостатков:

- 1) отсутствует единство методики сбора и обработки материала;
- 2) собранный обширный основной материал не был опубликован, также не получили должного освещения и способы его обработки;
- 3) введение возрастных категорий, а также областей роста не является обоснованным и необходимым;
- 4) форма древесных стволов была установлена по приложенным фотографиям, а не путем объективных критериев, обоснованных измерениями диаметров и высот.

Несмотря на отмеченные методические недостатки, таблицы А. Крюденера содержат богатый материал по характеристике объема

и сбега древесных пород, который может быть использован при переводе на метрические меры не только для производственных задач, но и для научно-исследовательских целей.

На основе материалов своих таблиц А. Крюденер составил таблицы объемов бревен различных пород, причем таблицы объемов еловых бревен, составленные на основе обмера 26 тысяч бревен, в настоящее время, переведены на метрические меры и утверждены в качестве ГОСТ 2708 – 44.

Проф. А.В. Тюрин в своей работе «К познанию объемов и форм деревьев важнейших древесных пород России» провел анализ таблиц А. Крюденера и установил связи между отдельными таксационными показателями стволов древесных пород, выразив их рядом эмпирических формул.

Массовые таблицы по разрядам высот

Таблицы типа баварских получили исключительное применение в лесном хозяйстве западноевропейских стран. Огромные масштабы русского дореволюционного, а также современного лесного хозяйства требовали упрощения техники таксации леса на корню и вместе с тем обеспечения необходимой ее точности.

Ввиду этого широкое применение получили объемные таблицы по разрядам высот (сортиментные таблицы).

Первыми таблицами этого типа были опубликованные в 1886 г. «Русские временные массовые таблицы», которые использовались на протяжении сорокалетнего периода и были отменены только в 1928 г.

Для стволов дуба было принято четыре разряда высот, а для остальных пород – по три разряда. Объемы давались для средней формы древесных стволов.

Таблицы объема дополнены данными сбега стволов, на основе чего были составлены простейшие сортиментные таблицы, позволяющие проводить материальную и денежную оценку леса на корню с использованием таксовых цен.

Способ применения таблиц несложен. Для каждой породы на таксируемом участке путем замеров ряда высот центральных ступеней толщины определяли разряд высот, после чего для каждой ступени подбирали в таблице соответствующего разряда средний объем ствола. Умножая средний объем на число стволов по перечету, получали объем ступени, затем суммируя объемы всех ступеней, определяли запас древостоя:

$$M = v_1 n_1 + v_2 n_2 + \dots + v_n n_n$$

Положительным для таблиц является их простота. Однако применение таблиц в практике выявило значительные их недостатки, приводящие в отдельных случаях к недопустимым погрешностям, в особенности при таксации древостоев высокой продуктивности, для которых таблицы давали систематические преуменьшения, достигавшие, например, для сосны, 30%.

Причины этих погрешностей: 1) недостаточное число разрядов высот; 2) искусственный характер построения кривых высот, не отвечающий соотношениям d и H в природе; 3) для стволов дуба, наоборот, наблюдались для отдельных ступеней толщины преувеличения объемов, связанные с погрешностью установления их повышенной средней формы.

Отмеченные недостатки привели в 1928 г. к необходимости замены русских временных массовых таблиц более совершенными, однако с сохранением основных преимуществ этого типа таблиц.

Отличительными признаками таблиц по бонитетам является то, что соотношения между d и H в таблицах построены на основе характера их для данной породы в насаждениях различных классов бонитетов и возрастов и что число разрядов высот в них установлено по числу классов основных бонитетов.

Первые таблицы, составленные по бонитетам, были опубликованы в 1912 г. проф. М.М. Орловым и проф. Б.А. Шустовым для стволов сосны. Выбор той или иной таблицы рекомендовалось устанавливать по средней высоте и возрасту насаждений, т.е. в пределах бонитета предусматривалась одна кривая соотношений d и H (для таксации спелых насаждений).

Составленные проф. М.М. Орловым в разные периоды таблицы объемов стволов по бонитетам как для сосны, так и для других пород не были свободны от ряда методических и технических недостатков, послуживших материалом для критической их оценки в лесотаксационной литературе, после чего они подвергались переработке.

Наряду с описанными таблицами, но с уточнением и усовершенствованием методики разными авторами был составлен ряд местных и общих таблиц по бонитетам. Так, проф. Б.А. Шустов составил такого типа таблицы для лесов Украины; для лесов Белоруссии в 1928 г. проф. В.К. Захаров составил таблицы объемов и сбегства стволов восьми древесных пород, в которых были устранены основные недос-

татки применявшихся русских временных массовых таблиц. В белорусских таблицах объемы основных пород даны для стволов трех классов формы (по q_2).

Различные таблицы по учету запасов леса на корню, применявшиеся в отдельных республиках и областях бывшего СССР, не могли унифицировать методы учета древесины на корню. Ввиду этого в 1928 г. постановлением правительства было возложено на Управление лесами Наркомзема РСФСР составление единых массовых таблиц объема и сбега древесных стволов для основных пород, которые обеспечили бы высокую точность учета леса на корню.

Подлежащие составлению единые таблицы по бонитетам должны предусматривать три категории формы древесных пород: сбежистую, среднюю и полнодревесную, выраженные через коэффициенты формы q_2 . Число разрядов высот принимается по числу бонитетов. Таблицы объемов должны быть дополнены данными о сбеге стволов, процентами объема коры и сучьев.

Составление всеобщих таблиц объема и сбега было поручено: по сосне проф. Д.П. Товстолесу, по ели проф. В.К. Захарову, по дубу проф. Б.А. Шустову и по березе и осине проф. А.В. Тюрину.

Для составления таблиц были использованы обмеры модельных деревьев, проведенные при лесоустройстве: сосны 2716, ели 4838, дуба 5542, березы 998, осины 478.

Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета были опубликованы в 1931 г. Союзлеспромом СССР вместе с подробным описанием методики их составления каждым автором и переданы для применения в производство. В лесотаксационной литературе они называются таблицами Союзлеспрома и находят применение до настоящего времени, несмотря на некоторые их недостатки. Так, В. И. Левин утверждает, что в таблицах проф. Д. И. Товстолеса соотношение высот и диаметров по ступеням толщины не соответствует фактическому их соотношению в таежных сосняках Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР (1949г.).

В 1932г. Закавказским научно-исследовательским лесопромышленным институтом были изданы массовые и сортиментные таблицы по классам бонитетов для бука, дуба, граба, ясеня, ольхи, пихты, ели и сосны, предназначенные для использования в лесах Закавказья. По структуре и методам составления эти таблицы повторяют таблицы белорусские и Союзлеспрома. Особенностью закавказских таблиц является наличие крупномерных стволов бука, ели, пихты, достигающих

диаметра до 150 см, высоты стволов до 40–50 м с объемами до 40–50 м³ отдельных стволов.

В Советском Союзе таксация леса на корню производилась в большинстве случаев по массовым таблицам по разрядам высот, дополненным данными о сбеге стволов.

Таблицы объемов стволов по коэффициентам формы

Первыми по времени составления и разработке методики были таблицы А. Шиффеля для сосны, ели, пихты и лиственницы (1899–1908 гг.). Объемы стволов приводятся на основе трех измерений: $d_{1,3}$, H и f . Для их составления был использован относительно небольшой по численности материал, собранный в лесах Австрии; для ели обмерено по однострелковым секциям 2529 стволов, для сосны – 1181, для лиственницы – 818 и пихты – 703.

По коэффициентам формы q_2 принята градация через 0,02, что приводит к разнице двух смежных объемов при одинаковых d и H в размере 3–4%, следовательно, 0,01% коэффициента формы q_2 оказывает влияние на 1,5–2% на объем. Образец таблиц А. Шиффеля для ели высотой 22 м показан в табл. 26.

Весь материал в таблицах А. Шиффеля распределен по высотам для данной породы. Даны три объема ствола, крупной древесины и дерева. Разность объемов дерева и ствола дает объем сучьев. В таблицах приводится также краткая характеристика сбега ствола на $\frac{1}{4}H$, $\frac{1}{2}H$, и $\frac{3}{4}H$. Класс полноты и формы, а также протяженность кроны рассматриваются как сопутствующие показатели.

Применение таблиц А. Шиффеля требует непосредственного измерения трех величин: $d_{1,3}$, H и q_2 . Трудность измерения q_2 на стоящих деревьях явилась препятствием для применения таблиц А. Шиффеля на практике. Несмотря на их бесспорные теоретические преимущества, таблицы могут быть использованы лишь при проведении научно-исследовательских работ.

Метод А. Шиффеля был использован Маасом (Швеция), который составил в 1908 г. таблицы по коэффициентам формы q_2 для стволов сосны и ели по более крупным градациям коэффициента формы q_2 , а именно: 0,60; 0,65; 0,70; 0,75 и 0,80.

Таблица 26

Образец таблицы А. Шиффеля по q_2

Коэффициент формы q_2	Класс полноты и дресности и форма	Протяженность кроны, % от H	Диаметр на высоте 1,3 м	Объем, м ³			Диаметр, см		
				ствола	крупной дресины	дерева	$\frac{1}{4} H$	$\frac{1}{2} H$	$\frac{3}{4} H$
0,82	IV	34	16	0,268	0,261	0,304	15,1	13,1	9,0
			18	0,340	0,336	0,385	17,0	14,8	10,1
			20	0,419	0,413	0,475	18,8	16,4	11,2
			22	0,507	0,501	0,574	20,7	18,0	12,3

Опытный материал был представлен на основании обмера 1869 деревьев. При переиздании в 1911 г. таблицы для сосны и ели объединили, так как было установлено незначительное влияние породы на объем ствола при одинаковых $d_{1,3}$, H и q_2 .

Чтобы иметь возможность использовать таблицы в производстве, на основе измерений диаметра ствола на высоте 6 м была составлена вспомогательная таблица для установления q_2 на стоящем дереве. Для этой цели использовали особую мерную вилку, укрепленную на шесте длиной 6 м, причем вилкой измеряли также высоту дерева и диаметр на высоте 1,3 м. На основе взаимосвязи между диаметрами на высотах 1,3 м, $\frac{1}{2}H$ и высотой в таблице приводится q_2 . Для таксируемого древостоя допускался единый средний q_2 , по которому и таксировались все стволы данного насаждения. Наконец, рекомендовалось брать для высот до 21 м объем и сбег из класса $q_2 = 0,70$, а при больших высотах из класса 0,65. Таблицы Мааса нашли широкое применение на практике.

Точность таблиц была исследована В.К. Захаров в отношении 2340 стволов, объем которых устанавливали по 2-метровым секциям. Расхождение с табличными данными составило лишь 0,5%, для отдельных групп деревьев от 1 до 3,9%.

Таблицы А.А. Мааса помещены в лесной вспомогательной книжке проф. М.М. Орлова, образец их показан в табл. 27.

Кафедра лесной таксации и лесоустройства БТИ провела исследование сравнительной точности таблиц А. Шиффеля и А. Мааса для 1798 стволов ели, срубленных в качестве моделей при лесоустройстве в насаждениях разных бонитетов в европейской части СССР. Объемы стволов разных диаметров и высот были предварительно вычислены

по 2-метровым секциям, суммарный их объем принят за 100%. Результаты приводятся в табл. 28. Коэффициент варьирования объемов по таблицам Шиффеля и Мааса невысокий (округленно 4%).

Таблица 27

Образец таблиц объемов стволов по А. Маасу
0Класс формы 92=0,70

Диаметр на высоте 1,3 м, см	Объем, м ³ , при высоте, м							
	8	9	10	11	12	13	14	и т.д.
12	0,051	0,056	0,061	0,066	0,071	0,076	0,081	
13	0,060	0,065	0,071	0,077	0,083	0,089	0,095	
14	0,069	0,076	0,083	0,089	0,096	0,103	0,110	
15	0,080	0,087	0,095	0,103	0,110	0,118	0,125	
и т.д.								

Таблица 28

Сравнительная точность определения объемов стволов по таблицам А. Шиффеля и А. Мааса

Бонитет	Число стволов	По таблицам Мааса			
		$M \pm m$	$\sigma \pm m_\sigma$	w	p
II	209	98,9±0,26	3,75±0,184	3,79	0,26
III	640	99,6±0,16	4,15±0,113	4,17	0,16
IV	919	100,0±0,14	4,15±0,099	4,15	0,14
V	30	100,7±0,23	4,04±0,16	4,02	0,80
Всего...	1798	99,8±0,2	4,11±0,110	4,10	0,90
Бонитет	Число стволов	По таблицам Шиффеля			
		$M \pm m$	$\sigma \pm m_\sigma$	w	p
II	209	101,5±0,32	4,68±0,226	4,62	0,32

Окончание табл. 28

III	640	101,8±0,17	4,22±0,120	4,14	0,16
IV	919	101,8±0,13	4,05±0,092	3,9	0,13
V	30	102,0±0,25	4,40±0,176	4,32	0,78
Всего...	1798	101,8±0,22	4,35±0,155	4,29	0,094

Из приведенных данных видно, что таблицы А. Мааса и А. Шиффеля практически равноценны, и точность их соответствует точности вычислений по сложным формулам при таксации срубленных стволов.

Эти данные не подтверждают, в частности, оценки, которую дал проф. Н. В. Третьяков таблицам Мааса. Он советовал применять их с «некоторой предосторожностью», отдавая предпочтение таблицам А. Шиффеля и А. Крюденера.

В целях более широкого использования таблиц по коэффициентам формы при научно-исследовательских работах, а также при решении отдельных производственных вопросов проф. В. К. Захаровым разработана таблица определения q_2 на стоящих деревьях сосны на основе трех измерений: диаметров на высоте 1,3 и 6,5 м, а также высоты дерева. Высота 6,5 м принята как отвечающая длине наиболее ходового размера пиловочных бревен.

Для составления таблиц использовано 2202 моделей, взятых в сосновых насаждениях всех бонитетов от I до Va. При обработке материалов установлена высокая корреляционная связь между $d_{1,3}$ и $d_{6,5}$ при данной высоте, коэффициенты корреляции между ними для основных высот составили: $r = 0,825 \pm 0,019$, коэффициенты варьирования q_2 и $q_{6,5}$ одинаковы и в среднем составили 5%.

Изменение q_2 в пределах одинаковой высоты носит линейный характер и связано с одновременным изменением $q_{6,5}$

В табл. 29 приводится значение q_2 по данным измерения $q_{6,5}$ и высоты дерева.

Таблица 29

Определение q_2 на растущих деревьях (0,01)

Высота, м	Значение $q_{6,5}$										
	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76
13	60	61	63	64	66	67	68	70	71	73	74
15	63	65	66	68	69	70	72	73	75	76	78
Окончание табл. 29											
17	66	68	69	70	72	73	75	76	77	79	80
19	67	69	71	72	74	75	77	78	79	81	82
21	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84

Общая оценка массовых таблиц

При оценке массовых таблиц необходимо исходить из удобства и простоты их применения, а также точности конечных результатов таксации.

По первому признаку таблицы могут быть расположены в следующей последовательности: а) по разрядам высот, б) типа баварских и в) по коэффициентам формы.

При оценке точности они располагаются в обратном порядке.

При этом нужно помнить, что массовые таблицы предназначены для определения объемов совокупностей деревьев; в отношении единичных деревьев могут получаться недопустимые погрешности.

При установлении точности таксации по таблицам того или иного типа нужно прежде всего исходить из формулы объема стоящего дерева $v=gHf$, а в отношении запаса древостоя $M=GHF$.

Как известно из теории погрешностей, точность произведения величин равна корню квадратному из суммы квадратов точности сомножителей

$$p_v = \sqrt{p_g^2 + p_H^2 + p_f^2}$$

Так, если допущены погрешности $p_g=5\%$, $p_H=4\%$, $p_f=2\%$, то совместное их влияние на объем одного ствола ступени составит

$$p_v = \sqrt{5^2 + 4^2 + 2^2} = \sqrt{45} = 6,7\%$$

Это и есть относительная ошибка в исчислении объема отдельного ствола. В отношении запаса древостоя ступени p_v^1 уменьшится в \sqrt{N} , где N – число деревьев ступени, например, если

$$p_v = 6,7; N = 16, \text{ то } p_v^1 = \frac{6,7}{\sqrt{16}} = 1,7\%$$

Для установления относительной ошибки p_m – запаса всего древостоя – найдем предварительно его абсолютную ошибку $\sum m$, зная величины абсолютных ошибок по отдельным ступеням толщины, т. е. $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$. Для отдельных ступеней абсолютная ошибка $m_1 = v_1 p_v^1$, где $p_v^1 = p/100$ от запаса каждой ступени.

В результате ошибка всего запаса

$$\sum m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_n^2};$$

но $\frac{m}{v} = \frac{p}{100}$ откуда $m = \frac{vp}{100}$ следовательно,

$$m_1 = \frac{v_1 P_1}{100}; m_2 = \frac{v_2 P_2}{100}; \dots m_n = \frac{v_n P_n}{100}.$$

Подставляя полученные значения в формулу для определения $\sum m$, получим абсолютную погрешность определения запаса древо-стоя:

$$\sum m = \frac{1}{100} \sqrt{v_1^2 P_1^2 + v_2^2 P_2^2 + v_3^2 P_3^2 + v_n^2 P_n^2}.$$

Если располагать абсолютной погрешностью и величиной общего запаса $\sum v$, то относительная погрешность всего запаса составит

$$p_m = \frac{\sum m \times 100}{\sum v} = \frac{\sqrt{v_1^2 P_1^2 + v_2^2 P_2^2 + v_3^2 P_3^2 + \dots + v_n^2 P_n^2}}{\sum v}.$$

Имеем следующие запасы по ступеням толщины, m^3 : 4,1 + 13,2 + 21,3 + 45,2 + 40,4 + 14,5 = 138,7 m^3 ; p_v по ступеням толщины 2,3; 1,7; 2,1; 3,1; 2,8; 1,5.

Подставляя приведенные величины в формулу, получим

$$p_m = \frac{\sqrt{35443,5}}{138,7} = \frac{188,2}{138,7} = 1,36\%.$$

Среднеарифметический $p_m = 2,25\%$, средневзвешенный по ступеням толщины $p_m = 2,54\%$.

Таблицы по коэффициентам формы требуют непосредственного измерения трех величин объемов стволов (g , H и f через q_2) и обеспечивают высокую точность при таксации и совокупности деревьев, соответствующую точности определения объема по сложным стереометрическим формулам. В таблицах типа баварских объемы приводятся на основе непосредственного измерения двух величин объема d и H ; третий компонент объема – видовое число – включено в процессе составления таблиц как некоторая средняя величина.

Следовательно, на конечные результаты даже при точном измерении d и H окажет влияние степень соответствия средней формы таксируемой совокупности стволов, аналогичной табличной величине.

По опытным исследованиям, проведенным в Баварии, при таксации 16 групп стволов в количестве свыше 500 шт. ошибки не превышали 5%, при таксации 73 групп в количестве 101–500 стволов каждая лишь для 16 случаев ошибки превышали 5%, следовательно, для 84% случаев ошибки составили менее 5%, таким образом, точность таблиц этого типа можно считать $\pm 3-5\%$.

Особое положение занимают таблицы объемов по разрядам высот. При пользовании ими непосредственно измеряют лишь диаметры стволов на высоте 1,3 м, в отношении высот устанавливают разряд высот (но не высоты по ступеням толщины непосредственно), так как в пределах данного разряда соотношения между d и H по ступеням толщины даются в таблицах; средняя форма стволов также принимается по таблице.

Таким образом, погрешности от применения разрядных таблиц могут возникать от следующих причин: а) погрешности при измерении диаметров стволов; б) неправильного установления разряда высот; в) степени соответствия соотношений d и H в таблицах характеру этих соотношений в таксируемом объекте; г) степени соответствия средней формы таксируемых стволов аналогичной табличной величине.

Наибольшая погрешность, составляющая 10–15%, возникает от неверного установления разряда высот. Таблицы Союзлеспрома предусматривают от 5 до 8 разрядов высот и позволяют подобрать близкие показатели для разнообразных таксируемых объектов. Следовательно, на величину погрешности, помимо ошибок технического характера, будут оказывать влияние факторы конструктивного порядка таблиц.

Вполне понятно, что разрядные таблицы являются менее совершенными по сравнению с другими типами таблиц, но зато они имеют несомненное преимущество по удобству и простоте их применения.

Как известно, при составлении разрядных таблиц Союзлеспрома было предъявлено требование: обеспечить точность таксации запаса древостоя в пределах до $\pm 10\%$.

Определение объема сучьев и ветвей древесных стволов

Интенсификация лесного хозяйства и возросшие потребности в древесине приводят к необходимости производить учет ветвей и сучьев деревьев.

В настоящее время древесина сучьев и ветвей приобретает экономическое значение как топливо в энергетических целях. Неправильная форма мелких ветвей и сучьев затрудняет использование математических способов для их учета. Наиболее точные результаты могут быть получены при использовании ксилметрического метода.

Для учета ветвей и сучьев целесообразно использовать ксилометрический способ вместе с весовым.

Во всех случаях объем сучьев принято выражать в процентах от объема ствола на корню. Зарубежные исследователи (Баур, Шиффель и др.) для определения объемов сучьев использовали способ видовых чисел сучьев (f_a), полученных по результатам опытных исследований: по породам, ступеням толщины или высоты, протяженности кроны и связанным с ней коэффициентом формы q_2 .

А. Шиффель предложил следующую формулу видового числа сучьев теневыносливых пород

$$f_a = 0,08 + 0,10q_2 + \frac{1,6}{H}$$

по которой объем сучьев $v_{суч.}$ для отдельного дерева может быть получен по известной формуле объема древесного ствола, а именно

$$v_{суч.} = gHf_a.$$

В качестве иллюстрации величины f_a по формуле приводим ее значения для ели, принятые нами в таблицах стволов средней формы Союзлеспрома (табл. 30).

Таблица 30

Видовые числа сучьев у стволов ели в зависимости от высот

Источник	Величина f_a при классе высоты, м								
	9	12	15	18	21	24	27	30	33
По Шиффелю	0,183	0,141	0,116	0,099	0,086	0,077	0,070	0,064	0,060
По Бауру	0,114	0,118	0,134	0,100	0,082	0,078	0,063	0,056	0,047

Из данных таблицы видно, что значения f_a , определенные по Шиффелю и Бауру, почти совпадают. Уменьшение величины f_a с увеличением H , а следовательно, и $d_{1,3}$ снижает процент сучьев в рамках разряда высот по мере увеличения ступеней толщины. При понижении разряда высот процент сучьев увеличивается при тех же ступенях толщины. Для стволов ели III разряда высот и ступеней толщины от 12 до 60 см процент сучьев уменьшается от 26 до 14%.

За процент сучьев стволов сосны, по данным проф. Товстолеса, приняты средние нормы, приведенные в белорусских таблицах объема и сбega (1928 г.).

Для стволов дуба средней формы проф. Шустов принял одинаковым процент сучьев по ступеням толщины, изменяющийся лишь в зависимости от разряда высот:

Разряд H	Ia	I	II	III	IV	V	Va
Процент сучьев	10	11	12	13	14	15	16

Проф. А. В. Тюрин для осины процент сучьев вычислял лишь в зависимости от величины ступени толщины по формуле

$$p_{\text{суч}} = 1,0 + 0,22d_{1,3}$$

По данной формуле $p_{\text{суч}}$ находится в прямой зависимости от ступени толщины, не зависит от H и, следовательно, одинаков для всех разрядов высот и изменяется при $d_{1,3}$ от 4 до 72 см в пределах 2–17%. Этот принцип принят им и для стволов березы; $p_{\text{суч}}$ изменяется для тех же ступеней от 1 до 14%.

Ф. Корсунь (Чехословакия) выразил процент сучьев от объема ствола формулой

$$p_{\text{суч}} = 17,4 \frac{D}{H} - 5,3.$$

Диаметр D дерева принимается в сантиметрах, H – в метрах. В нашем примере по формуле Корсуна $p_{\text{суч}} = 11,2\%$.

Ю. М. Коцарев в 1964 г. определил средний объем ветвей (в коре) в кубометрах и процентах от объема стволов ореха грецкого по разрядам высот и ступеням толщины. Для вычисления объемов стволов были использованы нормальные видовые числа по формуле

$$v = g_{0,1} H f_n$$

где: $g_{0,1}$ – площадь сечения на высоте 0,1 H ;

f_n – нормальные видовые числа (средние);

H – высота ствола.

Поскольку ветви ореха грецкого часто имеют диаметр у основания 40–50 см и длину 12–15 м, объем их определялся по 1-метровым секциям. Связь объема ветвей с объемом ствола выражалась формулой

$$v_a = g_{0,1} H f_{n,a},$$

где: v_a – объем ветвей;

$g_{0,1}$ – площадь сечения ствола на высоте 0,1 H ;

H – высота ствола;

$f_{n,a}$ – нормальное видовое число ветвей ступени толщины. Было установлено, что между $d_{1,3}$ ствола и $f_{n,a}$ наблюдается криволинейная зависимость, выраженная логарифмическим уравнением

$$f_{n,a} = 0,1761gd_{1,3} - 0,173,$$

по которому и составлена таблица $f_{n,a}$ по ступеням толщины от 16 до 80 см. Значение $f_{n,a}$ по таблице изменяется от 0,039 (ступень 16 см) до 0,162 (ступень 80 см).

Полученные результаты сведены в таблицу средних объемов сучьев (в m^3) по пяти разрядам высот и ступеням толщины. По всем разрядам дается процент объема сучьев только по ступеням толщины; с увеличением $d_{1,3}$ этот процент увеличивается от 8,8% для ступени 16 см и достигает 36% для ступени 80 см. Объем сучьев (в m^3) повышается с увеличением ступени толщины и снижается по разрядам высот от I до V.

Голиков В.В. представил зависимость процента объема сучьев по породам от ступеней толщины, разрядов высот, степени сомкнутости полога насаждений (табл. 31). Различие в методике учета ветвей обуславливается как биологическими особенностями древесных пород, так и экономическими условиями состояния лесного хозяйства. По этим факторам исключается возможность использовать единый метод

Таблица 31

Определение объема сучьев

Средний диаметр насаждения, см	Объем живых сучьев, % от запаса насаждений, при сомкнутости полога		
	0,8 и выше	0,6 – 0,7	до 0,5
12	9	21	33
16	9	19	31
20	8	18	29
24	8	17	27
28	7	16	24

учета сучьев. Для учета допустимы километрический метод, использование математических способов, а также видовых чисел (старых и нормальных). Во всех

случаях для запроса практики необходимо выражать объемы сучьев в процентах к объему стволов и запасам насаждений; в последнем случае обязательным требованием является учет полноты насаждений.

Методы составления таблиц объема и сбega древесных стволов

При составлении таблиц могут быть поставлены две задачи: составить таблицы только объемов древесных стволов и составить таблицы одновременно и объемов и сбega древесных стволов.

Рассмотрим порядок составления таблиц объема по d , H и средней форме.

Заполненные карточки обмера деревьев распределяют по породам, ступеням толщины и высотам с составлением сводной ведомости по форме, указанной ниже.

Порода _____

Диаметр стволов на высоте 1,3 м, см	Высота ствола, м				Итого стволов
	h_1	h_2	$h_3 \dots$	h_n и т.д.	
d_1					
d_2					
d_3					
...					
d_n					
Итого...					

Таким образом, в таблице указано распределение собранных материалов по d и H , объединение их по однородным группам по d и H и установлено, в отношении каких сочетаний этих признаков необходимо составить таблицы.

По данным обмеров моделей, вычисляют объемы стволов, а по ним – видовые числа для каждого ствола, затем весь материал в пределах породы группируют по высотам и вычисляют средние видовые числа по каждой высоте. Полученные средние видовые числа графически или аналитически сглаживают.

Рекомендуется сглаживать видовые числа при помощи линейного уравнения. С этой целью по оси ординат откладывают произведения H , а по оси абсцисс – возрастающие высоты.

Линейное уравнение имеет следующий вид:

$$Hf = aH + b,$$

Где a и b – особые коэффициенты, полученные в процессе составления уравнения.

Разделив обе части уравнения на H , получим сглаженные значения видовых чисел по высотам

$$f = a + \frac{b}{H}.$$

Располагая данными видовых чисел по высотам и зная количество сочетаний между d и H , вычисление объемов стволов производят по общеизвестной формуле

$$v = \frac{\pi d^2}{4} Hf = gHf,$$

где g – последовательные площади сечений стволов всех диаметров при данной высоте H .

Полученные объемы заносят в графу, установленную для данного типа таблиц.

Для контроля и наглядности рекомендуется построить линейный график изменения объемов в зависимости от высот при различных $d_{1,3}$ (рис. 28). Этот график иллюстрирует изменение объемов стволов ели при диаметре 16–48 см и высоте 18–36 м (из таблиц Союзлеспрома по ели, составленных автором).

Составление таблиц объемов древесных стволов по разрядам высот

Первоначальные вопросы, подлежащие разрешению, это вопросы о числе разрядов, а также о том, для какой формы стволов должны быть составлены таблицы. Особое значение приобретают таблицы объемов стволов по средней форме, что убедительно подтверждается закономерным характером распределения числа стволов однородных насаждений по q_2 .

Опыт применения на протяжении 40 лет первых русских временных массовых таблиц с тремя-четырьмя разрядами высот показал недостаточность такого числа разрядов. Основное требование при установлении числа разрядов – охватить таблицами наиболее продук-

тивные древостои с максимальными высотами, с одной стороны, и древостои низкой продуктивности с минимальными высотами, с другой. По практическим соображениям число разрядов не должно быть слишком велико, иначе амплитуда высот между разрядами будет незначительна и они практически не будут различаться.

Установлено, что различие в высотах двух смежных разрядов не менее 1,5–2 м легко распознается, и эта величина может служить поддержкой при установлении разрядов высот. Приведенная величина находится также в пределах точности имеющихся высотомеров. Принято принимать число разрядов высот к числу бонитетов насаждений, которых пять основных (I, II, III, IV, V) и два дополнительных (Ia и Ib и Va и Vб). Таким образом, предельное число разрядов может быть равно девяти.

В таблицах Союзлеспрома принято для сосны восемь разрядов высот, для ели шесть, для дуба семь, для осины пять и березы шесть.

Ответственной задачей является построение кривых высот в каждом разряде, установленном на основе детального анализа собранного экспериментального материала, который может быть получен следующими способами:

а) путем использования пробных площадей и взятых на них моделей в спелых насаждениях в процессе лесоустройства;

б) замерами высот по ступеням толщины в спелых насаждениях различных условий местопроизрастания с закладкой и без закладки пробных площадей.

На закладываемых пробных площадях рекомендуется брать модельных деревьев в количестве 10% числа стволов основного элемента леса, но не менее 10 шт. по способу пропорционального представления числу деревьев каждой ступени.

Выбор модельных деревьев производится путем предварительного обмера их высот и диаметров и согласования этих величин с заранее вычисленными средними данными по d и H .

Наконец, могут быть использованы литературные источники по исследованию хода роста насаждений и закономерные связи соотношений d и H по этим материалам.

Построение графика соотношений d и H по принятым разрядам высот и их сглаживание производится следующими способами: 1) точечным; 2) построением кривой высот на основе экспериментальных данных по установленным предварительно разрядам высот; 3) по-

строением кривой высот на основе закономерностей строения древостоев; 4) по А. В. Тюрину; 5) по Н. В. Третьякову.

Точечный способ применялся проф. Б. А. Шустовым для стволов дуба, а В. Владышевским для лиственницы сибирской. Сущность этого способа заключается в следующем. Используя многочисленный материал обмера моделей по соотношению d и H в возрасте спелости и разных условий местопроизрастания, строят график. На оси абсцисс откладывают диаметры, на оси ординат точками отмечают все представленные высоты по каждому диаметру. В результате получаем точечный график, указывающий пределы высот, верхний и нижний для каждой ступени толщины, через которые проводят плавные кривые, ограничивающие сверху максимальные высоты, а снизу – минимальные. Установив затем число разрядов высот, разность ординат по ступеням толщины делят на число разрядов, в результате получают n полос по числу разрядов. Затем, проведя плавные кривые через середины полос, получаем кривые соотношений d и H для каждого разряда; границы полос являются пределами высот.

Проф. Б. А. Шустов для стволов дуба внес некоторые уточнения в этот способ: за основу была принята кривая III разряда высот как наиболее обоснованная опытным материалом. Затем, приняв высоту ступени 36 см за исходную, им были проведены кривые высот для остальных разрядов с интервалом 3 м вверх и вниз.

При всей простоте и наглядности этот метод имеет недостаток: ненадежность проведения предельных высот, предопределяющих направление кривых для всех разрядов, в результате чего кривые могут не отражать фактических соотношений d и H , что, в частности, установлено нами в отношении лиственницы сибирской (по таблице В. Владышевского).

Вычислив по каждой ступени толщины средние высоты H из числа n моделей для каждого разряда высот, получают необходимые соотношения между d и H , которые затем сглаживают. Этот материал в дальнейшем используют для вычисления средних коэффициентов формы q_2 и видовых чисел f по разрядам и ступеням толщины. Указанным способом строили кривые высот для таблиц Союзлеспрома по сосне проф. Д. И. Товстолес и по ели проф. В. К. Захаров.

Оригинальный способ построения кривых высот по разрядам предложил проф. А. В. Тюрин для осины и березы. А. В. Тюрин построил кривые высот двух видов:

1. По бонитетам насаждений, используя средние высоты насаждений в данном возрасте, а также их пределы (верхний и нижний) с учетом закономерности в строении древостоя. Для каждого бонитета была построена кривая высот для трех классов возраста; для IV бонитета – два класса возраста, названные А. В. Тюриным классами высот.

2. По разрядам высот посредством объединения в один ряд одинаковых классов высот для древостоев различных бонитетов и возрастов.

Сопоставляя абсолютные значения d и H для 14 кривых высот, А. В. Тюрин обнаружил, что кривые для более молодых классов возраста вышестоящих бонитетов почти совпадают с кривыми более старых возрастов нижестоящих бонитетов. В результате представилось возможным из 14 кривых высот образовать шесть классов высот, причем в каждом из вновь образованных классов высот объединены, как правило, древостой разных бонитетов и разных возрастов. Основанием такого объединения высот служит выдвигаемая проф. А. В. Тюриным гипотеза: «Насаждения разных бонитетов и возрастов, и, добавим, пород, при равных средних высотах и средних диаметрах, согласно учению о строении насаждений, будут иметь и действительно имеют одинаковые соотношения между диаметрами и высотами».

Средние высоты по ступеням толщины каждого разряда высот, полученные по опытным материалам, подлежат сглаживанию, которое может быть произведено разными способами: графически, по уравнениям 2-го порядка, по уравнению логарифмической кривой, путем эмпирических и других уравнений и на основе использования закономерностей строения древостоев.

Так, в применении ко II разряду высот сосны, по нашим данным, параметры уравнения имеют вид

$$H=21.3+6.59 \lg d_{1,3}.$$

Проф. В. К. Захаровым при составлении таблиц объема стволов ели (таблицы Союзлеспрома) для построения и сглаживания высот по разрядам была использована формула Вебера

$$H_a = H_{\max} \left(1 - \frac{1}{1,0p^a} \right).$$

Установив соотношения между d и H по разрядам высот, вычисляют средние видовые числа для получения объема ствола по формуле

$$v = \frac{\pi d^2}{4} Hf = gHf .$$

Необходимо отметить, что некоторые исследователи устанавливают величину видовых чисел в зависимости от высоты или от диаметра ствола.

Исследования Шиффеля, Мааса, М. Е. Ткаченко и других показали зависимость видовых чисел от H и q_2 . Маас категорически отрицает влияние возраста и диаметра на высоте 1,3 м на видовые числа.

По исследованиям кафедры лесной таксации Белорусского лесотехнического института (БЛТИ), для 1333 моделей ели древостоев разных бонитетов от Ia до V установлена тесная корреляционная связь между f и q_2 , причем коэффициент корреляции составил $r = 0,81 + 0,012$. В свою очередь формула А. Шиффеля характеризует связь видового числа с H и q_2 .

Основанием для установления видовых чисел однородного древостоя с учетом диаметров на 1,3 м и высоты может служить лишь высокая корреляционная связь между диаметрами и высотами.

По данным М. Г. Здорика, коэффициент корреляции между $d_{1,3}$ и H для еловых древостоев II бонитета составил $r = 0,944$. Изложенные ранее теоретические обоснования связи видовых чисел и коэффициентов формы q_2 с высотами дают основания выдвигать на первый план высоты стволов, а не их диаметры. Этому положению и будем придерживаться в дальнейшем изложении.

С увеличением высоты деревьев наблюдается уменьшение q_2 . Обратная зависимость как коэффициентов форм, так и видовых чисел от высот была подробно освещена ранее. Примером могут служить следующие данные о средних видовых числах стволов ели, полученные Захаровым В.К. на основании использования обмеров 4689 моделей, взятых из разных условий местопроизрастания и на разных высотах.

Класс вы-											
соты, м	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Среднее f в 0,001	637	565	528	507	493	483	475	469	465	461	458

Средние видовые числа по высотам стволов могут быть вычислены непосредственно и сглажены способами, описанными при рассмотрении методики составления таблиц объемов по d и H .

Однако проще и легче получить видовые числа через q_2 по высотам, если учитывать тесную связь между f , H и q_2 , которая нашла выражение в формуле Шиффеля

$$f = 0,14 + 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{H}$$

Сглаживание средних q_2 по высотам может быть проведено с использованием линейной зависимости произведений Hq_n и высот по аналогии со сглаживанием f и Hf (см. рис. 54).

Для этого строят график: по оси абсцисс откладывают высоты, а по ординатам – Hq_n ; в результате получается слаболоманая линия, соединяющая вершины ординат; сглаживание ее можно произвести графически или посредством вычисления линейного уравнения. Разделив обе части этого равенства на H , получаем выражение сглаженных значений q_2 по высотам.

В работе проф. И. Е. Ткаченко «Закон объемов древесных стволов и его значение для массовых и сортиментных таблиц», выпущенной вторым изданием в 1932 г., приведен список 16 авторов, проводивших проверку видовых чисел по высотам и коэффициентам формы для девяти древесных пород в разных районах СССР [30]. Во всех случаях проверка полностью подтвердила указанные взаимосвязи между H , q_2 и f . (табл. 32).

Таблица 32

Сопоставление видовых чисел стволов ели

и коэффициентов формы по высотам

Высота, м	Число моделей	Средний q_2	Видовые числа			
			по В.К. Зазарову	по М.Е. Тка- ченко	по А. Шиф- фелю	по К. Массу
12	186	0,722	0,523	0,527	0,528	0,537
18	379	0,720	0,507	0,512	0,14	0,510
24	310	0,715	0,499	0,498	0,500	0,491
30	99	0,710	0,481	0,489	0,489	0,476
Итого	974					

Отклонения от фактически измеренных видовых чисел по моделям в среднем составили: по Ткаченко +0,8%; по Шиффелю +0,7%; по Маасу +0,2%, что служит хорошим доказательством зависимости f от H и q_2 , а не от диаметра на высоте 1,3 м.

Располагая сглаженными величинами по разрядам как средних высот, так и видовых чисел и коэффициентов формы q_2 , объемы стволов вычисляются по формуле $v=gHf$.

Ступени толщины могут быть приняты любые: 1; 2; 4 см. Исходя из практической целесообразности в таблицах Союзлеспрома были приняты ступени до 20 см по 2 см, а далее по 4-сантиметровым ступеням толщины.

Полученные по формуле $v=gHf$ объемы вписывают в таблицу объемов стволов по разрядам высот (табл. 33). Порода сосна. Средний коэффициент формы $q_2=0,65$.

Таблица 33

Таблица объемов стволов по разрядам высот

Ступень толщины, см	I разряд		II разряд		III разряд		IV разряд		V разряд	
	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v
12	16	0,088	14	0,079	13	0,076	12	0,070	10	0,603
16	20	0,185	18	0,169	16	0,162	15	0,147	12	0,131
20	23	0,327	21	0,300	19	0,282	17	0,264	14	0,225
24 и т.д.	25	0,511	23	0,469	21	0,436	19	0,406	15	0,347

Составление таблиц сбега древесных стволов

Сбегом древесного ствола называется изменение диаметра его на единицу длины, выраженное в абсолютных или относительных величинах. Знание сбега древесного ствола, характеризующего его форму, имеет весьма существенное значение для производства, так как позволяет проводить в камеральных условиях расчеты по выходу промышленных сортиментов из данного конкретного ствола.

Ввиду этого требования методов промышленной сортиментации леса на корню приводят к необходимости дополнить таблицы объемов древесных стволов данными об их сбеге. Однако высказыва-

ется и противоположная точка зрения о составлении сначала таблиц сбега, которые одновременно дают и таблицы объема.

Значительная изменчивость формы древесных стволов у каждой древесной породы даже при одинаковых d и H естественно ставит перед составителем таких таблиц вопрос: для какой формы составлять таблицы сбега – индивидуальной, средней или по некоторым классам формы?

В практике широко применяют таблицы сбега по средней форме, реже по трем классам (среднего, сбежистого и полнодревесного) и еще реже по градациям классов формы, выраженной через q_2 по 0,02; 0,025; 0,05.

Сбег стволов в таблицах выражают в абсолютных мерах, указывая диаметры стволов в сантиметрах или миллиметрах через 1 или 2 м вдоль ствола, от комля к вершине, это абсолютный сбег; или диаметры ствола на тех же высотах выражают в процентах от диаметра на высоте 1,3 м, принимаемого за 100%; это относительный сбег.

Простейший способ построения сбега для отдельного ствола заключается в использовании коэффициентов формы q_0, q_1, q_2, q_3 и графических построений. Приведем пример.

Высота ствола ели 30 м, диаметр на высоте 1,3 ж 40 см, $q_0 = 1,026, q_1 = 0,855, q_2 = 0,70, q_3 = 0,44$; по свойству коэффициентов формы имеем $d_n = d_{1,3} q_n$. Для нашего примера будем иметь $d_0 = 40 * 1,026 = 41$ см; $d_{1/4} = 40 * 0,855 = 34,2$ см; $d_{1/2} = 40 * 0,70 = 28$ см; $d_{3/4} = 40 * 0,44 = 17,6$ см. Построенный по этим данным график сбега показан на рис. 29.

Проведя на таком графике, выполненном в масштабе, сечения, перпендикулярные оси дерева, через 1 или 2 м, отсчитывают диаметры на любых высотах, а через них определяют объемы секций длиной 1 или 2 м в коре и без коры. Сбег ствола без коры строится на этом же графике путем нанесения толщины коры по диаметрам, по четвертям высоты или другим измерениям. При данной высоте Y ствола $d_{1,3}$ может быть различен, поэтому такие расчеты проводят для разных $d_{1,3}$ и одинаковых q_n .

При составлении таблиц сбега по разрядам высот было бы крайне затруднительно строить вышеописанным способом такие индивидуальные графики для отдельных стволов,

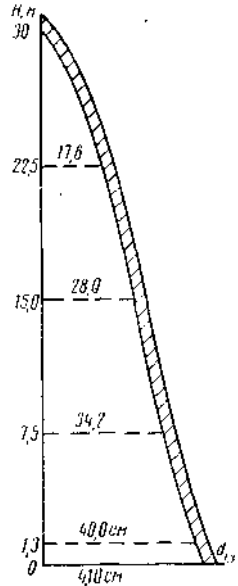


Рис. 29. Построение графика сбега по коэффициентам формы

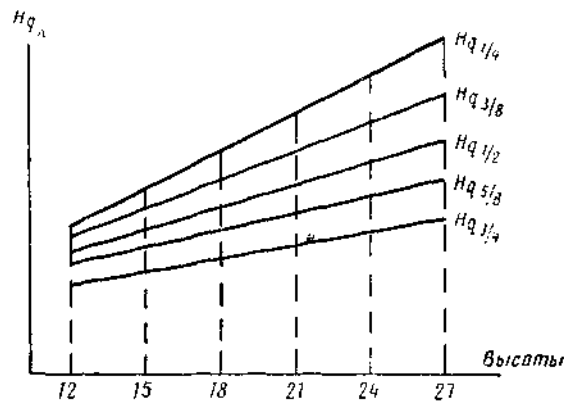


Рис. 30. График сглаживания средних величин коэффициентов формы в зависимости от высот

поэтому собранный экспериментальный материал в отношении $d_{1,3}$, H и коэффициентов формы q_n подвергается совместной счетной и графической обработке отдельно для каждого разряда высот. Полученные таким образом средние значения коэффициентов формы q_n сглаживают для каждого разряда высот с использованием графических линейных построений или же на основании соответствующих уравнений вида

$$Hq_n = aH + b$$

При построении графика на оси абсцисс откладывают высоты, а по ординатам – произведения Hq_n , в результате получается веер слабо изломанных линий, подлежащих или графическому сглаживанию, или по уравнениям.

Для уточнения графических построений сбега для стволов высотой более 16 м, т. е. стволов, для которых длина $\frac{1}{4} H$ выходила за пределы 4 м, рекомендуется дополнительно вычислять еще три коэффициента формы на $\frac{1}{8}$, $\frac{3}{8}$ и $\frac{5}{8}H$, что позволяет отразить выпуклый характер образующей ствола по отрезкам через $\frac{1}{8}H$. График по сглаживанию средних величин q_n показан на рис. 30.

Для получения сглаженных коэффициентов формы по высотам следует величину соответствующей ординаты Hq_n разделить на H . Полученные таким образом данные заносят в рабочую таблицу и используют для последующих вычислений сбега. Для стволов ели автором получены средние значения коэффициентов формы по высотам, приведенным в табл. 34. Наблюдается неуклонное, хотя и незначительное уменьшение величины всех коэффициентов формы по мере увеличения высоты стволов.

Таблица 34

Средние значения q_n стволов ели по высотам

Высота, м	Коэффициент формы в 0,001					
	$q_{1/8}$	$q_{1/4}$	$q_{3/8}$	$q_{1/2}$	$q_{5/8}$	$q_{3/4}$
12	980	895	822	718	604	450
15	962	883	810	709	588	444
18	951	877	802	703	578	439
21	942	871	796	698	571	436

На основании указанных данных строят таблицы сбега для всех сочетаний d и H по всем разрядам высот (табл. 35). Пример: имеем $H = 24$ м; $d_{1,3} = 32$ см.

После этого для наглядности и контроля по каждому разряду высот строят сводный график сбега для всех встреченных соотношений диаметров и высот в коре и без коры.

Таблица 35

Пример вычисления абсолютного сбега ствола по коэффициентам формы

Показатели	Коэффициент формы						
	q_0	$q_{1/3}$	$q_{1/4}$	$q_{3/8}$	$q_{1/2}$	$q_{5/8}$	$q_{3/4}$
Высота от нижнего сечения, м	0	3	6	9	12	15	18
Абсолютные значения q_n в 0,001	1210	937	867	792	695	565	433
Отвечающие q_n диаметры ствола, см	38,7	30,0	27,7	25,3	22,2	18,1	13,9

По графику обычно посередине 2-метровых секций, т. е. на высотах 1; 3; 5; 7 м и т. д., проводят сечения, по которым и отсчитывают в масштабе диаметры стволов в коре и без коры, и на основании этого вычисляют объемы 2-метровых секций. Полученные данные заносят в таблицу сбега стволов отдельно по разрядам высот. Сумма объемов 2-метровых секций должна совпадать с объемом ствола по формуле

$$v = gHf = h(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_n) + v_{\text{верш.}}$$

Проф. А. В. Тюрин при составлении таблиц среднего сбега у осины по разрядам высот принял для всех ступеней толщины одинаковый средний $q_2=0,695$ и соответственно этому одинаковые $q_1=0,867$ и $q_3=0,408$, несмотря на то, что анализ основного материала показывал изменение q_2 по высотам от 0,750 до 0,696; соответственно изменялись также q_1 и q_3 . Таким же способом были составлены таблицы сбега по березе. Этот прием приводит к некоторому искажению действительной средней формы стволов.

Составление массовых таблиц объема и сбега по методике проф. В. К. Захарова

В основе предлагаемой методики лежат результаты по изучению формы древесных стволов по относительным высотам и установленные закономерности изменения среднего относительного сбега отдельных древесных пород в зависимости от диаметра на 0,1 высоте стволов.

Необходимый для составления массовых таблиц опытный материал собирают в однородных по таксационным показателям древостоях данной породы, охватывая преимущественно спелые древостои

разных условий местопроизрастания; желательно часть материала собрать в средневозрастных насаждениях.

Общее число обмеренных стволов, представленных 4-сантиметровыми ступенями толщины, ограничивается 150. Там же дается таксационная характеристика объекта, в которой проводятся обмеры деревьев.

Камеральная обработка материалов заключается в следующем. По материалам обмера строится кривая соотношений диаметров и высот по 4-сантиметровым ступеням толщины. В отношении каждого

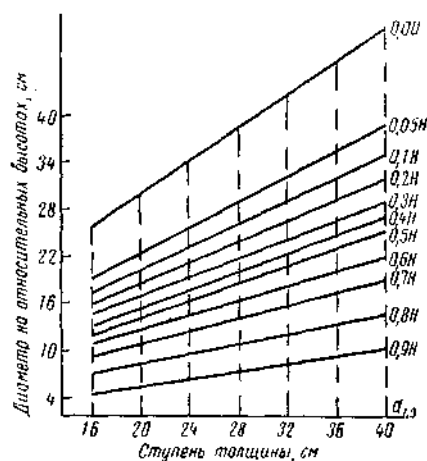


Рис. 31. График абсолютного сбега стволов по относительным высотам в зависимости от ступени толщины $d_{1,3}$ обмеренного дерева, принимая диаметр на $0,1 H$ за 100%, вычисляют процент сбега на остальных относительных высотах.

В отношении разгруппированных по 4-сантиметровым ступеням толщины деревьев вычисляют сначала их средний диаметр. Одновременно строят график (рис. 31) изменения абсолютных диаметров стволов по относительным высотам в зависимости от $d_{1,3}$; при этом выявляется линейный характер изменений диаметров, которые сглаживаются по уравнению прямых линий. Затем вычисляют средний процент сбега по всем относительным высотам и сопоставляют полученные средние величины по ступеням для того, чтобы убедиться, что ни ступени толщины, ни высота не оказывают на них существенного влияния. После этого вычисляют средний процент сбега для каждой относительной высоты. В результате получается сводная характеристика сбега в процентах по относительным высотам, которая и является основным материалом для составления таблиц объема и сбега.

Следующим техническим приемом является установление соотношений между ступенями толщины по $d_{1,3}$, с одной стороны, и диаметрами на $0,1 H$ и $0,5 H$, с другой; установленная линейная зависимость между ними должна быть выражена линейным уравнением.

Значительный интерес представляют корреляционные зависимости между диаметрами на высоте $1,3 м$ и диаметрами на относительных высотах в отношении однородных насаждений. Особое значение приобретает связь между диаметром на высоте $1,3 м$ и диаметрами на $0,1 H$ и $0,5 H$.

Для стволов сосны в сосняке-брусничнике (возраст 105 лет, бонитет II–III) установлена тесная связь линейного характера для диаметров на высоте $1,3 м$ и $0,5 H$, причем коэффициент корреляции оказался равным $r = 0,953 \pm 0,0075$, а корреляционное отношение $\eta = 0,957 \pm 0,0078$. Такая же высокая корреляционная связь оказалась и между диаметрами на других относительных высотах.

Вычисленные линейные уравнения для указанного выше объекта между диаметрами на $1,3 м$, $0,1H$ и $0,5H$ имеют следующие коэффициенты:

$$\begin{aligned}d_{0,1H} &= 0,86d_{1,3} + 2,08 \\d_{0,5H} &= 0,64d_{1,3} + 0,90.\end{aligned}$$

Подставляя в уравнения вместо $d_{1,3}$ абсолютные величины, получаем диаметры стволов на $0,1H$ и $0,5H$.

Располагая диаметрами на $1,3 м$ и $0,5H$, вычисляем коэффициент формы

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

На основании установленных по разрядам высот соотношений между d и H по каждой ступени толщины (а следовательно, и высоты) получаем по формуле Шиффеля или по имеющимся таблицам видовое число в зависимости от H и q_2 .

Произведение $v = gHf$ по ступеням толщины определяет объемы стволов данной совокупности. Достоверность установленных f по H и q_2 была проанализирована ранее.

Рассмотренные ранее исследования нормальных видовых чисел (f_n), независимость их ни от $d_{1,3}$, ни от H деревьев и постоянство для отдельных древесных пород их средней величины упрощает определение объемов стволов по формуле

$$v = g_{0,1} H f_n.$$

Тесная корреляционная связь между f_n и $q_{0,5/0,1}$ позволяет определять объемы стволов индивидуальной формы.

Объемы срубленных деревьев могут определяться по предлагаемой формуле

$$V = g_{0,05} h + \left(\frac{g_1 + g_9}{2} + g_2 + g_3 + \dots + g_9 \right) h + \frac{g_9 h}{2},$$

где:

$g_{0,05}$ – площадь сечения на $0,05H$;

$g_1, g_2, g_3, \dots, g_9$ – площади сечения на высоте соответственно $0,1; 0,2; 0,3; \dots, 0,9 H$;

h – длина секции; $h = 0,1H$.

Таким образом, объем ствола получается как сумма объемов трех его частей: комлевой секции, восьми центральных и вершинной длиной $0,1H$.

Для составления таблиц сбega древесных стволов мы располагаем процентами среднего сбega, графиком изменения абсолютных величин диаметра по относительным высотам, а также соотношениями между диаметрами на $1,3 м$ и $0,1H$ по ступеням толщины на высоте $1,3 м$.

Умножая последовательно для каждой 4-сантиметровой ступени толщины диаметры на $0,1H$ на сглаженные средние проценты сбega по относительным высотам, получаем сглаженные диаметры стволов по относительным высотам.

Для получения данных сбega по абсолютным высотам через интервалы $2 м$ используем следующие графические построения для каждой ступени толщины. Зная $d_{1,3}$, $d_{0,1}$ и диаметры на остальных относительных высотах, строим график сбega в абсолютных величинах, при этом для лучшего контроля построений и наглядности строим сводный график по всем ступеням толщины, охваченным исследованием.

На таком графике проводят сечения, перпендикулярные оси абсцисс, посередине 2-метровых секций, т. е. на нечетных высотах от земли: $1; 3; 5; 7 м$ и т. д. Если брать по масштабу величину этих диаметров, получаем показатели сбega (в $см$), которые и вносятся в соответствующую таблицу сбega. На этом же графике наносят толщину коры по высотам, что дает возможность охарактеризовать сбег ствола в коре и без коры, а следовательно, получить в результате два объема ствола – в коре и без коры. Разность объемов дает объем коры (в $м^3$),

который принято выражать также в процентах от объема ствола в коре. Располагая диаметрами стволов посередине 2-метровых секций в коре и без коры, дополнительно устанавливают объем ствола по формуле

$$v = h \left(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_n \right) + v_{\text{верш}},$$

где:

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_n$ – площади сечения посередине 2-метровых секций;

h – длина секции.

Составленные по описанной методике таблицы объемов стволов сосны на основе 150 обмеренных деревьев в сосняке-черничнике были сопоставлены с объемами всех имеющихся массовых таблиц объемов сосны. Для вычислений запасов было взято 307 деревьев по ступеням толщины от 16 до 48 см, объем которых составил 247,8 м³ (100%). Сопоставление запасов по различным таблицам приводится в табл. 36.

Наибольшее отклонение (6,3%) дали местные таблицы для Читинской области, в которых отсутствовали данные о методах их составления. Это тем более странно, что таблицы смежной Бурятской АССР имели отклонения всего 3,5%. Построенный по запасам 12 таблиц вариационный ряд дал следующие статистические показатели: $M \pm m = 246,0 \pm 2,04$; $\sigma = 7,4$; $v = 2,98\%$; $p = 0,83\%$. Незначительные отклонения (0,8–2,3%) показали германские и шведские таблицы.

Таблица 36

Сопоставление запасов сосновых древостоев, определенных по различным таблицам

Наименование таблиц объемов	Запас	
	м ³	%
По данным Захарова В.К.	247,8	100
По таблицам Союзлеспрома	250,4	101,1
По таблица Ленинградской, Вологодской и Архангельской обл.	238,1	96,1
Таблицы белорусские	250,2	101,0
Таблицы украинские	248,4	100,2
Таблицы германские (Шваппаха)	254,3	102,3
Таблицы шведские (А. Мааса) $q_2=0,67$	250,1	100,8
Среднее по 12 таблицам	246,0±2,04	99,2%

Моделирование образующей древесного ствола с помощью сплайн-функции.

Математическое моделирование образующей древесного ствола с помощью полинома n -ой степени (Войнов), или сплайн-функций (Д.В. Рябов, 1999).

Образующую древесного ствола можно описать в виде кубического сплайна. Д.В. Рябов, (1999) использовал относительный счет стволов березы по относительным высотам (0.0, 0.1, 0.2, ... 0.9) проф. В.К. Захарова. Для аппроксимации одной образующей древесного ствола требуется 10 уравнений, для одного разряда высот – 20 уравнений в коре и без коры, а для шести разрядов высот необходимо 120 уравнений связи диаметров на относительных высотах в зависимости от базового диаметра на высоте 0,1. Например, для стволов березы I^a разряда высот (в коре) образующую ствола можно описать следующей кубической сплайн-функцией:

$$y_0 = 180 - 986.5x + 1865x^2;$$

$$y_{0.1} = 100 - 426.96 \left(0,1 + x \right) + 5595.5 \left(0,1 + x \right)^2 - 23298.39 \left(0,1 + x \right)^3;$$

$$y_{0.2} = 89.9 + 6.81 \left(0,2 + x \right) - 1394.01 \left(0,2 + x \right)^2 + 0,6285.9 \left(0,2 + x \right)^3;$$

$$y_{0.3} = 81.62 - 97.04 \left(0,3 + x \right) + 491.75 \left(0,3 + x \right)^2 - 1985.14 \left(0,3 + x \right)^3;$$

$$y_{0.4} = 74.85 - 58.24 \left(0,4 + x \right) - 103.79 \left(0,4 + x \right)^2 - 269.3 \left(0,4 + x \right)^3;$$

$$y_{0.5} = 67.72 - 87.08 \left(0,5 + x \right) - 184 \left(0,5 + x \right)^2 + 533.35 \left(0,5 + x \right)^3;$$

$$y_{0.6} = 57.67 - 108 \left(0,6 + x \right) - 24.57 \left(0,6 + x \right)^2 - 260.12 \left(0,6 + x \right)^3;$$

$$y_{0.7} = 46.35 - 120.72 \left(0,7 + x \right) - 102.61 \left(0,7 + x \right)^2 - 346.88 \left(0,7 + x \right)^3;$$

$$y_{0.8} = 32.95 - 157.65 \left(0,8 + x \right) - 203.67 \left(0,8 + x \right)^2 + 826.65 \left(0,8 + x \right)^3;$$

$$y_{0.9} = 16.54 - 166.8 \left(0,9 + x \right) + 41.32 \left(0,9 + x \right)^2 - 137.73 \left(0,9 + x \right)^3.$$

Полученная сплайн-функции из 10 уравнений отражает относительную форму стволов березы. На основе моделей сплайн-функций разработана имитационная модель и программа на ПЭВМ оценки относительного сбega древесных стволов сосны и березы для I^a V разрядов высот. Результаты расчетов по имитационной модели на ПЭВМ сравнивались с данными таблиц объема и сбega В.К. Захарова (табл. 37). В нижней части ствола (0–0,2h) среднеквадратические

ошибки моделей составляют 5–6%, что объясняется значительной вариацией диаметров деревьев в комлевой части ствола.

Таблица 37

Среднеквадратические ошибки моделей сплайн-функции в сравнении с данными таблиц объема и сбега стволов березы в % по В.К. Захарову

Секции ствола	Разряд высот					
	Г ^a	I	II	III	IV	V
0–0,65	5,5	5,5	5,6	5,4	5,4	5,1
0,05–0,1	6,6	6,6	6,7	6,5	6,5	6,1
0,1–0,2	5,7	5,4	6,7	6,5	6,3	4,9
0,1–0,2	5,7	5,4	6,7	6,5	6,3	4,9
0,2–0,3	1,3	1,7	0,7	1,6	1,1	2,7
0,3–0,4	0,7	0,7	1,7	2,0	1,6	2,4
0,3–0,4	0,7	0,7	1,7	2,0	1,6	2,4
0,4–0,5	0,8	1,3	0,9	2,0	1,7	4,2
0,5–0,6	0,9	0,8	1,4	2,2	1,8	3,7
0,6–0,7	0,7	0,6	0,5	2,1	1,0	2,6
0,7–0,8	0,6	1,0	0,4	1,9	1,3	1,8
0,8–0,9	0,4	0,8	0,2	1,1	1,1	0,5
0,9–1,0	0,1	0,3	0,1	0,4	0,5	0,0

В целом модели незначительно занижают оценки относительно-го сбега древесных стволов.

Сравнение результатов моделирования сплайн-функции образующих древесных стволов березы с данными измерений диаметров стволов на срубленных модельных деревьях (более 1000 моделей) по материалам проф. О.А. Атрощенко показывает, что незначительные ошибки (2–5%) наблюдаются в оценке сбега ствола на относительных высотах 0,1–0,2–0,3–0,4–0,5 h , т. е. Для всей комлевой части ствола, на которую приходится 80% общего объема стволовой древесины. Моделирование образующих древесных стволов с помощью сплайн-функций является весьма перспективным направлением оценки объемов стволов растущих деревьев, таксации запасов древостоев и сортировки лесов на корню, особенно с применением ПЭВМ.

Лекция 7. Учет лесоматериалов. Таблицы объемов круглых лесоматериалов и пиломатериалов

Из древесины вырабатывают различные виды лесной продукции, которая применяется в народном хозяйстве. Отдельные виды лесной продукцией из древесины принято называть сортаментами. Некоторые из них заготавливают непосредственно в лесу или на ближайшем лесном складе (строительные и пиловочные бревна, кряжи для выработки фанеры, дрова), другие являются продукцией первичной механической обработки древесины (шпалы, доски, брусья и т.п.).

По степени обработки и способам производства лесную продукцию можно разделить на следующие классы:

1) круглые деловые лесоматериалы, заготавливаемые в круглом виде (пиловочник, балансы и т.д.);

2) дрова – дровяные лесоматериалы в круглом или колотом;

3) пиленые лесоматериалы, получаемые путем продольной распиловки круглых лесоматериалов (доски, брусья и др.);

4) колотые лесоматериалы, вырабатываемые путем раскалывания отрезков древесного ствола (клепка, полоз, спицы для колес и т.д.);

5) сортаменты, обрабатываемые строганием кряжей (строганный шпон, используемый для облицовки мебели, и др.);

6) лесоматериалы, получаемые путем обработки чураков лущением, (шпон различного названия);

7) оцилиндровка круглых лесоматериалов;

8) лесопродукция из корневых и прикорневых частей деревьев (болванки для хомутов, коры для судостроения и т. п.);

8) сортаменты, изготавливаемые из коры древесины и кустарниковых пород (мочало, дубильное корье и т. п.).

Наибольшее количество сортаментов включают классы круглых деловых лесоматериалов [44, 45, 46, 47].

В класс круглых деловых сортаментов входят лесоматериалы:

а) не требующие продольной распиловки (бревна строительные, для деревянного судостроения, свай и мостов, столбов воздушных линий связи, рудничная стойка для каменноугольной и горнорудной промышленности, тонкомерные сортаменты);

б) применяемые как сырье для выработки пиломатериалов и представляющие собой очищенные от сучьев отрезки ствола длиной

чаще всего не менее 3 м и толщиной от 14 см и выше, их называют бревнами;

в) используемые как сырье для изготовления колотых сортиментов (кряжи для выработки клепки, обода, полоза, спиц);

г) идущие для изготовления строганых сортиментов на специальных станках (кряжи и чураки – отрезки кряжей, длина которых соответствует размерам станков), для производства строганого шпона для стружечного производства;

д) используемые как сырье для лущения (кряжи и чураки для выработки шпона);

е) применяемые как сырье для целлюлозно-бумажного производства (балансы);

ж) служащие сырьем для химической переработки (выработки дубильных экстрактов, для углежжения, сухой перегонки).

В зависимости от сферы применения к лесным сортиментам предъявляют определенные требования в отношении их размеров, качества, характера обработки, способов учета, хранения и пр. Все эти требования отражены в Государственных стандартах (ГОСТ).

Под Государственным стандартом на лесные материалы следует понимать типовой вид данных сортимента, удовлетворяющий определенным условиям.

В соответствии с ГОСТом 17462-72 «Основные стандартизованные термины лесозаготовительной промышленности и их определения», рассмотрим основные термины [57]:

1. Деловая древесина – хлысты или их отрезки, применяемые в круглом виде или в качестве сырья для механической и химической переработки (МиХ), отвечающие требованиям стандартов (СТ) или технических условий (ТУ) на деловые сортименты.

2. Дровяная древесина – низкокачественная древесина, используемая в качестве топлива или сырья для углежжения и сухой перегонки.

3. Долготье – отрезок хлыста, предназначенный для разделки на сортименты и имеющий длину, кратную или равную общей длине полученных сортиментов с припуском на разделку.

4. Круглые лесоматериалы – отрезки хлыстов, применяемые в круглом виде, в качестве сырья для механической и химической переработки, а также как топливо, отвечающее требованиям стандартов или ТУ на соответствующие виды продукции.

5. Сортимент – круглый или колотый лесоматериал, определенного назначения, соответствующий требованиям стандартов или ТУ.

6. Кряж – круглый деловой сортимент, предназначенный для выработки специальных видов лесопродукции.

7. Чурак – отрезок кряжа, длина которого соответствует размерам, необходимым для обработки на д/о станках.

8. Фанерный кряж – кряж для выработки лушеного или строганного шпона.

9. Спичечный кряж – кряж для выработки лушеного или спичечного шпона.

10. Рудничная стойка – круглый сортимент, предназначенный для крепления подземных выработок.

Пропсы – экспортная рудстойка.

11. Строительное бревно – бревно предназначенное для использования в строительстве без распиловки.

12. Пиловочник – круглый сортимент, предназначенный для выработки пиломатериалов.

13. Балансы – круглые или колотые сортименты, предназначенные для производства целлюлозы и древесной массы.

Для определения объемов бревен, кряжей и других круглых сортиментов можно использовать формулы определения объемов стволов и их частей.

Наиболее широко при вычислении объемов круглого леса применяется простая формула срединного сечения ($V=\gamma L$). Для упрощения работы заранее вычисляют объем бревен различной длины в зависимости от диаметра, обуславливающего величину поперечного сечения.

Таблицы такого рода часто называют таблицами объемов цилиндров.

Таблицы объемов цилиндров в развернутом виде, предусматривающие различные сочетания длины и толщины сортиментов, имеются в справочниках.

Таблицы объемов бревен и метод их составления

При определении объемов круглых сортиментов надо измерить длину сортимента и его диаметр на середине длины. Измерение диаметра на середине длины очень трудоемко, так как для этого надо рас-

катать штабеля, определить середину длины бревна и снять в этом месте кору.

В широкой практике применяют таблицы объемов, круглых лесоматериалов требующие измерения длины сортиментов и диаметров в верхнем отрезе (табл. 58).

Таблица 58

Определение объема сортиментов по длине и диаметру в верхнем отрезе

Длина сортиментов, м	Объем сортиментов, пл. м ³ , при диаметре на середине длины, см						
	20	21	22	23	24	25	26
4,0	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25
5,0	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32
6,0	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39
6,5	0,26	0,28	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43
7,0	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
8,0	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,55

Эти таблицы имеют ряд преимуществ. Основное из них заключается в том, что для измерения диаметра в конце бревна не требуется раскатывать штабеля и снимать кору на обмеряемой части бревна. При всех последующих расчетах, связанных с распиловкой бревен на доски или использованием их в круглом виде, оперируют диаметром бревен в верхнем отрезе.

Таблицы, определяющие объем бревен по длине и диаметру в верхнем отрезе, составляют опытным путем на основе детальнх обмеров большого числа бревен. Диаметры обмеряют через 1 или 2 см, затем вычисляют объем каждого бревна, чаще всего по сложной формуле срединных сечений. Результаты вычислений группируют по длине бревен и их диаметрам в верхнем отрезе. Для бревен, имеющих одинаковую длину и одинаковый диаметр в верхнем отрезе, складывают объемы и полученную сумму делят на число таких бревен. Полученный для данной группы бревен среднеарифметический объем вписывают в таблицу.

Допустим, что мы имеем n бревен длиной L с одинаковым диаметром в верхнем отрезе. Находим по сложной формуле срединного сечения объем каждого бревна:

$$V_1 = \frac{1}{6} (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_t) L;$$

$$V_2 = \left(\gamma_1'' + \gamma_2'' + \gamma_3'' + \dots + \gamma_t'' \right) \bar{l};$$

$$V_3 = \left(\gamma_1''' + \gamma_2''' + \gamma_3''' + \dots + \gamma_t''' \right) \bar{l};$$

$$V_n = \left(\gamma_1^n + \gamma_2^n + \gamma_3^n + \dots + \gamma_t^n \right) \bar{l};$$

Табличный объем одного бревна находим по следующей формуле:

$$V_{cp} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n}.$$

При массовом обмере бревен максимальных и минимальных размеров оказывается немного, поэтому среднеарифметические объемы, вычисленные на основании малого числа наблюдений, будут недостаточно точными, и их необходимо выравнять графически или аналитически. Для этого строят график. По оси абсцисс откладывают диаметры бревен в верхнем отрезе, по оси ординат – среднеарифметические объемы бревен. При соединении отложенных на графике точек получают кривую. Если кривая окажется не плавной, а с резкими отклонениями, это значит, что среднеарифметические объемы установлены неточно и их нужно выровнять.

При выравнивании надо учитывать величину средних ошибок в определении среднеарифметических объемов бревен. Производя на графике соответствующие отсчеты, в итоге получаем таблицу сходную с приведенной выше табл. 57 для определения объемов цилиндров. Рекомендуется вычерчивать на одном и том же графике несколько кривых, характеризующих изменение объемов бревен в зависимости от их диаметра при разной длине. Если кривые для бревен различной длины имеют общее направление, это будет свидетельствовать о надежности средних показателей.

Выравнивать среднеарифметические объемы можно также аналитическим способом. В этом случае на основе опытных наблюдений составляют соответствующие эмпирические уравнения.

Ф. Корсунь нашел, что объем бревна V как функцию длины L можно определять по простой формуле $V=KM^m$.

Этой же формулой можно было выразить также объем бревна как функцию толщины d . Таким образом в конечном итоге объем бревна находится по формуле $V=KM^m d^n$, постоянные которой K , m , n

определяются по опытным данным, обрабатываемым способом наименьших квадратов.

Обработав результаты обмеров бревен применительно к указанной формуле, Ф. Корсунь получил, что K , m и n выражаются весьма громоздкими дробными числами. Однако в современных условиях при наличии электронных машин это не является препятствием для использования данных формул при составлении объемных таблиц.

Сбег ствола и его влияние на объем бревна

Диаметры древесного ствола от комля к вершине постепенно уменьшаются. Это уменьшение, приходящееся на единицу длины ствола (чаще всего 1 м), называется сбегом. Сбег может быть абсолютным или относительным.

Абсолютный сбег равен разности между диаметрами двух сечений ствола, отстоящих одно от другого на расстоянии 1 м. Допустим, что диаметр ствола на расстоянии 1 м от комля D_1 30 см, а на расстоянии 2 м от комля D_2 29 см. Разность между этими двумя диаметрами, равная 1 см, и составляет абсолютный сбег на этом участке ствола.

При определении относительного сбega диаметр ствола, измеряемый на высоте груди, принимают за 100. Все прочие диаметры, измеряемые в разных сечениях, выражают в процентах от диаметра на высоте груди. В результате получают процентный ряд, характеризующий относительное изменение диаметра ствола, или относительный сбег. Если диаметр сечения, отстоящего от диаметра на высоте груди на 1 м, равен 96%, относительный сбег составит 4%.

На отдельных участках ствола величина сбega различна: в нижней части из-за корневых наплывов он будет довольно большим, в средней части ствола уменьшается и к вершине снова возрастает.

При оценке различий в сбеге у отдельных бревен принято устанавливать средний сбег. Средний сбег S_{cp} равен разности между диаметрами в нижнем D_H и верхнем d_B отрезе, деленной на длину бревна L :

$$S_{cp} = \frac{D_H - d_B}{L}.$$

У бревен, заготовленных из комлевой части ствола, на первом метре от комля довольно часто имеются корневые наплывы. При установлении среднего сбega таких бревен разность между диаметром

сечения, находящегося на высоте 1 м от комля D_1 , и верхним диаметром d_B делят на длину бревна L , уменьшенную на 1 м:

$$S_{cp} = \frac{D_1 - d_B}{L - 1}.$$

При установлении величины среднего сбега образующие боковой поверхности бревен принимают условно за прямую. Между тем известно, что образующая древесных стволов представляет собой сочетание ряда кривых.

При распиловке бревен на доски, а также при использовании их в строительстве учитывают диаметр верхней части бревен, не превышающей по длине 3 м. Различия в сбеге в остальной части бревна с производственной точки зрения интереса не представляют. При распиловке бревен на длинные доски, имеющие геометрически правильную форму (параллелепипеды), безразлично, будет ли бревно иметь форму усеченного конуса, где образующей является прямая, или форму параболоида с выпуклой образующей. В обоих случаях периферическая часть бревна окажется в отходах. На участке ствола длиной 3 м разница в диаметрах при конической и параболической форме этих участков не превышает нескольких миллиметров, т.е. находится в пределах точности обмера. Поэтому при использовании древесины в народном хозяйстве определяют лишь среднюю величину сбега.

Вопрос о величине среднего сбега изучался профессором В.К. Захаровым [20]. Было детально обмерено свыше 4 тыс. бревен и установлено, что величина среднего сбега находится в прямой зависимости от толщины бревен. Зависимость эта характеризуется следующим уравнением:

$$S_{cp} = 0,39 + 0,021D,$$

где D – диаметр, см (для комлевых бревен – на расстоянии 1 см от комля, а для всех остальных – в нижнем торце).

Чтобы определить, как изменяется величина сбега у отдельных бревен, были вычислены среднеквадратические отклонения от средних норм.

Наибольшее изменение в сбеге наблюдается у крупных бревен. Это, по-видимому, объясняется тем, что бревна средней толщины заготавливают в большинстве случаев из срединных частей стволов, имеющих более правильную форму.

Среднеквадратические отклонения изменяются от 0,27 до 0,87 см. Они составляют округленно от $1/4$ до $1/2$, а в среднем почти равны

$\frac{1}{3}$ величины абсолютного сбега. Средний коэффициент вариации равен 38,5%, средний сбег 0,96 см на 1 м длины бревна. Следовательно, по закону нормального распределения у 68 бревен из каждых 100 расхождение со средней величиной сбега не будет превышать $\pm 0,38$ см на 1 м длины бревна, а средний сбег будет 0,59 – 1,33 см.

Анализ опытных данных показывает, что сбеги сосновых и еловых бревен изменяется примерно в одних и тех же пределах и средние величины его близки между собой. Поэтому для этих пород могут применяться одни и те же таблицы объемов бревен.

При изучении влияния сбега на объем бревна его делят на две части: боковую, или периферическую, которая называется зоной сбега, и цилиндрическую.

Объем цилиндрической части бревна называется цилиндрической кубатурой. Она определяется как объем цилиндра, основанием которого является верхний торец бревна, а высота равна длине бревна. У бревен, имеющих одинаковые длину и верхние диаметры, независимо от различий в их сбегах цилиндрическая кубатура будет одинаковой.

Чем больший сбеги имеет бревно, тем больший процент его объема приходится на зону сбега. У бревен средней длины (6 м) на зону сбега падает 20,8% объема бревна, у длинных (10 м) – 31,1%, т. е. в 1,5 раза больше. У двухметровых бревен объем зоны сбега в 2,4 раза меньше, чем у бревен средней длины.

В отношении толщины бревен установлена следующая зависимость: чем бревно толще, тем объем зоны сбега (в %) меньше.

Так, у шестиметровых бревен при толщине 15 см объем зоны сбега составляет 24,2%, при толщине 25 см 19,4%, при толщине 40 см 16,7%.

Сбег у отдельных бревен сильно изменяется. При пользовании таблицами объемов, требующими измерений верхних диаметров и длины бревен, величина этих изменений не учитывается. Следовательно, ошибки в определении объема бревен по таким таблицам объясняются неточным учетом зоны сбега.

Так как на долю зоны сбега у коротких бревен приходится наименьшая часть их объема, неточный учет особенностей их сбега не приводит к существенным ошибкам при определении общего объема бревен. Например, у двухметровых бревен зона сбега, в 2 раза большая средней, дает ошибку при определении по таблицам общего объема бревен лишь на 8,7%. У длинных же бревен всякие отклонения в

величине сбега влияют на фактический объем бревен значительно больше.

При средней величине сбега 0,96 см и диаметре в верхнем отрезе 20 см срединный диаметр шестиметровых бревен будет равен $20 + 0,96 \times 3 \approx 23$ см.

Изменение сбега характеризуется отклонением $\pm 0,38$ см. Соответственно этому диаметры шестиметровых бревен средней толщины на половине их длины будут следующими: $23 \pm 0,38 \times 3 = 23 \pm 1,14$ см.

Следовательно, отклонение от величины срединного диаметра бревна составляет

$$\delta_d = \pm \frac{1,14 \times 100}{23} = \pm 5\% .$$

Ошибка в определении диаметра приводит к удвоенной ошибке в определении площади круга. При учете бревен срединных сечений бревен, т.е. $\pm 10\%$. Простая формула срединного сечения дает такую же относительную ошибку в определении объема бревна.

С увеличением толщины бревен ошибки в объемах уменьшаются, с увеличением длины возрастают, с уменьшением длины падают.

При составлении таблиц объемов обмеряют бревна, имеющие разный сбеги. При обработке результатов обмера сильный сбеги бревен компенсируется малым. В результате оказывается, что среднеарифметические объемы, содержащиеся в таблицах объемов бревен, соответствуют их среднему сбегу. Поэтому объем бревен, имеющих средний сбеги, будет определяться по таблицам наиболее точно.

Таблицы для определения объемов бревен по срединным диаметрам дают возможность в известной мере учитывать особенности сбега отдельных бревен. Из двух бревен, имеющих одинаковые диаметры в верхнем отрезе, но разный сбеги, срединный диаметр окажется большим у бревна с большим сбегом. Соответственно этому фактический объем у более сбежистого бревна также будет больше, чем у малосбежистого.

При пользовании таблицами для определения объемов бревен по диаметрам в верхнем отрезе различие в сбеге учесть нельзя: бревна с разным сбегом, но одинаковыми диаметрами в верхнем отрезе будут одинаковыми по объему.

Наибольшие отклонения в сбеге по сравнению с бревнами, для которых составлены таблицы, будут иметь малосбежистые и сильносбежистые бревна, поэтому при определении объемов таких бревен по

таблицам получатся наибольшие ошибки. Объемы сильносбежистых бревен таблицы преуменьшают, а малосбежистых – преувеличивают. С увеличением длины бревен в обоих случаях расхождение фактических объемов с табличными увеличивается.

При приемке больших партий бревен, среди которых есть малосбежистые, сильносбежистые и со средним сбегом, таблицы, по которым объемы определяют по длине и верхнему отрезку, дают удовлетворительные результаты: преуменьшение объемов одних бревен перекрывается преувеличением других и в среднем получается объем, близкий к действительному.

Для таксации бревен в прошлом применялись таблицы объемов бревен Арнольда, Тура, Турского, Рудзкого, Климашевского, Орлова и др.

Более обширный фактический материал был использован при составлении таблицы объемов бревен для разных пород под руководством лесничего А. А. Крюденера. Для сосновых и еловых бревен составлены таблицы по отдельным разрядам сбега и особые таблицы для комлевых и некомлевых бревен. В результате всестороннего изучения вопроса о таксации бревен Крюденер пришел к выводу, что для определения объемов бревен всех пород пригодна таблица объема бревен, составленная им для еловых комлевых бревен по одному среднему сбегу. В этой таблице для диаметров в верхнем отрезе через каждую четверть вершка (1,12 см) и для длины через каждый аршин (0,711 м) ствола даны объемы в кубических футах.

Таблицы объемов бревен были составлены Крюденером на основе его же таблиц объемов и сбега стволов, определяющих диаметры стволов от комля к вершине через каждые 2 аршина длины стволов.

При составлении таблиц объемов бревен стволы разных размеров он условно делил на отдельные бревна и применительно к диаметрам в разных сечениях находил их объемы. Для бревен, имеющих одинаковые длину и диаметр в верхнем отрезе, но полученных из разных стволов, находили среднеарифметические объемы. Среднеарифметические объемы бревен и их диаметры в верхнем отрезе для бревен одной длины наносили на график, и получались кривые объемов для каждой ступени длины бревен. При окончательном определении объемов кривые выравнивали.

Таблицы объемов бревен Крюденера были переведены в 1926 г. проф. Г. М. Турским в метрические меры и с тех пор стали называться таблицами Крюденера – Турского.

Проверка таблиц объемов бревен

В 1928 г. Госплану СССР было предложено разработать и ввести в действие таблицы объемов бревен, обязательные для применения при отпуске и продаже леса на всей территории СССР. С этой целью Наркомзем РСФСР' предпринял проверку существующих таблиц объемов бревен.

В результате опытных работ было установлено, что отклонения действительных объемов от найденных по таблицам достигают в отдельных случаях $\pm 30\%$. Таблицы объемов цилиндров при таксации бревен по срединному диаметру дают несколько меньшие отклонения: от $+18$ до -27% . При пользовании этими таблицами длина бревен на величину отклонений объемов влияет незначительно. Отклонение табличных объемов, найденных по верхнему диаметру, для бревен длиной $8,5$ м увеличивается по сравнению с данными для бревен длиной $6,5$ м на $\pm 3\%$. У 33% обмеренных бревен отклонения объемов, найденных по таблицам цилиндра, от истинных не превышают $\pm 1,5\%$, для 90% бревен они колеблются от $+4,5$ до $-7,5\%$.

При определении объемов по простой формуле срединного сечения, т. е. по таблице объемов цилиндров, объемы в среднем оказываются преуменьшенными на 1% .

Таблицы Крюденера-Турского преувеличивают объемы сосновых бревен, длиной $6,5$ м в среднем на $1,45\%$, а объемы бревен длиной $8,5$ м – на $3,34\%$. Объемы еловых бревен длиной $6,5$ м они преуменьшают на $1,16\%$.

При таксации сосновых и еловых бревен длиной $6,5$ м по таблицам Крюденера-Турского в 90 случаях из 100 величина ошибок не превышает $\pm 15\%$, а для бревен длиной $8,5$ м она колеблется от $+18$ до -12% .

Вследствие различий в сбегах отдельных бревен самые совершенные объемные таблицы, требующие измерения диаметра бревен в одном сечении, неизбежно будут давать ошибки в объемах. Величина этих ошибок зависит от величины сбегов отдельных бревен.

Таблицы Крюденера-Турского применялись в качестве общесоюзного стандарта (ОСТ4542). В 1944г. акад. Н.П. Анучиным они были выровнены, дополнены объемами сортиментов недостающих размеров и утверждены как ГОСТ 2708-44.

Проверка показала, что таблицы объемов бревен (ГОСТ 2708-44) дает удовлетворительные результаты для сортиментов, заготовли-

ваемых из комлевых и срединных частей ствола, но преуменьшают объемы вершинных лесоматериалов в среднем на – 26%. В связи с этим акад. Н.П. Анучиным составлены таблицы объемов вершинных лесоматериалов, как дополнение к действующему ГОСТ 2708-44 [3, 46].

К категории вершинных следует относить лесоматериалы, имеющие на 1 пог. м длины сортимента сбеги не менее 1 см и много сучков и утолщений (наплывов) вокруг них, что придает им своеобразную узловатость и неправильную геометрическую форму. Почти всегда из-за большого числа сучков они относятся к низшим сортам.

Во время раскряжевки хлыстов на сортименты из вершинных частей следует наносить специальные знаки. Это налагает на лесозаготовителей ответственность за правильное отнесение сортимента к категории вершинных, так же как и за правильное определение сорта лесоматериалов.

Обмер круглого леса

Длину хвойного круглого леса принято учитывать с точностью до 0,5 м. Доли меньше 0,5 м при обмере в расчет не принимаются. Длину лиственных кряжей (пиловочных, фанерных, спичечных и др.) учитывают с точностью до 0,1 м. Для измерения длины круглого леса применяют шесты, рулетки и резе складные метры.

На лесных складах бревна или кряжи одинаковой длины обычно укладывают в отдельные штабеля. При укладке штабелей необходимо следить за тем, чтобы торцы отдельных отрезков с тыловой стороны штабеля находились по возможности в одной плоскости, т. е. не выдавались вперед или внутрь штабеля. Такая тщательная укладка дает возможность при приемках измерить длину 1–2 бревен и результаты этого измерения распространить на все бревна или кряжи, уложенные в штабель. Однако государственные общесоюзные стандарты на круглые сортименты требуют обязательной проверки длины каждого бревна или кряжа, и лишь по соглашению между приемщиком и сдачиком в отдельных случаях разрешается обмерять длину только части бревен.

При сплаве леса торцы бревен нередко разбиваются о камни, а при хранении на складах растрескиваются. Полученные из таких бревен доски, брусья и другие материалы приходится торцевать, отпиливать поврежденные концы. Чтобы после оторцовки доски имели полную стандартную длину, устанавливают припуски к длине бревен.

Припуск в среднем составляет около 1 % длины бревна. Для пиловочных и строительных бревен хвойных пород установлен припуск 3 см.

При определении толщины круглого леса форму торца принимают за круг, у которого измеряют диаметр. В действительности поперечное сечение ствола, как было сказано выше, отличается от круга, и поэтому при установлении толщины бревна или кряжа измеряют в торце наибольший и наименьший поперечники и из полученных величин выводят среднее, которое называют средним диаметром.

Диаметры круглых сортиментов очень редко бывают равны целому числу сантиметров. Дробные диаметры нужно округлять до целых: если для учета толщины круглых сортиментов принята градация 1 см, доли сантиметра меньше 0,5 см отбрасывают, доли 0,5 см и больше принимают за целый сантиметр.

Стандарты на пиловочные и строительные бревна предусматривают округление диаметров до четных сантиметров: нечетные целые сантиметры увеличивают до ближайших четных, а все доли сантиметра в расчет не принимают.

Согласно учению о погрешностях измерений из-за округления диаметров до целых ступеней толщины у большей части бревен при определении диаметра допускается ошибка, равная в среднем $\frac{1}{3}$ величины ступени. При ступенях толщины 1 см ошибка составляет 0,3 см, а при учете диаметров в четных сантиметрах 0,6 см. Если среднюю толщину бревен принять 20 см, эти ошибки соответственно составят 1,5 и 3% от величины диаметра.

Ошибки в диаметре влекут за собой удвоенную ошибку в объеме. Отсюда при округлении диаметров до целых сантиметров ошибка в объеме будет равна $\pm 3\%$, а при учете диаметров в четных сантиметрах $\pm 6\%$. Однако при массовом учете бревен эти ошибки будут иметь положительный и отрицательный знаки и в результате взаимно уничтожатся. Поэтому стандарты на пиловочные и строительные бревна для партий бревен не менее 100 шт. допускают обмер только одного диаметра но при условии, что у всех бревен он будет обмеряться в одном направлении. Бревна, уложенные в штабеля, лучше измерять в направлении, образующем с горизонтальной плоскостью угол примерно 45° .

При обмере бревен толщину коры не учитывают. Если верхний отрез бревна сделан на сучьях, имеющих наплывы его обмеряют несколько отступя от места утолщения к комлю Диаметр в этом случае измеряют мерной вилкой.

При сдаче-приемке леса обычно возникает вопрос, куда отнести размер, стоящий на грани двух смежных ступеней толщины. При учете бревен в четных сантиметрах отнесение бревен, имеющих диаметры, равные нечетному числу сантиметров в высшую четную ступень приводит к преувеличению объема. При средней толщине бревен 20 см увеличение диаметра на 1 см вызывает ошибку в объеме в среднем на 10%.

В связи с этим возникает вопрос, как часто в пределах двухсантиметровой ступени толщины встречаются бревна диаметр которых точно равен нечетному числу сантиметров.

Каждая такая ступень толщины содержит 20 ступеней дробностью 1 мм. Следовательно, из каждых 100 бревен содержащихся в двухсантиметровой ступени толщины, на одномиллиметровую ступень приходится в среднем 5 бревен. Отсюда можно принять, что в пределах этой ступени толщины на размер равный полному числу нечетных сантиметров без десятых долей также приходится 5 бревен. При округлении диаметров до высших четных сантиметров в объеме каждого из этих бревен получится ошибка в среднем 10%. Если разложить ее на все бревна, она составит 0,5%.

Такая величина ошибки получится при бревнах со средним диаметром 20 см, при более толстых бревнах она будет меньше.

Выше было отмечено, что припуск по длине круглых сортиментов в среднем составляет 1% длины, а по объему 0,8%. Последняя величина, не включаемая при приемке в кубатуру бревен, с излишком компенсирует преувеличение объемов от округления нечетных диаметров до высших четных размеров.

При приемке бревен их длину, толщину и сорт отмечают на верхнем торце мелком, краской, номераторными или маркировочными молотками. Обмер и учет бревен производят вдвоем: мерщик обмеряет мерной скобой диаметры бревен в верхнем отрезе, а счетчик записывает их в учетную ведомость, примерная форма которой приведена ниже.

Объемы сортиментов, указываемые в учетной ведомости, находят по таблицам объемов бревен (табл. 59).

Поштучный обмер бревен осложняет механизацию погрузочных и транспортных работ. При массовом учете лесной продукции представляют интерес весовой способ таксации и описанный ниже точечный метод определения коэффициентов полндревесности штабелей и отдельных пачек бревен.

Таблица 59

Форма учетной ведомости

Диаметр в верх- нем от- резе, см	Пиловочник				Строительное бревно				Фанерный кряж			
	длинной, м											
	5		6,5		6,5		8,5		4		6	
	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³
16												
18												
20												
и т.д.												

В зависимости от теплотворной способности, обусловливаемой объемным весом древесины, дрова делят на три группы: I – заготовленные из березы, бука, ясеня, граба, ильма, клена, дуба и лиственницы; II – из сосны и ольхи; III – из ели, кедра, пихты, осины, липы, тополя и ивы. Дрова, заготовленные из древесных пород, относящихся к одной группе, называют однородными, из пород, относящихся к разным группам – смешанными.

По влажности дрова делят на воздушносухие, полусухие и сырые. К воздушносухим относят дрова, содержащие влаги до 25/20%, к полусухим – от 25/20% до 50/33%, к сырым – более 50/33%.

ГОСТ 3243-46 устанавливает следующую стандартную длину дров: 0,25; 0,33; 0,75 и 1 м. Для углежжения допускается применять дрова длиной 1,25 м. Отклонения в длине должны быть не больше ± 2 см. С согласия потребителей возможна заготовка и сдача дров длиной, кратной перечисленным размерам.

Дрова толщиной от 3 до 14 см можно заготавливать в круглом виде, дрова толщиной от 15 до 25 см должны быть расколоты на две части, а от 26 до 40 см – примерно на четыре части. Поленья диаметром более 40 см нужно раскалывать на столько частей, чтобы наибольшая линия раскола по торцу не превышала 20 см. Количество круглых поленьев толщиной от 3 до 6 см не должно превышать 20% от общей кубатуры сдаваемой партии дров.

Дрова должны быть очищены от сучьев, их можно поставлять в коре и без коры. В новом стандарте даны технические условия на дрова [56].

Правила укладки, обмера и приемки дров

Дрова и другие мелкие сортаменты при заготовке и хранении на складах укладывают в поленницы прямоугольной формы (рис. 73). Нижний ряд поленьев кладут на продольные прокладки, концы по-

ленниц укрепляют кольями и клетками. Закреплять концы клетками можно в поленницах длиной более 10 м, причем на каждые 10 м длины поленницы должно приходиться не более одной клетки. Поленницы укладывают высотой 1; 1,5 и 2 м. Для удобства осмотра дров на лесных складах между двумя поленницами нужно оставлять проходы шириной не менее 0,8 м.

При укладке в поленницы дрова рассортировывают по длине и влажности. Лицевая (передняя) сторона поленниц должна быть выровнена. Если на складах, в вагоны и суда (при водных перевозках) укладывают дрова влажностью более 25/20%, делают надбавку на усушку и усадку — по 3 см на каждый метр высоты поленницы.

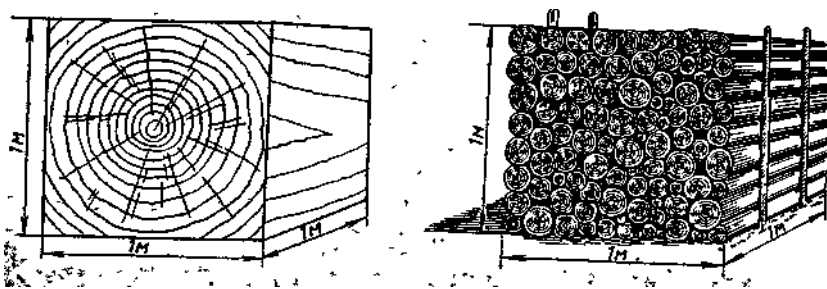


Рис. 73. Плотный (слева) и складочный (справа) кубический метр древесины

За высоту поленницы принимают среднеарифметическое трех измерений, произведенных принимающим лицом в разных местах, по выбору. При измерении высоты поленницы подкладки, а также надбавка на усушку в высоту не включаются.

При приемке дров устанавливают, к какой из указанных трех групп теплотворной способности относится принимаемая партия.

Влажность дров определяют в лаборатории путем их взвешивания. В этом случае руководствуются массой 1 пл. м³ древесины разных пород при разной их влажности.

Приемка и учет по массе в тоннах допускаются только для воздушносухих дров. При приемке дров необходимо проверять правильность их укладки. В практике лесозаготовок известны два способа укладки дров рыхлая («внакрышку») и плотная («в зажим»).

Первый способ заключается в том, что поленья, расколотые пополам на плахи, укладывают корой кверху, а стороной раскала вниз.

При этом по всей поленнице получается сеть треугольных окошечек, значительно уменьшающих ее полнодревесность. При втором способе расколотые поленья укладывают на ребро так, чтобы стороны

раскола плотно прилегали одна к другой. При такой кладке поленья как бы заклиниваются, сжимают поленницу. В промежутки между крупными поленьями кладут более тонкие.

При приемке дров торцы поленьев обрызгивают известью (краской) или ставят на них клейма, чтобы по ошибке не принять на лесосеке 2 раза одни и те же поленницы.

Объем дров длиной более 3 м определяют по таблицам объемов круглых лесоматериалов (ГОСТ 2708-75), более короткие дрова учитываются в складочных мерах с переводом в плотные.

Полнодревесность поленниц

Количество плотной древесной массы (древесины), заключенное в складочной мере, деленное на объем этой складочной меры, называется коэффициентом полнодревесности поленниц:

$$K = \frac{V_{пл.м^3}}{V_{скл.м^3}}$$

Чем правильнее форма ствола, из которого получены поленья, тем плотнее их можно уложить, а следовательно, такая поленница будет иметь более высокий коэффициент полнодревесности. Поленницы из коротких дров будут также иметь более высокий коэффициент полнодревесности.

При перепиливании длинных поленьев объем поленниц уменьшается, а коэффициент полнодревесности увеличивается. Уменьшение объема поленницы называют – упилом. При заготовке дров очень важно установить правильные нормы упила. При перепиливании 2-х метровых и 1-м обрезков пополам коэффициент полнодревесности увеличивается в среднем 3%.

Коэффициент полнодревесности поленницы зависит также от толщины уложенных в ней поленьев: чем толще поленья, тем он больше и наоборот. Если расколоть поленья и снова их сложить, объем поленницы увеличится, а коэффициент полнодревесности уменьшится. Разность между полученным и прежним объемом называется приколом. Чем толще поленья и чем мельче их раскалывают, тем больше прикол. В практике пользуются приблизительной средней нормой прикола 5%. Такой прикол обычно бывает при раскалывании поленьев пополам; при более мелком раскалывании прикол возрастает до 10%.

Дрова надо обязательно раскалывать, так как в таком виде они лучше просыхают и сохраняют свои качества. Например, оставленные в коре нерасколотые березовые дрова быстро портятся: сначала на них появляется гниль, по окраске похожая на расцветку мрамора, которая с течением времени переходит в мягкую гниль, вызывающую трухлявость древесины.

При помощи коэффициента полндревесности можно перевести объем, вычисленный в плотных кубометрах, в складочные меры. Для этого нужно количество древесины в плотных кубометрах разделить на коэффициент полндревесности. Для перевода объема поленниц из складочных кубических метров в плотные нужно умножить объем в складочных кубических метрах на коэффициент полндревесности.

При вычислении объема можно также пользоваться переводными коэффициентами. Если принять, что 1 *скл. м³* дров составляет 0,7 плотного кубометра, то 1 *пл. м³* содержит 1,43 *скл. м³*. В данном случае переводным коэффициентом является 1,43. При переводе складочных мер в плотные надо количество дров, выраженное в кубометрах, разделить на 1,43, а при переводе плотной массы в складочные меры нужно кубатуру плотной массы умножить на 1,43. В ГОСТ 3243-46 на дрова содержатся коэффициенты полндревесности для перевода складочных мер дров в плотные, которые приведены в табл. 60.

Примечания:

1. Когда производят массовый учет дров (если кубатура их больше 1000 *скл. м³*), при средней длине поленьев 1 м для хвойных дров принимается коэффициент полндревесности 0,7, для лиственных – 0,68.

2. Для определения полндревесности поленниц с кривыми и суковатыми поленьями коэффициенты таблицы уменьшают для кругляка на 0,07, для колотых дров – на 0,04. Кривыми и суковатыми считают дрова, в которых имеется больше 25% кривых и суковатых поленьев.

Данные табл. 60 подтверждают ранее сделанные выводы о том, что коэффициенты полндревесности с увеличением толщины поленьев увеличиваются, а с увеличением длины уменьшаются. Коэффициенты полндревесности колотых дров меньше, чем круглых. У дров хвойных пород, которые имеют более правильную форму ствола, чем лиственные породы, коэффициенты полндревесности больше.

При пользовании табл. 60 требуется, кроме длины поленьев, определить их среднюю толщину. Ее устанавливают глазомерно, иногда

делают пробный обмер нескольких поленьев и из них выводят среднюю толщину.

Таблица 60.

Коэффициент полндревесности для перевода складочных мер дров в плотные (по ГОСТ 3243-46)

Порода	Форма поленьев	Коэффициенты полндревесности при длине поленьев, м					
		0,25	0,33	0,5	0,75	1,0	1,25
Тонкие (толщина 3 – 10 см)							
Хвойные	круглые	0,85	0,80	0,75	0,71	0,69	0,68
Листвен- ные		0,73	0,69	0,66	0,64	0,63	0,62
Средние (толщина 11 – 15 см)							
Хвойные	колотые	0,83	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71
	круглые	0,88	0,84	0,79	0,75	0,73	0,72
Листвен- ные	колотые	0,78	0,75	0,72	0,70	0,69	0,68
	круглые	0,80	0,77	0,74	0,71	0,70	0,68
Толстые (толщина > – 15 см)							
Хвойные	колотые	0,82	0,80	0,78	0,75	0,74	0,73
Листвен- ные		0,80	0,78	0,75	0,73	0,72	0,71

При пользовании на практике стандартной таблицей переводных коэффициентов могут возникнуть разногласия, касающиеся плотности и тщательности кладки. В таких случаях коэффициенты полндревесности проверяют путем пробного учета.

Для этого на поленнице вычерчивают прямоугольник длиной 8 м. Измеряют длину диагонали (Д) и сумму всех торцов (Т) с точностью до 1 см. Коэффициент полндревесности равен:

$$K_{II} = \frac{T}{D}$$

Если найденный коэффициент окажется равным или несколько больше табличного, то это свидетельствует от это свидетельствует о хорошей кладке, если меньше – значит кладка плохая, рыхлая.

При закладке пробы на полндревесность для ускорения работы можно измерять на диагонали, прочерченной по торцевой стороне поленницы, не отрезки на торцах поленьев, а пустоты между этими поленьями. Сумма протяжений этих пустот, разделенная на общую длину диагонали, будет выражать ту часть, которая приходится на воз-

душные прослойки между поленьями. Вычтя величину этой части из единицы, получим коэффициент полндревесности поленницы.

Если длина намеченного прямоугольника занимает все протяжение между двумя соседними клетками, но диагональ пересекает менее 60 торцов поленьев, то в следующей поленнице необходимо наметить дополнительный пробный прямоугольник и по его диагонали измерить пересекаемые торцы поленьев. Сумму протяжений пересекаемых торцов поленьев для обеих диагоналей делят на сумму длин этих диагоналей.

При плотности кладки, не соответствующей приведенным в табл. 60. коэффициентам полндревесности, необходимо переложить поленницу или произвести перерасчет ее кубатуры, умножив объем, полученный при обмере, на частное от деления фактического коэффициента полндревесности кладки на коэффициент полндревесности, указанный в стандарте на дрова,

В складочных мерах учитывают также рудничную стойку, балансы и другие мелкие сортименты.

Рудничную стойку во время ее заготовки или позже подвергают топорной окорке, во время которой все сучки и наплывы обычно срубуют заподлицо. Поэтому поленницы, сложенные из рудничной стойки, более плотные и имеют более высокий коэффициент полндревесности.

На заготовку балансов (сырья для выработки бумаги) используют части стволов более правильной формы, хорошо очищенные от сучьев. Кроме того, после заготовки их подвергают чистой окорке с полным удалением луба. Такие поленья укладывают в поленницы плотнее, чем дрова и рудничную стойку. Поэтому коэффициент полндревесности окоренных балансов еще более высокий.

На экспорт балансы поставляют с корой. Коэффициент полндревесности балансов определяют в зависимости от породы (хвойные, лиственные), толщины и длины балансов.

Американские таксаторы Брус и Шумахер отмечают, что из-за большого количества сучков и разной расколки наиболее изменчивы коэффициенты полндревесности дровяных поленниц. Коэффициенты полндревесности балансов более постоянны, так как их заготавливают из срединной и комлевой частей ствола, имеющих более правильную форму, и редко раскалывают.

Для определения коэффициента полндревесности поленниц из неокоренных балансов Шумахер предложил следующую формулу:

$$K = 0,84 - 0,04N,$$

где N — среднее число бревен, торцы которых вписывают в 1 кв. фут ($0,0929 \text{ м}^2$) торцовой стороны поленницы.

При учете в метрических мерах формулу Шумахера можно несколько изменить, придав ей следующий вид:

$$K = 0,84 - 0,01N',$$

где N' — среднее число бревен, торцы которых вписываются в площадь $61 \times 61 \text{ см}$ ($0,372 \text{ м}^2$).

В ГОСТ 354-41 на кряжи и чураки для спичечного производства для штабелей чураков длиной от 0,61 до 0,81 м принят коэффициент полндревесности 0,75, для штабелей кряжей длиной от 1,25 до 2 л – 0,73.

Лесоматериалы длиной 2 м и менее обмеривают в складочной мере без учета коры.

ГОСТ 2292-49 установлены коэффициенты полндревесности для перевода складочных мер в плотные (без учета коры) при нормальной укладке лесоматериалов в штабеля (табл. 61).

Американские исследователи Е. В. Чемберлен и Н. А. Майер для определения процента объема коры P предложили следующую формулу:

$$P = 80 \left(1 - K^2 \right),$$

где K — отношение диаметра лесоматериалов без коры к диаметру в коре.

Таблица 61

Коэффициент полндревесности для перевода складочных мер лесоматериалов в плотные (без учета коры) по ГОСТ 2292-49

Порода	Коэффициент полндревесности штабелей лесоматериалов		
	в коре	грубокоренных	без коры
Лесоматериалы длиной до 1 м			
Ель, пихта	0,71	–	–
Сосна	0,69	0,76	0,78
Лиственница	0,67	–	–
Береза и осина	0,70	–	–
Липа	0,67	–	0,79

Окончание табл.61

Лесоматериалы длиной от 1 до 2 м			
Ель, пихта	0,69	–	–

Сосна	0,67	0,74	0,76
Лиственница	0,65	–	–
Береза и осина	0,68	–	–
Липа	0,66	–	0,77

Для определения коэффициента K надо у 20 – 30 поленьев измерить диаметры без коры и диаметры в коре, затем сумму диаметров без коры $\sum d_{б/к}$ разделить на сумму диаметров в коре $\sum d_{в/к}$. В итоге получаем искомый коэффициент

$$K = \frac{\sum \bar{b}/к}{\sum \bar{в}/к}.$$

По данным этих исследователей, коэффициент K изменяется от 0,85 до 0,95. Наименьший коэффициент имеют породы с толстой корой (каштан, дуб и др.), наибольший – с тонкой (бук, ель).

При разных значениях коэффициента K объем коры P будет равен, %:

K	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
P	22,20	20,80	19,40	18,00	16,60	15,20	13,80	12,30	10,80	9,30	7,80

Способ определения объема коры, предложенный Чемберленом и Майером, целесообразно применять при учете неокоренных балансов и рудничной стойки.

В Чехословакии полнодревесность полениц исследовал З. Обалил, определивший при помощи ксилметра коэффициенты полнодревесности 615 однометровых бревен чисто окоренных хвойных балансов и 697 полениц хвойных и лиственных дров в коре. Таким образом, названным автором был проделан огромный, тщательно выполненный эксперимент. Для окоренных хорошо обработанных балансов он получил следующие результаты:

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Толщина балансов, см										
Коэффициенты полнодревесности (в сотых долях единицы):	76	77	78	78	79	80	80	80	80	81

ель – пихта

– – – – – 75 76 77 78 78
сосна

С увеличением толщины чураков коэффициенты полндревесности возрастают. У ели и пихты коэффициенты полндревесности выше, чем у сосны. Для дров (круглых – неколотых) Обалил установил следующие коэффициенты полндревесности:

Толщина поленьев, см	7	8	9	10	11	12	13	14
Коэффициенты полндревесности (в сотых долях единицы):								
хвойные	70	71	72	73	74	74	75	75
лиственные	62	64	66	68	70	72	73	74

Коэффициенты полндревесности дров, заготавливаемых из сучковатых, неровных частей ствола, оказались более низкими, чем у балансов. Их изменение в зависимости от толщины и древесных пород имеет тот же характер, что и у балансов.

Для гладких колотых дров Обалил получил следующие коэффициенты полндревесности:

Толщина поленьев, см	16	18	20	22	24	26	28	30
Коэффициенты полндревесности (в сотых долях единицы):								
хвойные	71	71	72	72	73	74	74	75
лиственные	70	71	72	73	74	75	76	76

У колотых дров хвойных и лиственных пород коэффициенты полндревесности близки между собой; с увеличением толщины поленьев они возрастают.

Коэффициенты полндревесности, полученные Обалилом, очень близки к тем коэффициентам, которые установил Ф. Баур свыше 90 лет тому назад в Германии, измерив 8418 полениц. Это совпадение позволяет заключить, что полученные величины являются надежными нормативами для учета мелких сортиментов в складочных мерах.

Профессор М. Продан описывает точечный метод определения полндревесности поленниц. Торцовую сторону поленницы фотографируют, на полученный фотоснимок накладывают сетку точек, нанесенных на просвечивающуюся полиэтиленовую пленку. По всему полю пленки точки размещены правильными рядами с одинаковым расстоянием друг от друга.

Количество точек, оказавшихся на торцовых срезах поленьев, надо разделить на общее число точек, покрывающих всю фотографию. В итоге получаем коэффициент полндревесности.

На рис. 74, заимствованном из книги проф. М. Продана, на долю торцовых срезов падает 695 точек, а общее их число равно 810.

Отсюда коэффициент полндревесности поленницы равен $K = 695:810 = 0,858$.

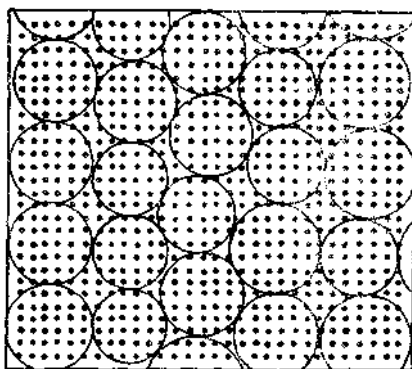


Рис.74. Точечная сетка для определения полндревесности поленниц

Точечный метод определения полндревесности поленниц и штабелей бревен в нашей стране может получить практическое применение на крупных механизированных складах и при учете древесины на железнодорожных платформах, пакетах и т. д.

В складочной мере учитывают также хворост. Из-за неправильности формы хворост не удается плотно уложить в поленницы, поэтому он имеет низкие коэффициенты полндревесности. Для толстого хвороста (диаметром 6 см) коэффициент полндревесности будет 0,4, для тонкого (диаметром 3 см) – 0,2.

Таким образом, наибольший коэффициент полндревесности имеют окоренные балансы, меньший – рудничная стойка, еще меньший – дрова и наименьший – хворост и мелкие ветки.

Пиломатериалы делятся на пластины, четвертины, брусья, бруски, доски, шпалы и горбыли (рис. 75).

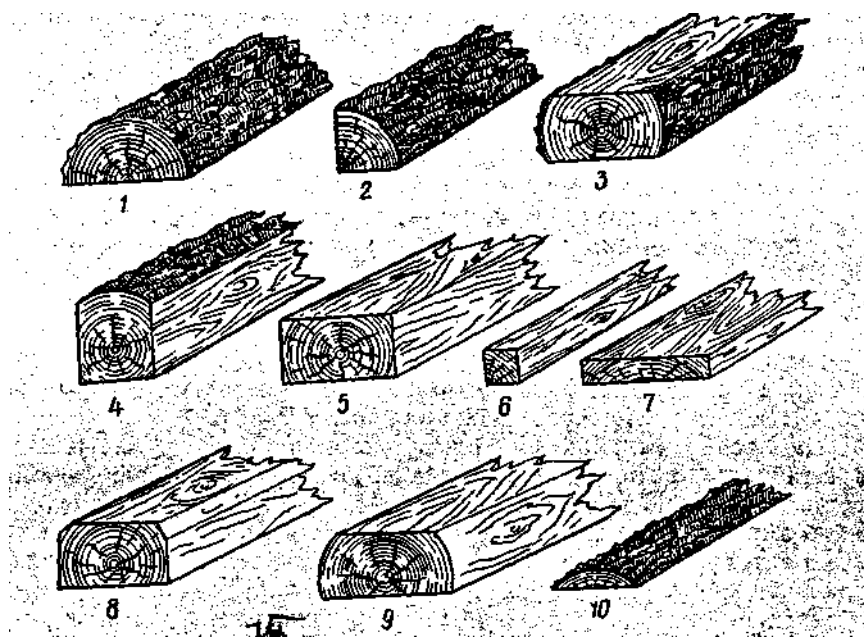


Рис. 75. Основные виды пиломатериалов:

1 – пластина; 2 – четвертина; 3 – брус двухкантный; 4 – брус трехкантный; 5 – брус четырехкантный; 6 – брусок; 7 – доска; 8 и 9 – шпалы; 10 – горбыль

Пластины получают при распиловке бревна по продольной оси на две симметричные части, четвертины – при распиловке каждой пластины на две симметричные части по продольной оси.

Брусьями называют пиломатериалы толщиной и шириной более 10 см. Соответственно числу пропиленных сторон различают двух-, трех- и четырехкантные брусья, по форме поперечного сечения – остро- и тупокантные.

Бруски представляют собой также пиломатериалы, толщина которых не превышает 10 см, а ширина – двойной их толщины.

К доскам относят пиломатериалы, толщина которых также более 10 см, но ширина в 2 раза и более превышает толщину.

Широкие стороны досок и брусков называют пластями, узкие – кромками, линии пересечения пластей с кромками – ребрами.

Кромки у пиломатериалов могут быть не пропилены, либо пропилены по всей длине или части длины перпендикулярно обеим пластям. В соответствии с этим пиломатериалы разделяют на обрезные, у которых все стороны пропилены по всей длине или не менее

чем на половину длины, и необрезные, у которых кромки совершенно не пропилены или пропилены менее чем на половину длины. Пиломатериалы, имеющие форму геометрически правильного параллелепипеда, называются чистообрезными.

Остатки округленной боковой поверхности бревен на кромках пиломатериалов называют обзолами. С пластями досок обзолы могут сходиться под тупым углом (тупые обзолы) и острым углом (острые обзолы).

Шпалы представляют собой особый вид пиломатериалов, имеющий крупное поперечное сечение, и служат для укладки под рельсы железных дорог.

Шпалы разделяют на две основные категории: обрезные (А), необрезные (Б). Необрезные шпалы выпиливают только по одной из шпального отрезка, а обрезные по две и более. Из середины толстых кряжей выпиливают доску, в которую отходит сердцевина ствола. По форме и размерам поперечных сечений шпалы делятся на типы.

Шпалы в зависимости от назначения изготавливают трех типов: I – для главных путей, II – для станционных и подъездных путей, III – для подъездных путей промышленных предприятий.

Горбылями называют срезанную наружную часть бревна, у которой другая поверхность остается необработанной.

Выпиливаемые из твердых лиственных пород мелкие дощечки, используемые для настила полов, называются паркетом. Паркет учитывается в квадратных метрах.

На лесных складах и биржах пиломатериалы укладывают в штабеля. На больших складах и биржах доски различной длины, ширины и толщины укладывают в разные штабеля. Каждому штабелю присваивают отдельный номер и в учетных ведомостях записывают число досок в штабеле. Такой порядок сортировки и укладки досок облегчает их учет и все складские операции, связанные с реализацией пиломатериалов [48, 49, 50].

Шпалы учитывают поштучно, иногда – по объему. При сдачах-приемках шпал необходимо определить их тип при помощи трафаретов, размеры и форма которых соответствуют сечениям, установленным для каждого типа. При приемке только что заготовленных шпал необходимо давать припуски на усушку не менее 5 мм сверх установленного размера.

Шпалы при сдаче на складах должны быть уложены в штабеля на подкладках и так, чтобы можно было осмотреть все шпалы с обеих

торцов и отсортировать по породам и типам. Штабеля надо укладывать в сухих местах, расположенных на возвышенностях, вдали от старых лесных материалов, строительного мусора и пр. Зимой их нужно предварительно очистить от снега, летом – скосить траву. Расстояние между штабелями должно быть 1 м с разрывом через каждые пять рядов 4 м. Площадки, на которых уложены шпалы, должны быть удобны для погрузки.

Определение объема пиломатериалов

Определить объем пиломатериалов гораздо легче, чем круглых лесоматериалов. Пиломатериалы чаще всего имеют геометрически правильную форму, поэтому объем их может быть найден путем умножения длины на толщину и ширину:

$$V = stL,$$

где s – ширина пиломатериалов, см; t – толщина, мм; L – длина, м.

На практике в каждом случае проделывать подобные вычисления сложно, поэтому составлены таблицы, в которых даны объемы пиломатериалов разной длины, толщины и ширины. Таблицы для определения объема пиломатериалов утверждены в качестве стандарта [53].

Преимущество таблиц объемов пиломатериалов перед таблицами объемов бревен заключается в том, что по ним можно найти с некоторыми дополнительными вычислениями объемы пиломатериалов, имеющих размеры, не указанные в таблице. Если требуется, например, определить объем досок длиной 3 м, то достаточно из объема досок длиной 7 м вычесть объем досок длиной 4 м или увеличить в 3 раза объем досок длиной 1 м. Для сокращения счетных работ применяются вспомогательные таблицы, в которых показано, сколько досок разных размеров содержится в 1 м^3 .

Для пиломатериалов устанавливается припуск на усушку по их ширине и толщине, что необходимо учитывать при приемке. Величина этого припуска колеблется от 2,5 до 7 %, причем с увеличением ширины и толщины пиломатериалов припуск уменьшается.

Величина припуска в расчет кубатуры пиломатериалов не входит. Например, доски, имеющие фактическую ширину 205 мм, считаются шириной 200 мм. Разница 5 мм в данном случае и есть припуск на усушку.

Единицей учета экспортных пиломатериалов является ленинградский стандарт, равный 165 куб. футов, что в метрических мерах составляет $4,672 \text{ м}^3$. Ленинградский стандарт как единица измерения

применяется во всей европейской торговле пиломатериалами, за исключением стран средиземноморского бассейна, в котором пиломатериалы учитывают в метрических мерах.

При определении кубатуры необрезных досок ширину их надо измерять на середине длины. Так как ширина необрезных досок на правой и левой сторонах может быть неодинаковой, то при обмере их надо брать среднее между шириной обеих сторон.

Объем необрезных досок определяют по их длине, ширине и толщине при помощи тех же таблиц, что и для чистообрезных пиломатериалов.

У острокантных брусьев поперечное сечение квадратное или прямоугольное, поэтому площадь его находят путем решения простой геометрической задачи. Тупокантные брусья в поперечном сечении не имеют вершин углов, поэтому площадь таких поперечных сечений оказывается меньше соответствующего квадрата или прямоугольника.

Для определения поперечного сечения тупокантного бруса надо его толщину a умножить на ширину b и из полученного произведения вычесть площадь недостающих четырех прямоугольных равнобедренных треугольников, у которых одна сторона l является гипотенузой. Площадь этих треугольников в сумме равна l^2 . Формула для определения площади поперечного сечения тупокантного бруса следующая:

$$\gamma = ab - l^2 .$$

Объем тупокантного бруса будет равен

$$V = (ab - l^2)L .$$

При определении объема тупокантного бруса по этой формуле поперечное сечение берется на середине бруса.

Объем острокантного бруса может быть найден по обычным объемным таблицам пиломатериалов или по формуле.

Величину l^2 надо выражать в процентах от поперечного сечения острокантного бруса

$$p = \frac{100l^2}{ab}$$

В этом случае при нахождении объемов тупокантных брусьев в зависимости от величины недостающих углов с табличных объемов надо сделать соответствующую скидку в процентах.

Если у брусьев величина l (обзол) составляет более $1/5$ их толщины a , то площадь сечения находят по формуле

$$\gamma = \frac{u^2}{4\pi} \approx \frac{u^2}{13},$$

где u – периметр сечения бруса на его середине.

При определении объемов тупокантных брусьев вместо площади срединного сечения можно брать полусумму нижнего и верхнего сечений, находимых тем же способом. Преимущество этой замены состоит в том, что измерения удобнее производить в торцах, чем на середине брусьев.

Объем горбыля определяют по следующей формуле:

$$V = g_{0,4L} L,$$

где L – длина горбыля; $g_{0,4L}$ – площадь поперечного горбыля, взятая на 0,4 длины от конца горбыля.

Площадь поперечного сечения горбыля определяют по следующей формуле:

$$g = \frac{2}{3} at$$

где a – ширина горбыля; t – толщина.

Отходы и потери древесины

Выработка пиломатериалов неизбежно связана с отходами и потерями древесины. Выход пилопродукции зависит от степени рациональности распиловки, способа распиловки, размера бревен, их качества, размеров вырабатываемых пиломатериалов и многих других причин. По данным проф. А.Н. Песоцкого, при распиловке бревен толщиной 20 – 22 см на чистообрезные оторцованные доски выход пилопродукции составляет всего 61% общего объема бревен, отходы – 33% и безвозвратные потери – 6%. По отдельным видам продукции и отходов объем бревен, принятый за 100%, распределяется следующим образом (%):

Доски длиной 4 м и более	50	Дровяные горбыли и рейки.....	20
» » от 1 до 3,5 м	5	Срезы торцов.....	5
Мелкие сортименты (тарные до щечки и планки).....	6	Усушка и распыливание древесины.....	6
Опилки			
.....	11		

Выход пиломатериалов зависит от диаметра распиливаемых бревен. По исследованиям работников Ленинградской лесотехниче-

ской академии им. С.М. Кирова, из бревен разной толщины получают следующие выходы чистообрезных досок:

диаметр бревен, см	14	16	20	24	28	32	36	40	44
выход чистообрезных досок, % от объема сырья	53,1	54,8	57,6	59,4	60,6	61,5	62,3	63,1	63,9

Необходимо также иметь в виду, что пиловочные бревна заготавливают в коре, которая не входит в кубатуру и при распиловке идет в отходы. Затем следует учитывать припуск по длине, составляющий около 1% от объема бревен. Допускаемый же в бревнах припуск, как мы уже говорили, в кубатуру получаемых пиломатериалов также не входит.

При распиловке бревен на шпалы выход шпал составляет 52 – 60%, досок 8 – 15% и горбылей 7 – 15%. Из 1 м³ шпальника в среднем вырабатывают 6– 7 шпал.

Таксация колотых, тесных, строганных и лущеных лесоматериалов. Лес тесанный

Это – ванчesy, брусья, обтесываемые по сбегу.

Объем брусев определяется по формуле:

$$V=abL.$$

Ванчес – трехгранный брус, отесанный по сбегу, четвертая грань которого представляет поверхность ствола с корой. Площадь срединного поперечного сечения получается как сумма двух площадей трапеций, у которых срединные линии срединные линии a и b ; высота равна половине ширины подошвы .

Следовательно,

$$\gamma = \frac{al}{2} + \frac{bl}{2} = l\left(\frac{a+b}{2}\right) = lc$$

т. е. в конечном случае γ равна площади прямоугольника со сторонами l и c , где $c = \frac{a+b}{2}$.

Объем ванчеса определяется по формуле

$$V = l\left(\frac{a+b}{2}\right)L = lcL$$

т. е. как бруса прямоугольного сечения.

Измерения a и b проводятся посредине длины ванчеса.

Лес колотый. Он представлен следующими сортами: клепкой, лесоматериалами для колесных и санных повозок, дранью и др.

Клепка бочарная представляет собой дощечки прямоугольного сечения, получаемые путем раскалывания чураков лиственных и хвойных пород, для лучших сортов – по направлению сердцевинных лучей и годовых колец. Употребляется для выработки деревянной тары: бочек, кадок, чанов. Размеры различные. На отдельные виды клепок имеются ГОСТ. Объем клепок вычисляется на основе трех измерений: $V=abl$.

Клепка заготавливается как для внутреннего потребления, так и для экспорта. Клепка для внутреннего потребления учитывается тысячами штук. Объемы тысячи штук различны и зависят от размера клепки.

Обод колесный может быть цельногнутым, т. е. из одного выколото бруска прямоугольный или трапециевидной формы, или составной из нескольких брусков. Размеры различные. Поперечные сечения или прямоугольные, или в форме трапеции. Объем обода $V=\gamma l$. Учет поштучно или комплектами на колесо, пару колес, станами – на четыре колеса. Полезный выход составляет 20 – 25% объема кряжа.

Спицы колесные заготавливают из брусков прямоугольного сечения разных размеров по длине и поперечному сечению. Учитываются поштучно – тысячами штук. Полезный выход 50%.

Полоз санный выделывается или из тонкомерных кряжей, или из пластин и четвертин при использовании толстомерных кряжей. По форме поперечного сечения он бывает круглый, пластинный и брусковый (трапецеидальный или прямоугольный). Размеры по длине 1,8 – 2,0 м, ширина 10 – 14 см, толщина 10 – 12 см. Заготовки связываются и учитываются парами. Объем определяется по формуле $V=\gamma l$.

Дрань штукатурная и кровельная имеет равные размеры. Размеры кровельной драни: $l=1500$ мм, ширина 80 мм, толщина 10 мм. Дрань учитывается тысячами штук, объем

Размеры штукатурной драни: $l=2000$ мм, ширина 300 мм, толщина 4 мм. Объем одной тысячи $0,240$ м³, полезный выход 50%.

Лес строганный и лущеный. К этой подгруппе относится строганая и лущеная фанера, отличающаяся одна от другой технологией производства, а также шпон спичечный и аккумуляторный

Фанера строганая получается в результате строгания чураков на фанерострогальных станках и предназначается в качестве облицовочного материала для деревянных изделий и внутренней отделки помещений. Основные размеры шпона: длина 800 – 1900 мм; ширина 1500 – 1600 мм, толщина 0,55 – 1,5 мм. Учет фанеры производится в кубических и квадратных метрах.

Пачки упаковывают в пакеты по 10 – 20 пачек. Длина фанеры измеряется по первому листу пачки с точностью до 0,1 м, ширина – с точностью до 1 см по середине среднего листа пачки.

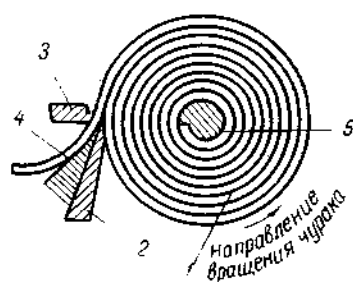


Рис. 76. Схема лущения:

1 – чурак, 2 – нож, 3 – прижимная линейка, 4 – шпон,
5 – неразлущиваемый остаток чурака – карандаш

Фанера клееная изготавливается путем склеивания трех и более листов шпона, которые располагаются так, чтобы направление волокон в смежных листах было взаимно перпендикулярным.

Лущеный шпон производится на специальных лущильных станках путем срезания с вращающегося чурака определенной толщины ленты шпона. Полученную ленту шпона разрезают на мерные листы, которые склеивают и получают фанеру клееную. Учитывается в кубических и квадратных метрах. Объем отдельного листа определяют с точностью до $0,00001 \text{ м}^3$, а объем партии – до $0,01 \text{ м}^3$. Площадь отдельного листа фанеры учитывается с точностью до $0,01 \text{ м}^2$, площадь партии листов – до $0,5 \text{ м}^2$. Результаты измерений записывают в виде дроби: в числителе объем, в знаменателе площадь листов фанеры.

Шпон аккумуляторный предназначается для изготовления сепараторов свинцовых и электрических аккумуляторов.

Высушенные листы строганого шпона укладывают по видам и сортам в пачки. Ширину фанерных листов измеряют с точностью до 1

см посередине длины среднего листа пачки, причем доли менее 0,5 см отбрасывают, а доли 0,5 см и более принимают за целый сантиметр. Длину шпона измеряют с точностью до 0,1 м; доли менее 5 см отбрасывают, а доли 5 см и более принимают за 0,1 м. Толщину шпона измеряют на расстоянии 25 см⁴ от концов листа. Учитывают шпон в квадратных метрах.

Из древесины получают также древесный уголь, используемый в металлургической промышленности, для кузнечных горнов, газогенераторов и для бытовых нужд. Выход угля составляет 50 – 60% об объема пережигаемой древесины. Насыпной кубический метр соснового угля имеет массу 135 – 145 кг, елового – 120 – 130 кг.

Широко используется также кора многих древесных пород, для дубления кожи (кора дуба), изготовления тарных материалов (березы и других пород), укупорочных материалов, теплоизоляционных плит (пробкового дуба, амурского бархата), для получения мочала (липы). Из коры некоторых древесных пород вырабатывают ценные химические вещества: деготь (кора березы) и др. Кору, намеченную к отправке по железной дороге, прессуют в кипы массой до 80 кг. Учеты ведут по массе (в тоннах). Влажность коры не должна превышать 20%.

Средний выход коры с 1 пл. м³ древесины разных пород следующий (кг):

Дуба:	32 – 40
в сыром состоянии	
в воздушносухом состоянии	20 – 24
Ели:	40 – 48
	25 – 27
в сыром состоянии	
в воздушносухом состоянии	
Березы (верхний слой — береста)	13
Липы:	
луба	45
воздушносухого мочала	26 – 32
	4
Бархата амурского	

Масса 1 пл. м³ дубовой коры в свежем состоянии 0,22 т, в воздушносухом 0,13 т, еловой коры соответственно 0,56 и 0,28 т. Масса 1 пл. м³ пробки 25 кг.

Лекция 8. Таксационные показатели насаждений. Перечислительная таксация древостоев

Лесные площади подразделяют по двум признакам: а) административно-хозяйственному и б) лесоводственно-таксационному. Для хозяйственных целей значительные площади лесов делят на административно-хозяйственные единицы – лесхозы и лесничества, а их – на кварталы различной величины и формы, ограниченные квартальными просеками или границами землепользователей.

Квартал по своему внутреннему составу не является однородным, поэтому при таксации лесов выделяются две категории площадей: покрытую лесом и не покрытую лесом [37].

Каждая из этих категорий подразделяется на однородные части – таксационные участки, или выделы. Особое значение для таксации леса имеют участки, покрытые лесом, требующие описания и характеристики по породам, возрастам, условиям местопроизрастания, полноте и т.д. и отличающиеся по этим признакам от соседних участков леса.

Такой однородный участок леса называют насаждением как совокупность древесного яруса, подроста, подлеска, живого напочвенного покрова, почвенно-грунтовых условий, типа леса и типа условий местопроизрастания.

Необходимо различать два понятия: 1) совокупность отдельных деревьев, на определенной площади рассматриваемых вне связи друг с другом и с окружающей их средой и, как правило, территориально разъединенных, например деревья, заклеянные для заготовки сортиментов в порядке выборочной рубки; 2) совокупность деревьев, представленных древостоем насаждения, тесно связанных друг с другом и окружающей их средой и взаимно влияющих друг на друга и на окружающую их среду и наоборот.

Поэтому при таксации насаждений необходимо учитывать не только сам древостой, как особую совокупность деревьев, но и другие признаки, а именно: 1) величину занимаемой насаждением площади; 2) лесорастительные условия, обуславливающие рост и развитие данного насаждения и выражаемые классами бонитетов, типами условий местопроизрастания, типами леса; 3) взаимосвязь между деревьями и средой произрастания данного насаждения и 4) закономерности в строении древостоя насаждений, облегчающие задачи таксации.

Величина участков, выделяемых при таксации лесов, обуславливается интенсивностью ведения лесного хозяйства. По лесоустроительной инструкции установлена минимальная площадь выдела, покрытого лесом, в зависимости от разряда проводимого лесоустройства, обусловленного в свою очередь экономическими условиями (табл. 38).

Таблица 38

Зависимость площади выдела от разряда лесоустройства

Разряд лесоустройства	Площадь выдела, га	
	покрытого лесом	не покрытого лесом
Ia	0,5	0,3
I	1	0,5
II	3	5
III	5	3,0
IV	20	10

Участок, выделенный внутри квартала и покрытый лесом, является первичной учетной единицей оценки товарности, запасов и прироста насаждения.

В дальнейшем изложении при анализе понятия насаждения будем подразумевать лишь совокупность деревьев, представленных древостоем при данных лесорастительных условиях местопроизрастания.

Древостой насаждения является довольно сложным объектом для таксации, поэтому приходится расчленять его на более однородные части – ярусы, а последние – на элементы леса. Понятие элемент леса предложено проф. Н.В. Третьяковым [31].

Элементами леса могут быть: 1) простые одновозрастные, однородные насаждения; 2) отдельный ярус сложного насаждения; 3) часть яруса, представленная отдельными породами. В последнем случае, по определению Н.В. Третьякова, ярус представляет органическое сочетание элементов леса, т.е. органическую составную часть насаждения. Все формы леса представляют собой органическое сочетание элементов леса.

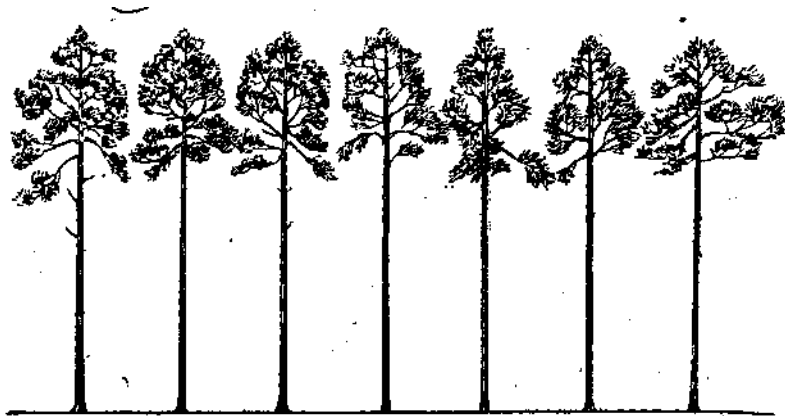


Рис. 31. Схема строения простого насаждения, представляющего собой отдельный элемент леса

Самым наглядным примером отдельного элемента леса является чистое одновозрастное однородное насаждение, занимающее площадь с однородными условиями местопроизрастания. В этом случае понятие «насаждение» оказывается аналогичным новому таксационному понятию «элемент леса» (рис. 31).

В смешанных одноярусных насаждениях элементов леса будет столько же, сколько древесных пород входит в его состав. Допустим, что таксируемое смешанное насаждение имеет состав 6С(120)4Е(110), причем обе эти породы находятся в одном ярусе. Согласно приведенной формуле состава каждая из древесных пород, входящих в это насаждение, представлена одним возрастным поколением. Соответственно этому в данном насаждении различают два элемента леса: сосну и ель (рис. 32). В этом случае понятие «элемент леса» совпадает с понятием «древесная порода».

В сложных насаждениях, где каждый ярус состоит из одной древесной породы, число элементов леса равняется числу ярусов. Так, в зоне смешанных лесов очень распространен тип насаждений, в которых верхний ярус состоит из березы, а нижний из ели (рис. 33). Применительно к учению проф. Третьякова об элементах леса такое насаждение следует считать состоящим из двух элементов: верхнего, березового, и нижнего, елового, яруса. В данном случае понятие «элемент леса» оказывается тождественным понятию «ярус насаждения».

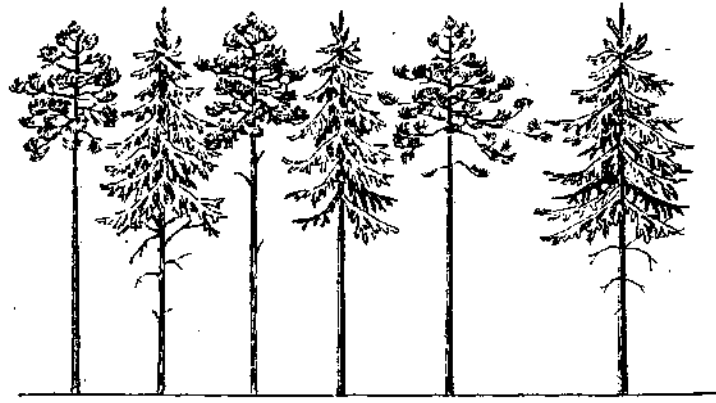


Рис. 32. Схема строения сосново-елового насаждения, состоящего из двух элементов леса

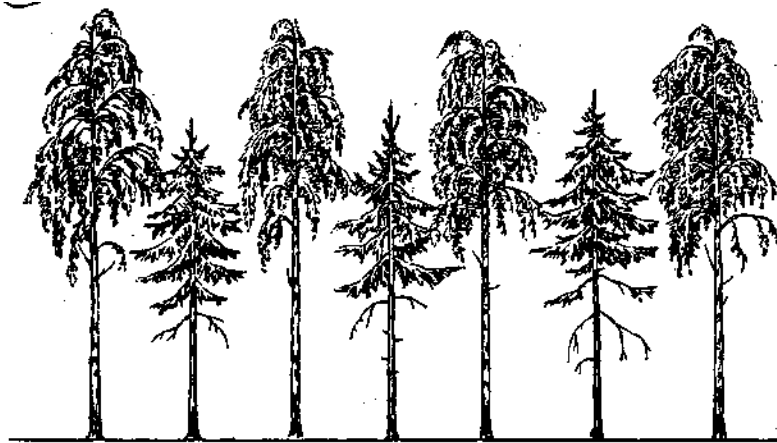


Рис. 33. Схема строения березово-елового насаждения, состоящего из двух элементов леса

Теневыносливые древесные породы (ель, пихта и др.) довольно часто образуют разновозрастные насаждения. В лесах Севера России нередко можно встретить ельники, состоящие из двух или трех поколений, например верхний ярус из ели 180 и 110 лет, нижний – из ели 60 лет (рис. 34). Такое насаждение следует считать состоящим из трех элементов леса: первый элемент – еловый древостой 180 лет, второй – еловый древостой 110 лет, третий – второй ярус из ели 60-летнего возраста. В рассмотренном случае понятие «элемент леса» совпадает с понятием «возрастное поколение леса».

Таким образом, для элемента леса можно дать следующее обобщающее определение: элементом леса называется чистое однородное разновозрастное насаждение или часть смешанного, сложного или разновозрастного насаждения, состоящая из деревь-

ев одной породы, расположенных в одном ярусе, по возрасту относящихся к одному поколению и имеющих однородные условия развития и местопроизрастания.

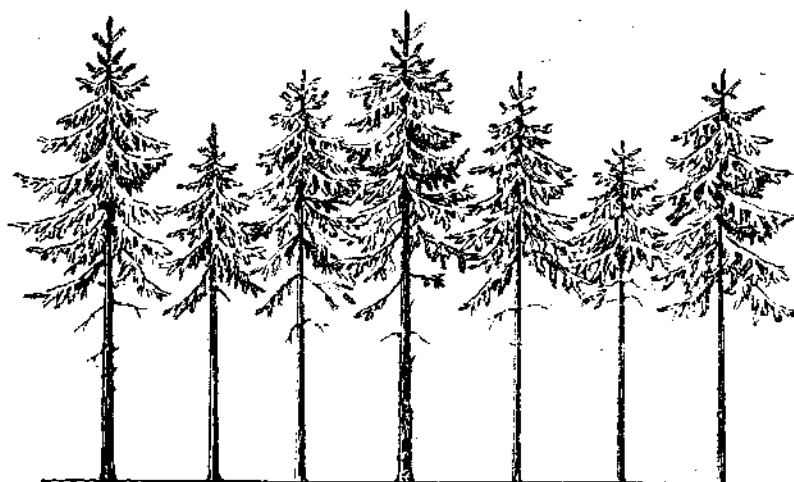


Рис. 34. Схема строения разновозрастного елового насаждения, состоящего из трех возрастных поколений, или элементов, леса

Расчленение покрытой лесом площади на отдельные участки насаждения проводится по различиям их таксационных показателей, обуславливающих таксационную характеристику насаждения, которая отражает особенности строения леса, его хозяйственное и промышленное значение.

К таксационным показателям насаждения относятся: 1) древесная порода; 2) происхождение (семенное, порослевое); 3) форма – простое насаждение, одноярусное и сложное, многоярусное; 4) состав древостоя яруса – чистый и смешанный; 5) возраст древостоя элемента леса и преобладающий возраст яруса; 6) средняя высота яруса и отдельных составных его частей; 7) средний диаметр древостоя по элементам леса; 8) класс бонитета, характеризующий добротность лесорастительных условий; 9) тип леса; 10) тип условий местопроизрастания; 11) сумма площадей сечений деревьев насаждения, общая по ярусам и породам; 12) полнота яруса и общая полнота; 13) запас древостоя элемента леса, яруса и в целом всего насаждения (в м³/га); 14) класс товарности древостоя элемента леса [3, 20].

Древесная порода с присущими ей биологическими особенностями является исходным признаком для лесоводственной, лесотаксационной и хозяйственной характеристик насаждений.

По происхождению различают естественные и искусственные насаждения (культуры) семенного и порослевого (вегетативного) происхождения. Хвойные насаждения, как правило, семенного происхождения, лиственные могут быть семенного и порослевого. Насаждения искусственного происхождения характеризуются определенным размещением на площади и одним возрастом.

Динамика роста семенных и порослевых насаждений, особенно в начальный период роста, резко различна, прирост в высоту отдельных порослевых насаждений в первые годы достигает свыше 1 м, тогда как для хвойных он значительно ниже.

Технические свойства древесины семенных насаждений выше порослевых. Фаутность порослевых насаждений, вызванная грибными заболеваниями, выше, чем у семенных насаждений. Запас приспевающих и спелых порослевых насаждений меньше, чем семенных, в молодых насаждениях наоборот.

По форме насаждения разделяют на простые и сложные. В первом случае деревья образуют один полог, или ярус, а во втором – два или несколько. При таксации необходимо выделять и тасировать каждый ярус.

Основанием для выделения второго яруса является различие в средних высотах выделяемого яруса от высоты верхнего яруса не менее 20% при полноте основного яруса не менее 0,3 и второстепенного не менее 0,2. Подрост и подлесок за ярусы не принимают. Отдельные ярусы могут быть образованы разными древесными породами различных возрастных поколений леса. Типичным представителем двухъярусного насаждения является дубово-грабовое: господствующий полог из дуба, второстепенный из граба. Выделение ярусов в составе насаждения объясняется необходимостью иметь более однородные по лесоводственно-биологическим и производственным признакам части насаждения.

По составу различают насаждения чистые, представленные одной породой, и смешанные, состоящие из двух или нескольких пород.

Древесная порода, представленная в смешанном древостое насаждения наибольшим запасом, называется преобладающей, или господствующей, в противоположность подчиненной, представленной наименьшей долей запаса. Доля участия отдельных пород в общем запасе древостоя насаждения выражается формулой, в которой начальными буквами указывается название породы, при этом участие каждой из них в общем запасе выражается в десятых долях единицы. Так,

формула 6СЗЕ1Б означает, что в общем запасе на долю сосны приходится $\frac{6}{10}$, ели $\frac{3}{10}$ и березы $\frac{1}{10}$. Если доля участия породы в составе яруса (смешанного древостоя) меньше $\frac{1}{10}$ ее отмечают знаком ед. (8С2БедОс).

Состав каждого выделенного яруса описывается отдельно. Древесная порода, имеющая наибольшее хозяйственное значение, называется главной в отличие от второстепенной.

Единицей измерения возраста насаждений служит год, и так называемый класс возраста; продолжительность класса возраста установлена для хвойных и твердолиственных пород семенного происхождения 20 лет, для насаждений прочих пород – 10 лет. Для быстрорастущих пород (ива, осокорь, тополь и др.) классы возраста могут быть приняты 5 лет. Имеются предложения установить 10-летние классы для хвойных и твердолиственных пород.

Классы возраста обозначают римскими цифрами. Возрастом насаждения в целом считается возраст преобладающей породы основного яруса. Если деревья в насаждении имеют разницу в возрасте, не превышающую продолжительность одного класса возраста, древостой считается одновозрастным; при большей разнице – разновозрастным.

В отношении разновозрастных древостоев приходится устанавливать средний возраст пропорционально участию в запасе отдельных групп деревьев, входящих в состав данного древостоя и имеющих разную возрастную структуру. Средний возраст древостоя вычисляется по формуле

$$A_{cp} = \frac{A_1 M_1 + A_2 M_2 + \dots + A_n M_n}{M}$$

где:

$A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ – возрасты отдельных групп древостоя;

$M_1, M_2, M_3 \dots M_n$ – запасы по ступеням толщины, куб.м;

M – общий запас древостоя, куб.м.

В формуле вместо запасов можно взять суммы площадей сечений деревьев отдельных групп, т. е. $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$, в этом случае знаменателем формулы будет ΣG . Возраст дерева определяется по числу годовичных слоев у шейки корня срубленных моделей. В молодых хвойных древостоях (до 30 – 40 лет) возраст можно определить по числу ежегодно образуемых мутовок. В приспевающих и спелых древостоях придеревками возраста могут быть соотношения диаметра и высоты при данном классе бонитета.

Характеристика среды произрастания насаждения.

Классы бонитета и типы леса.

Древесные породы, произрастая в различных лесорастительных условиях, дают различную продуктивность по запасу насаждения. На рост леса оказывают влияние многочисленные факторы: почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, гидрологический режим, климатические условия, характер физико-химических и биологических процессов в почве и др.

Продуктивность насаждения при определенных условиях местопроизрастания характеризуют классами бонитета. Слово бонитет латинского происхождения, означает добротность, в данном случае добротность условий местопроизрастания. В практике лесного хозяйства установлено пять основных классов бонитета. К Ia классу относятся насаждения наивысшей продуктивности, к Va – наименьшей [1, 3].

Как показали многочисленные опыты и наблюдения, наиболее объективным и легко определяемым таксационным показателем древостоя по продуктивности является средняя высота в определенном возрасте: чем выше средняя высота, тем лучше условия местопроизрастания и выше продуктивность леса и наоборот.

В 1911 г. проф. М.М. Орловым была разработана общепониманная шкала для распределения насаждений на классы бонитета в зависимости от средней высоты, возраста и происхождения насаждений (семенного и порослевого).

Однако по исследованиям П.В. Воропанова, В.И. Левина, С.С. Шанина и др. установлено, что бонитировочная шкала М.М. Орлова наряду с простотой применения в бонитировании древостоев имеет следующие недостатки: она не дает возможности бонитировать перестойные (свыше 140 лет) и низкобонитетные древостои (ниже Va класса), а также не отражает изменения средних высот в молодняках I и II классов возраста.

Класс бонитета лесных участков, временно не занятых лесом (вырубки, гари, прогалины), устанавливается по классу бонитета смежных, покрытых лесом участков в однородных почвенно-грунтовых условиях.

Классы бонитетов, отражая продуктивность насаждения, в то же время не характеризуют лесорастительных условий. Как уже отмечалось, при одинаковой продуктивности древостоев условия местопроизрастания могут быть резко различными (II класс бонитета – С.мшистый, С. брусничный, С. черничный, т.е. различные типы леса). Поэтому в настоящее время, кроме классов бонитета, дополнительными классификационными единицами являются типы леса и типы условий местопроизрастания, которые облегчают работу таксатора по описанию лесорастительных условий и упрощают составление характеристики почвы и почвенного растительного покрова в журнале таксации.

Основоположником учения о типах леса является проф. Г.Ф. Морозов, который под этим термином понимал «совокупность насаждений, объединяемых в одну обширную группу общностью условий местопроизрастания или почвенно-грунтовых условий».

Придавая решающее значение почвенно-грунтовым условиям, он вместе с тем считал необходимым учитывать факторы, обуславливающие различную возобновляемость леса и различия в динамике развития или ходе роста насаждений. Учение Г.Ф. Морозова было подвергнуто дальнейшему развитию русскими учеными-типологами: В.Н. Сукачевым, М.Е. Ткаченко, П.С. Погребняком, И.Д. Юркевичем и др. [6, 23].

Совещание по лесной типологии при АН СССР в феврале 1950 г. дало следующее определение типам леса: «Тип леса – это участки леса, однородные по составу древесных пород, по другим ярусам растительности и фауне, по комплексу лесорастительных условий (климатических, почвенных и гидрологических), по взаимоотношениям между растениями и средой, по восстановительным процессам и по направлению смен в них, а следовательно, при одинаковых экономических условиях, требующих однородных лесохозяйственных мероприятий».

Типы леса получили название по преобладающим представителям древесной породы и травяного покрова, например сосняк-брусничник, сосняк лишайниковый, сосняк-кисличник и др.

Приведенное определение понятия тип леса отражает в основном фитоценотическое направление в лесной типологии, разработанное акад. В.Н. Сукачевым.

Тип леса – понятие географическое, поэтому для каждого географического района должны быть составлены отдельные описания типов леса для практического использования их при таксации леса.

В Беларуси применяется классификация типов леса И.Д. Юркевича и В.С. Гельтмана, согласно которой тип леса определяется по составу насаждения, почве, преобладающему живому напочвенному покрову, классу бонитета, подросту и подлеску [24].

Лесотипологическое совещание, проходившее в 1950 г., высказалось за характеристику среды произрастания леса (кроме типов леса) с указанием типа лесорастительных условий, характеризуя их как объединение участков территории, имеющих однородный лесорастительный эффект, т. е. имеющих однородный комплекс действующих на растительность природных (климатических, почвогидрологических) факторов. В пределах одного и того же типа лесорастительных условий могут быть несколько типов леса, но вместе с этим каждый тип леса имеет свой особый комплекс почвенно-грунтовых условий, поскольку они зависят от растительности.

Типы условий местопроизрастания получили освещение в работах П. С. Погребняка применительно к условиям Украинской ССР. В основу характеристики типов леса и типов условий местопроизрастания положены два фактора:

а) богатство почвы с выделением четырех групп: 1) бедные (А); 2) относительно бедные (В); 3) относительно богатые (С) и 4) богатые (Д);

б) влажность местообитания с выделением шести групп: 0 – крайне сухие; 1 – сухие; 2 – свежие; 3 – влажные; 4 – сырые и 5 – мокрые (болото).

Сочетание определенных количеств пищи и влаги по приведенной группировке (эдафическая сетка) дает цифровой и буквенный показатель, что значительно упрощает запись условий произрастания. Например, буква А₂ обозначает бедные почвы с недостаточной влажностью, В₃ – относительно бедные почвы, влажные и т. д.

П.С. Погребняк в своей классификации (для сосны и дуба) указывал на связь типов леса с классами бонитета, перечисляя характерных представителей напочвенного покрова в разных типах леса.

Шкала деления насаждений на классы бонитета является общей для всех древесных пород, хотя в росте отдельных пород, особенно в молодом возрасте, наблюдаются отклонения от нее. Это унифицированная шкала оценки продуктивности древостоев.

Интенсивность роста семенных и порослевых насаждений не одинакова: семенные растут в раннем возрасте медленнее. Для определения класса бонитета семенных и порослевых насаждений установлены особые шкалы.

Шкала деления насаждений на классы бонитетов была составлена почти 100 лет назад. За это время выявились ее достоинства и недостатки. Доцент В. И. Левин, исследуя низкобонитетные насаждения северных лесов, обнаружил, что бонитетная шкала не отражает действительного хода роста низкобонитетных насаждений. Проф. С. С. Шанин, изучая в сибирских лесах сосновые, лиственничные и кедровые насаждения, нашел, что они имеют прирост по высоте в возрасте 200 и даже 300 лет, в то время как бонитетная шкала для семенных насаждений возрастом 150 лет и выше предусматривает постоянную высоту. При ее составлении полагали, что прирост по высоте к 150 годам совершенно прекращается.

По мнению Ф. Корсуня, бонитирование насаждений не может производиться без учета древесной породы, так как требования отдельных пород к среде произрастания весьма различны. Например, в горах, где растут еловые древостой наивысшего бонитета, дуб произрастает неудовлетворительно. Или на заболоченных местах, где хорошо растет ольха, ель растет плохо. Поэтому нельзя составлять бонитировочную шкалу общую для всех древесных пород. Такая шкала для отдельных древесных пород является «ложем Прокруста».

В отношении бонитетных шкал к аналогичным выводам пришли несколько отечественных ученых (В. В. Загреев, Н. Н. Свалов, К. Е. Никитин и др.). В связи с этим они предлагают ввести в практику лесного хозяйства шкалы, отражающие особенности роста насаждений разных древесных пород.

В связи с этим появились местные шкалы классов бонитета, в том числе по породам.

В противоположность изложенным предложениям нельзя недооценивать положительных сторон применения единой бонитетной шкалы для всех древесных пород. Она является унифицированной школой, позволяющей оценивать качество лесорастительных условий, независимо от древесной породы.

Если обратиться к опыту многих отраслей народного хозяйства, то можно видеть, что при разного рода измерениях стремятся к при-

менению единой общей системы мер и весов. Наличие единого масштаба измерений в итоге приводит к тому, что измеряемые предметы и явления оказываются наиболее сопоставимыми. Это в полной мере относится и к шкале деления насаждений на классы бонитета. Если ряд насаждений имеет равную высоту при одинаковом возрасте, то согласно шкале деления на классы бонитета, они должны относиться к одному классу производительности. Земля, занимаемая этими насаждениями, будет иметь единую оценку, выражаемую одним классом бонитета.

Такая унифицированная система оценки качества природных условий роста леса базируется на едином, общем измерении. Она исключает субъективный подход к оценке качества условий произрастания леса.

В основу единой унифицированной шкалы деления насаждений на классы бонитета должна быть положена динамика роста древесной породы, представленной в наших лесах значительной площадью и имеющей большое хозяйственное значение. Вместе с этим необходимо, чтобы такого рода базовая древесная порода обладала природными свойствами, позволяющими ей произрастать в разных географических зонах, в самых разнообразных климатических и почвенных условиях.

Такой универсальной и наиболее хозяйственно ценной древесной породой в наших лесах бывшего СССР является сосна. Она и должна служить единой мерой при оценке качества условий мест произрастания леса. Соответственно динамике роста этой древесной породы необходимо устанавливать классы качества условий, в которых растет то или иное насаждение.

Составитель первой бонитетной шкалы проф. М. М. Орлов при решении проблемы бонитирования леса исходил из учета приведенных условий. Шкалу деления насаждений на классы бонитета он составил, основываясь на динамике роста сосновых насаждений. Составленная им шкала выдержала испытания временем, и нет оснований от нее отказываться сейчас.

Учение о бонитировании леса, впервые разработанное в странах Европы, дальнейшее развитие получило в США [3].

Бетрам Хуш освещая вопрос о разделении насаждений на классы бонитета, отмечает что для лесного хозяйства важно выявить, как реагирует рост деревьев на факторы окружающей среды.

Взаимоотношение между ростом деревьев в лесу и окружающей средой трудно измерить. Факторы, определяющие бонитет и сами растения, взаимодействуют и взаимозависимы, все это затрудняет выявление причинных связей. Большое внимание в США было уделено исследованию характеристик почвы с целью обнаружения их влияния на рост деревьев, как важнейшего фактора окружающей среды, служащего в качестве надежного показателя бонитета насаждения.

Бетрам Хуш указывает, что нельзя изучать изолированно отдельные факторы бонитета. В противном случае взаимозависимость может быть неопознанной. Бонитет насаждения выражает собой продуктивность леса. В Америке обычно устанавливают от трех до пяти классов бонитета, присваивая им возрастающие номера по мере уменьшения продуктивности леса.

Из многочисленных факторов окружающей среды, влияющих на рост дерева, важное значение имеет почва. Установление бонитета насаждения в зависимости от характеристики почвы имеет несколько преимуществ. Почва сравнительно стабильна и изменяется медленно. Бонитет может быть найден в зависимости от характеристики почвы независимо от наличия или отсутствия древостоя.

Понятие «бонитет насаждения» прежде всего определяет продуктивность леса. В связи с этим непосредственный его измеритель – запас насаждения. Однако определение бонитета через запас насаждения имеет ограниченное практическое применение.

В течение многих лет при определении бонитета насаждения одновозрастных чистых насаждений применяется соотношение высоты деревьев с возрастом. В качестве характерных брали высоты господствующих и согосподствующих деревьев. Этот выбор субъективен в том отношении, что приходится решать, какие деревья являются господствующими и согосподствующими. В связи с этим в США вносили предложения измерять средние высоты самых крупных деревьев или высоту самого высокого дерева. Чаще всего определяется средняя высота, которую имеют господствующие и согосподствующие деревья в возрасте 50 или 100 лет. Например, показатель бонитета 70 в 50-летнем возрасте означает, что за 50 лет господствующие и согосподствующие деревья достигнут высоты 70 футов. Показатель бонитета 120 при 100-летнем возрасте означает среднюю величину за 100 лет в 120 футов. Для классификации насаждений по классам бонитета составлены кривые, позволяющие определить бонитет при любых высоте и возрасте.

При наличии этих кривых для определения бонитета насаждения необходимо лишь найти среднюю высоту господствующих и согосподствующих деревьев, их средний возраст и разместить эти координаты на кривые бонитетов. В США кривые, определяющие класс бонитета, даются для отдельных древесных пород. В этом случае отдельный участок леса может относиться к разным классам бонитета в зависимости от древесных пород.

Определение бонитета по соотношению общих высот и возраста нашло широкое применение по нескольким причинам. Прежде всего было обнаружено, что высота находится в тесной связи с запасом насаждения. Кроме того, высота и возраст быстро и легко определяются.

Наконец, бонитет как таксационный показатель получил высокую оценку и потому, что он характеризует условия местопроизрастания выражает числом, а не качественным описанием. В разновозрастных насаждениях, состоящих из нескольких древесных пород, создаются затруднения для определения бонитета по отношению высоты и возраста. В такого рода насаждениях прирост по высоте не связан тесно с возрастом.

Мак-Линток и Бикфорд, изучая этот вопрос, пришли к выводу, что в насаждении соотношение между высотой и диаметром на высоте груди является наиболее чувствительным и надежным измерением бонитета насаждения. По их предложению, бонитет определяют по высоте, которую достигли господствующие деревья при стандартном диаметре на высоте груди. В связи с этим бонитет может находиться по кривым – «высота – диаметр на высоте груди».

Травянистые растения и кустарники, имеющие более короткий период жизни, скорее возвращаются к равновесию с условиями бонитета, чем деревья, после нарушения условий среды.

Однако использование растений-индикаторов для определения бонитета имеет несколько ограничений. Этот способ бонитирования пригоден для лесов простой композиции, которые обычно встречаются в северных широтах. От таксатора они требуют значительных знаний по экологии растений. Кустарник подвергается воздействию композиции леса, густоты насаждения и режима хозяйства, которое ведется в данном лесу. Кроме того, у кустарника корни неглубокие, и по нему нельзя определить условия в глубоких горизонтах почвы, хотя эти условия почвы влияют на рост деревьев. Несмотря на перечисленные ограничения, растения-индикаторы служат дополнительным показателем класса бонитета.

Проблема бонитирования насаждений весьма оригинально решена в Англии. В ее основу положена величина среднего годового прироста в полных нормальных насаждениях.

В связи с тем, что средний годичный прирост в разных возрастах неодинаков, в качестве исходного принята его максимальная величина, достигаемая в среднем возрасте. У хвойных пород чаще всего максимальный средний годичный прирост наступает в 60–90 лет. Чем выше класс бонитета, тем быстрее наступает кульминация среднего годового прироста. С падением бонитета соответственно увеличивается возраст, в котором средний годичный прирост достигает максимальной величины.

Таким образом, при разработке английских шкал деления насаждений на классы производительности, или классы бонитета, взяты максимальные средние годовые приросты, достигаемые в насаждениях отдельных классов бонитета в разном возрасте. Ход роста насаждений и максимальная величина среднего годового прироста у отдельных древесных пород различны. Соответственно этому в Англии разработаны отдельные бонитетные шкалы для каждой древесной породы.

Число классов бонитета у отдельных пород оказалось разное. Английские бонитетные шкалы даны в виде графиков (рис. 35), изображающих пучки криволинейных полосок. Согласно английским таблицам хода роста максимальный средний годичный прирост в нормальных сосновых насаждениях в высшем бонитете на 1 акре (0,405 га) в возрасте 65–70 лет оказался равным 160 куб. футов. Эта величина максимального прироста и была принята в качестве показателя, характеризующего высший класс производительности сосновых насаждений.

Разница в величине прироста, равная 20 куб. футов на 1 акре, была принята в качестве ступени, или интервала, между двумя классами производительности. Соответственно этому для сосновых насаждений установлены следующие шесть классов производительности: 160, 140, 120, 100, 80, 60.

Пользование английской шкалой производительности насаждений аналогично применению советской бонитетной шкалы. Конечная структура обеих шкал одинакова. Их различие заключается лишь в методе составления. Классификационным признаком, положенным в основу нашей бонитетной шкалы, являются средние высоты насаждения в соответствующем возрасте. При разработке английских шкал в

качестве классификационного признака использован максимальный средний годичный прирост насаждений. Расклассифицировав насаждения по этому признаку и получив естественные ряды насаждений, для этих рядов строили кривые роста в высоту, в своей совокупности составляющие шкалу деления насаждений на классы производительности.

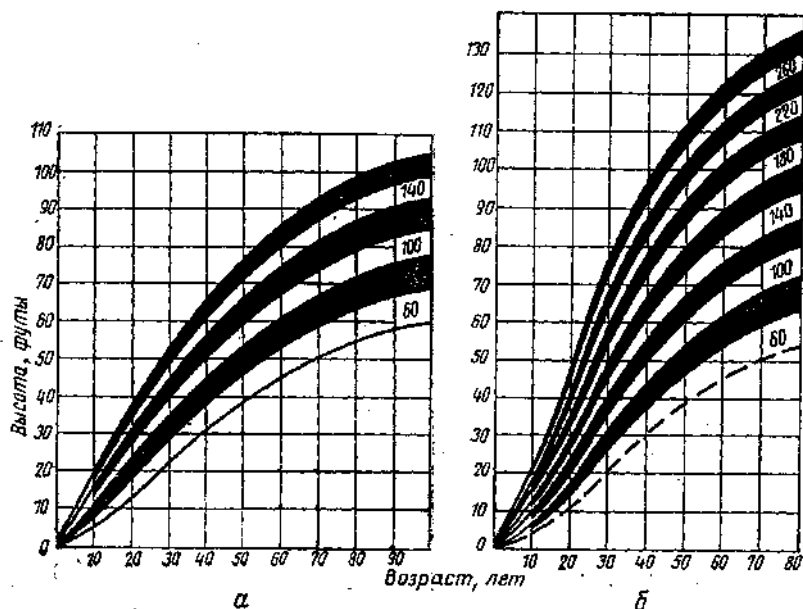


Рис. 35. Английские бонитетные шкалы для главнейших древесных пород: а – для сосны обыкновенной; б – для ели

Классы бонитета, именуемые в разных странах классами плодородия или классами производительности, в конечном итоге определяются по средней доминирующей высоте и возрасту. Число классов бонитета и градации между ними в отдельных странах устанавливаются по-разному.

В США при бонитировании насаждений в качестве базового принят их возраст равный 50 годам. Насаждения, имеющие в этом возрасте среднюю высоту 100 футов, относятся к высшему бонитету „Site index 100“, у всех последующих, более низких классов бонитета высота в базовом возрасте уменьшается на 10 футов и в низшем бонитете достигает 50 футов (рис.36).

Таким образом, в английской бонитировочной шкале индексом отдельных классов бонитета является величина среднего годичного прироста на 1 акре, выраженная в кубических футах.

Величина годового прироста является функцией возраста и высоты насаждений, наиболее полно характеризующей их продуктивность. Соответственно этому обстоятельству входами в английскую бонитетную шкалу, как и в других странах, служит высота насаждений в сочетании с возрастом.

Во Франции, по предложению датского проф. Моллера, принята бонитетная шкала, разделяющая насаждения на пять классов бонитета (рис. 37). При ее разработке в качестве базового принят возраст 100 лет. В этом возрасте средняя доминирующая высота в I бонитете равна 32 м, во II бонитете – 28 м, в III бонитете – 24 м, в IV бонитете – 20 м и в V бонитете – 16 м. У каждой породы средняя высота в конце периода выращивания (нормального оборота) в последнем (пятом) классе бонитета равняется половине средней высоты, достигаемой в том же возрасте в первом классе или в лучших условиях местопроизрастания. Интервал в высотах крайних классов бонитета разделен на равные части и в результате получены высоты, достигаемые во втором, третьем и четвертом классах.

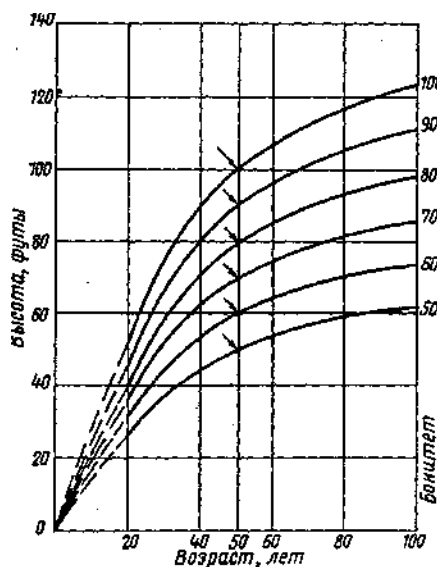


Рис. 36. Американская бонитировочная шкала

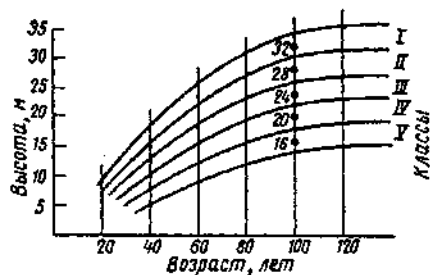


Рис. 37. Датская бонитировочная шкала

Таким путем проф. Моллером получена гармоничная шкала деления насаждений на классы бонитета, предусматривающая для всех возрастов равные интервалы, отделяющие один класс бонитета от другого. Датской системе бонитирования, установленной для каждой древесной породы, проф. Парде отдает предпочтение.

В Италии при разделении на классы бонитета в качестве базового принят возраст насаждений 60 лет.

В Центральной Европе (ФРГ и другие страны) в последнее время имеется попытка бонитетные шкалы строить применительно к идее, заложенной в английской шкале. К высшему бонитету относятся насаждения, имеющие в базовом возрасте средний годичный прирост 10 м^3 . Следующий класс бонитета образуют насаждения с годичным приростом 9 м^3 . У всех последующих классов бонитета средний годичный прирост последовательно снижается на 1 м^3 . Входами в бонитетную шкалу во всех случаях служит средняя высота и возраст насаждения.

В немецкой классификации насаждений по сравнению с английской системой менее четко выражено различие в продуктивности и число классов бонитета может быть чрезмерно большим.

Средние диаметр и высота древостоев

Эти два таксационных признака древостоев насаждений находятся между собой в тесной корреляционной связи: между диаметрами деревьев и их высотами наблюдается криволинейная зависимость, графически выражаемая выпуклой кривой типа параболы 2-го порядка. Эти же соотношения хорошо передает уравнение логарифмической кривой.

Для определения среднего диаметра древостоя элемента леса (по ярусам) необходимо по данным перечета вычислить общую сумму их площадей сечений

$$G = g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_3 n_3 + \dots + g_n n_n$$

где:

$g_1, g_2, g_3 \dots g_n$ — площади сечения среднего дерева ступени;

$n_1, n_2, n_3 \dots n_n$ — число стволов по ступеням толщины.

Средняя площадь сечения деревьев $g = \frac{G}{N}$ где N — общее число

стволов. Средний диаметр $D_{cp} = 2\sqrt{\frac{g}{\pi}}$ из формулы $g = \frac{\pi d^2}{4}$

Применяемая иногда формула для среднего диаметра как средневзвешенной величины по ступеням толщины и числу стволов дает преуменьшение. Корректирование производится с применением формулы

$$d_g = \sqrt{d_n^2 + \sigma^2}$$

где:

d_g — средний диаметр по площади сечения;

d_n — средний арифметический диаметр, полученный через число стволов;

σ — среднее квадратическое отклонение диаметров (изменяется в пределах 5 – 10).

Учитывая преуменьшение среднего диаметра, вычисленного как средневзвешенная величина по ступеням толщины и числу стволов, А. П. Карпов предлагает вводить в полученную величину d_n следующие поправки: 0,5 см при среднем d до 16 см, 1 см при среднем $d = 16—40$ см и 1,5 см при среднем $d > 40$ см.

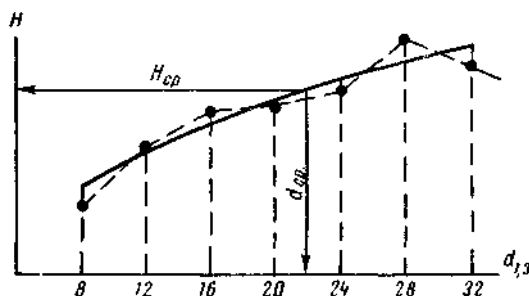


Рис. 38. График определения средней высоты насаждения по кривой соотношений $d_{1,3}$ и H

Среднюю высоту древостоя элемента леса целесообразно определять графическим способом по кривой высот и среднему диаметру древостоя. Для построения кривой высот в процессе перечета замеряют по ступеням толщины высоты деревьев (по две-три на ступень) и вычисляют их средние значения. Затем строят график. По оси абсцисс откладывают ступени толщины, а по оси ординат – средние высоты; вершины ординат сглаживают графически или аналитически (рис. 38). Величина ординаты, отвечающая среднему диаметру древостоя, и будет средней его высотой.

Среднюю высоту древостоя можно вычислить по формуле Лоррея:

$$H_{cp} = \frac{H_1 G_1 + H_2 G_2 + \dots + H_n G_n}{G}$$

где H_1, H_2, \dots, H_n – средние высоты деревьев по ступеням толщины, м; G_1, G_2, \dots, G_n – суммы площадей деревьев по ступеням толщины, м²; G – сумма площадей сечений древостоя, м².

Средняя высота яруса смешанного древостоя вычисляется через средние высоты элементов леса яруса (h) как средневзвешенная по коэффициентам состава пород (a), образующих ярус по формуле общего вида

$$H_{cp} = \frac{h_1 a_1 + h_2 a_2 + h_3 a_3 + \dots + h_n a_n}{\Sigma a}$$

Полнота насаждений

Наблюдая за размещением деревьев в лесу на площади любого насаждения, можно легко убедиться в том, что они имеют разную густоту. Степень плотности стояния древостоя данной породы на единице площади, выраженная суммой площадей сечения всех деревьев при данных условиях местопроизрастания и данном возрасте, принято называть абсолютной полнотой.

Предельная полнота насаждений принимается за единицу; полнота изреженных насаждений выражается в десятых долях полноты так называемого нормального насаждения. Проф. М.М. Орлов называет нормальными такие насаждения, которые при данной форме, породе, возрасте и условиях местопроизрастания являются наиболее совершенными, т. е. когда все факторы природных условий использованы максимально.

Соответственно этому в нормальном насаждении не должно быть ни одного лишнего и ни одного недостающего дерева. Это может быть лишь в том случае, когда полог деревьев, образующих насаждение, вполне смыкается. Однако не следует смешивать сомкнутость крон полога и полноту насаждений, так как это разные понятия, хотя между ними и наблюдается корреляционная связь.

Сомкнутость крон обуславливается породой, возрастом, условиями местопроизрастания, степенью развития крон (узко- и ширококронные) и т. п. Как правило, с увеличением возраста насаждений сомкнутость крон уменьшается. Степень сомкнутости крон служит лишь придержкой для глазомерного определения полноты насаждения.

Определение относительной полноты производится путем сопоставления суммы площадей сечения данного насаждения с аналогичной величиной соответствующего нормального насаждения:

$$P = \frac{G_T}{G_H}$$
 где G_T – сумма площадей сечений таксируемого древостоя m^2 ; G_H – сумма площадей сечений нормального древостоя при полноте 1,0 на 1 га m^2 , которая берется из нормативных таблиц.

Определяя полноту смешанного насаждения указанным способом, устанавливают полноту каждой породы отдельно по ярусам; суммирование полученных величин составит общую полноту яруса насаждения.

Пример: смешанное елово-сосновые насаждение имеет состав: 5С3Е2Б. Тогда $P = P_C + P_E + P_B$. Если относительная полнота насаждений получается больше 1,0, то применяют таблицы хода роста нормальных или эталонных насаждений.

Сумма площадей поперечных сечений древостоя.

Для определения запасов древостоев важнейшим таксационным признаком является сумма площадей сечений всех деревьев $\sum G$. Точная величина G получается по данным сплошного перечета числа деревьев n данной совокупности по принятым ступеням толщины; она определяется по формуле:

$$G = g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_3 n_3 + \dots + g_n n_n$$

где:

$g_1, g_2, g_3 \dots g_n$ – площади сечения одного дерева по отдельным ступеням толщины;

$n_1, n_2, n_3 \dots n_n$ – число стволов по ступеням.

На величину погрешности определения G в $m^2/га$ существенное влияние оказывает величина ступеней толщины. Вполне понятно, что мелкие ступени (0,1 см) увеличивают объем вычислительной работы, а крупные (4 см) уменьшают.

Известно, что погрешность при определении площадей сечений p_g зависит от погрешности в измерении диаметра d и выражается формулой $p_g = 2p_d$ - При увеличении числа измерений до N величина погрешности уменьшается и составляет $p_g = 2p_d : \sqrt{N}$.

Допустим, что $p_d = 5\%$; $N=400$; $p_g = \frac{2 \times 5}{\sqrt{400}} = \frac{10}{20} = 5\%$. Наибольшая погрешность при измерении диаметра происходит в результате его округления до 0,5 ступени толщины, а средняя погрешность – до 0,25.

При перерчетах по 4-сантиметровым ступеням средняя погрешность d составит $4 \times 0,25 = 1$ см. При $d = 24$ см. $p_d = \frac{1 \text{ см}}{24} \cdot 100 = \pm 4,2\%$ с увеличением числа деревьев до N эта величина $p_d = \frac{4,2}{\sqrt{N}}$.

Этот вопрос изучался как зарубежными, так и отечественными учеными: Баур (1873), Грунднер (1882), Вейзе (1881), Кунце (1891), Флюри (1892), Рудзский (1877 – 1878), Собичев-ский (1878), Матвеев-Мотин (1939 и 1963) и др.

Таблица 39

Зависимость G, m^2 от величины ступеней толщины

Порода	Средний диаметр древо- стоя, см	Число деревьев	G, m^2 при измерении d по ступеням, см				Отклонения, %, по ступеням, см		
			0,1 (100)	1	2	4	1	2	4
Сосна обыкно- венная	30	1411	91,552	92,463	92,413	92,063	+1,0	+0,9	+0,6

Ель обыкновенная	28	773	34,993	35,176	35,341	35,024	+0,5	+0,1	+0,1
Лиственница сибирская	31	385	28,460	28,466	28,620	28,398	0	+0,6	-0,2
Сосна веймутова	40	149	19,062	19,123	19,035	18,994	+0,3	-0,1	-0,3

Кафедрой лесной таксации БТИ в 1965 г. проведены аналогичные исследования на 12 постоянных пробных площадях чистых и смешанных культур в возрасте 55 – 65 лет, 1а бонитета. За истинную ΣG принята величина, полученная по измерениям диаметров с точностью до 0,1 см. Камеральным путем эти пересчеты переведены на ступени 1; 2; 4 см, при этом половина между смежными ступенями и более относилась к высшей ступени, а менее 0,5 ступени – к низшей. Полученные при этом результаты приведены в табл. 39.

Сплошной пересчет деревьев производят на пробных площадях, лесосеках главного пользования. Его производят отдельно по породам и по ступеням толщины. При научных исследованиях точность измерения толщины устанавливается 1 и 2 см, а при изучении прироста деревьев – до 1 мм.

При учете деревьев в средневозрастных насаждениях, где большинство их имеет диаметр до 20 см, целесообразно устанавливать ступени толщины 2 см. В широкой производственной практике, связанной с массовым обмером деревьев в спелых насаждениях, приняты ступени толщины 4 см.

Диаметры измеряют мерными вилками. Удобнее всего мерные вилки, на которых цифры нанесены с округлением по ступеням толщины. Во время пересчета нужно следить, чтобы обмер диаметра производился на высоте 1,3 м от шейки корня и мерная вилка плотно прилегала линейкой к дереву, так как при расшатанности ножек вилки может получиться систематическое преуменьшение диаметров.

Результаты обмера деревьев техник записывает в пересчетную ведомость, форма которой приведена на рис. 39.

Число обмеряемых деревьев записывают условными обозначениями: первые четыре дерева отмечают точками, последующие до десятка – соединяющими эти точки линиями. Следующий десяток отмечают в том же порядке, т. е. одиннадцатое дерево обозначают одной точкой, двенадцатое – двумя, тринадцатое – тремя и т.д.

рядке. На каждом обмеряемом дереве необходимо сделать отметку мелом или краской.

Перечет ведется за один прием, если ширина полосы леса, отведенной для перечета, не превышает 40 м. Техник движется вдоль полосы по ее середине; вправо и влево от него, на расстоянии не больше 20 м, идут два мерщика. Таким образом, техник имеет возможность контролировать их. При большей ширине участка перечет ведут полосою, параллельными его короткой стороне.

Затески на деревьях всегда наносят в сторону направления перечета, чтобы техник мог видеть обмеренные деревья.

В пределах каждой породы при перечете выделяют категории деловых и дровяных стволов, а иногда еще полуделовых. Деревья делят на деловые и дровяные по их внешнему виду, т.е. по форме (их прямизне) и наличию пороков. Степень распространенности пороков древесины у хвойных и лиственных пород различна.

К деловым деревьям относятся растущие деревья с длиной деловой части ствола 6,5 м и более, к полуделовым 2–6,5 м, в дровяном – менее 2 м.

Пороки у хвойных пород неодинаковы. В сосновых насаждениях чаще всего встречаются чрезмерная суковатость, кривизна ствола, двухвершинность, пожарная подсушина, сухобочина, напенная гниль, табачные сучья, стволовая гниль и др.

Все эти пороки, за исключением табачных сучьев и гнилей, внешние, поэтому их легко обнаружить при перечете. Чаще всего они лишь уменьшают выход древесины, но не переводят ее целиком в дровяную. Деревья с такими пороками следует выделять в категорию полуделовых.

Табачные сучья, напенная гниль и сосновая губка встречаются у старых сосновых деревьев северных лесов. Эти пороки значительно труднее обнаружить, и в то же время они существенно снижают выход деловой древесины. Наиболее резко снижают выход деловой древесины табачные сучья в сочетании с сосновой губкой. Для распознавания этих пороков необходимо тщательно осматривать комлевою часть ствола. Наличие плодового тела губки указывает, что в стволе имеется внутренняя красная гниль. Гниль может также проникнуть внутрь дерева через сломанные табачные сучья, которые распознаются по желвакам или наплывам на поверхности ствола. Сильно развитая напенная гниль может быть обнаружена при выстукивании ствола. Больные деревья издадут глухой, а здоровые – чистый, звенящий звук.

В еловых насаждениях встречаются сухие деревья, засохшие от повреждений короедами, стволы, пораженные синевой и червоточной, напенная и заболонная гниль, механические повреждения в виде ошмыгов, сухобочин, затесок, засмолков и др. Все эти пороки, кроме напенной гнили, распространяются от периферии ствола к центру и при перечете легко распознаются.

У еловых деревьев механическим повреждениям часто сопутствуют различные гнили, резко уменьшающие выход деловой древесины. Гниль распознается путем выстукивания ствола или затесывания древесины да месте механического повреждения.

У лиственных пород одним из наиболее распространенных пороков является кривизна ствола, которая значительно снижает выход деловой древесины. Искривленные стволы чаще встречаются в порослевых насаждениях. У деревьев семенного происхождения комлевая часть ствола менее искривлена.

Определять качество стволовой древесины осины на корне сложнее, чем березы и хвойных пород. Основной порок осиновых деревьев – гниль. Внешними признаками, указывающими на наличие сильно развитой гнили, служат губка и табачные сучья. При этих пороках сердцевинная гниль достигает по диаметру значительных размеров. Это исключает возможность использовать ствол для заготовки спичечных кряжей, клепочных отрезков, балансов и прочих деловых сортиментов, вследствие чего такие деревья нужно относить к категории дровяных.

У дуба, стоящего на корне, внутренние пороки распознать очень трудно. Наиболее распространены следующие пороки дуба: гнили, табачные и черные сучья, морозобоины, метик и отлуп.

Для распознавания гнили у растущего дуба приходится руководствоваться чистотой звука при его выстукивании, наличием плодовых тел, морозобойных трещин, через которые нередко проникают споры грибов.

Заросшие табачные и черные сучья у дуба распознают по вздутиям ствола. Гладкая цилиндрическая комлевая часть ствола является признаком хорошего качества древесины.

7.3. Таксация древостоев на временных пробных площадях

Закладка пробных площадей производится для получения достоверных данных по таксационным и качественным показателям деревьев и древостоев, изучения строения, роста и производительности древостоев, их дешифровочных признаков, проверки математических моделей и лесотаксационных нормативов [13].

Правила закладки пробных площадей и объем проводимых на них работ определены ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустroительные, метод закладки».

Размер и отвод пробной площади. Размер пробной площади, отводимой в древостое, определяется по формуле

$$F = NL^2,$$

где N – число деревьев на пробной площади; L – среднее расстояние между деревьями в древостое, м.

Среднее расстояние между деревьями измеряется в древостое мерной лентой. Приблизительно можно принять среднее расстояние между деревьями в молодняках $l_1 = 2$ м, в средневозрастных древостоях $l_2 = 4$ м, а в приспевающих и спелых насаждениях $l_3 = 6$ м.

Число деревьев в древостое определяется по формуле

$$N = \frac{t^2 v^2}{p^2},$$

где t – критерий Стьюдента, определяющий надежность результатов исследования при заданной вероятности; v – коэффициент вариации диаметров деревьев в древостое; p – точность оценки среднего диаметра древостоя.

Критерий Стьюдента принимаем $t = 1,96$ при вероятности 0,95, т.е. мы гарантируем полученное значение среднего диаметра древостоя в 95 случаях из 100. Это достаточная надежность оценки среднего диаметра древостоя при перечислительной таксации насаждений.

Применение формулы $N = \frac{t^2}{p^2}$ (т.е. при вероятности 0,68) является

весьма ненадежной оценкой среднего диаметра древостоя (в 68 случаях из 100). Следует отметить, что на результат оценки влияют также стандартная ошибка оценки среднего диаметра в выборке (древостое), среднеквадратические и систематические ошибки измерений диамет-

ров деревьев при сплошном перече́те деревьев на пробной площади, ошибки лесотаксационных инструментов (мерной вилки, высотомеров) и другие.

Коэффициенты вариации диаметров деревьев в древостое изменяются от 20 до 35%. Этот коэффициент можно определить по литературным источникам.

Простым способом определения коэффициента вариации случайной величины является следующий. Коэффициент вариации в выборке равен:

$$V = \frac{\sigma}{M} \times 100,$$

где σ – среднеквадратическое отклонение распределения диаметров деревьев, см; M – среднеарифметический диаметр древостоя, см.

Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле

$$\sigma = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{6},$$

где d_{\max} – максимальный, или наибольший, диаметр деревьев, см; d_{\min} – минимальный, или наименьший, диаметр деревьев, см.

В древостое глазомерно выбирается пять средних по диаметру деревьев, измеряются мерной вилкой их диаметры до 0,1 см и вычисляется среднеарифметический диаметр:

$$M = \frac{\sum d_{\text{ср}}}{5},$$

где $\sum d_{\text{ср}}$ – сумма пяти измеренных диаметров деревьев, см.

Подобно измеряются максимальные и минимальные диаметры деревьев:

$$d_{\max} = \frac{\sum d_{\max}}{5}; \quad d_{\min} = \frac{\sum d_{\min}}{5}.$$

Точность оценки среднего диаметра древостоя принимается $p = 2\%$.

Пример: $t = 1,96$; $p = 2\%$; $d_{\max} = 36,3$ см; $d_{\min} = 8,1$ см; $M = 20,5$ см;

$$\sigma = \frac{36,3 - 8,1}{6} = 4,7 \text{ см} \qquad V = \frac{4,7}{20,5} \cdot 100 = 22,9\%$$

$$N = \frac{1,96^2 \times 22,9^2}{2^2} \approx 500 \text{ деревьев.}$$

Размер пробной площади равен: $F = 4^2 \times 500 = 8000 \text{ м}^2 = 0,8 \text{ га}$.

Таким образом, пробная площадь должна быть отведена прямоугольной формы, размером 100х80 метров (или 200х40 м).

Отвод пробной площади производится мерной лентой и буссолью. Особое внимание уделяется правильному провешиванию и измерению длин линий, прямых углов, так как любые ошибки измерений значительно повлияют на результат.

Пробные площади инструментально ограничиваются визирами шириной 0,3 м, на их углах устанавливаются столбы определенной формы, на которых черной масляной краской указывается номер пробы, ее площадь, год закладки. Стороны пробной площади измеряют стальной мерной лентой с точностью до 0,1 м, при этом невязка по периметру не должна превышать 1:500. При отводе пробной площади деревья с диаметром 20 см и более, попадающие на линии визира, не срубают, а затесывают или отмечают масляной краской и учитывают при перечете в половинном размере (два дерева считают за одно).

Сплошной перечет деревьев. Перечет деревьев производится на пробной площади мерной вилкой в пределах каждого яруса по породам (элементам леса) и качественным категориям. Перечет ведется по ступеням толщины.

Величина ступени толщины устанавливается в зависимости от среднего диаметра каждого элемента леса: при среднем диаметре до 4 см – 0,5 см, 4–8 см – 1 см, 8–16 см – 2 см и выше 16 см – 4 см.

Диаметры стволов замеряются на высоте 1,3 м от поверхности почвы. Этой высоты необходимо строго придерживаться.

В пределах каждой ступени толщины все деревья разделяются на деловые, дровяные и сухостойные: к последним относятся стволы, полностью лишенные живой хвои или листьев.

Распределение деревьев на качественные категории (деловые, дровяные) производится в соответствии с техническими условиями ГОСТов на сортименты круглого леса. В качестве придержки для распределения деревьев на категории применяется длина деловой части в комлевой половине ствола.

К деловым относятся деревья, длина деловой части которых составляет не менее 2,0 м, а для деревьев высотой менее 18 м – более 1/3 высоты дерева.

К дровяным относятся деревья с длиной деловой части менее 2 м. Отдельно учитываются деревья сухостойные

Деревья, поврежденные в комлевой части ствола, если повреждение распространено не выше 2 м от пня, относят соответственно к

деловым.

Таксационные показатели вычисляются для растущего древостоя по элементам леса.

Каждый обмеренный при перечете ствол отмечается условными знаками в соответствии с его качественной категорией: деловые отмечаются одной чертой (/), полуделовые – двумя чертами (//), дровяные – тремя чертами (///) или краской.

Рубка и обмер модельных деревьев. Для определения запаса, прироста и товарной структуры на пробных площадях производится рубка, обмер модельных деревьев и рациональная раскряжевка их на промышленные сортименты.

Модельные деревья обычно выбираются в количестве 10% от числа деловых стволов основного элемента леса по способу пропорционального представительства, т.е. заранее заданное число моделей распределяют по ступеням толщины пропорционально числу деревьев каждой ступени.

На пробных площадях, заложенных для изучения товарной и сортиментной структуры древостоев, модельные (учетные) деревья выбирают методом статистического отбора в количестве не менее 50 шт. Они должны быть распределены пропорционально коэффициентам состава древесных пород, а в пределах последних – пропорционально числу стволов в каждой ступени толщины.

Количество моделей может быть сокращено до 3–5 деревьев на пробную площадь. В таких случаях модели выбираются из числа средних по диаметру, высоте и форме деревьев.

В качестве модельных выбирают только деревья, отнесенные по своему внешнему виду к деловым.

Диаметры на высоте груди обмеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Средний диаметр дерева не должен отклоняться от значения ступени толщины более чем на 5–10%. Перед валкой модельного дерева на стволе отмечают место обмера диаметра, измеряют диаметры проекции кроны. Срубленную модель очищают от сучьев, сучья учитывают отдельно.

Все данные обмера модельного дерева заносятся в специальную карточку таксации модельных деревьев.

При обмере древесного ствола следует строго соблюдать следующее:

1. Замеряется общая длина ствола с точностью до 0,1 м.
2. Древесный ствол размечают на секции одинаковой длины

(обычно 2 м или 1 м).

3. Замеряют диаметры в коре и без коры на следующих высотах: d_0 , $d_{1/3}$, $d_{1/4}$, $d_{1/2}$, $d_{3/4}$ общей высоты, а также диаметры на нечетных высотах 1–3–5–7 м и т.д.

4. Определяется прирост по высоте за последние 5 или 10 лет.

5. Устанавливается прирост по диаметру за 5 или 10 лет на высоте 0,1–0,3–0,5–0,7 и 0,9 общей высоты. Измерение диаметров, толщины кроны и прироста по диаметру производится с точностью до 0,1 см.

Если середина секции приходится на мутовку (сук), все измерения делаются ниже мутовки. Порядок обмера модельных деревьев можно изменять в зависимости от поставленных целей. Если не предусматривается определение текущего прироста, то отпадает необходимость замера прироста по диаметру за 5 или 10 лет.

Раскряжевка моделей на сортименты производится в соответствии с утвержденными стандартами на круглые лесоматериалы хвойных и лиственных древесных пород [45, 46].

Запись выхода сортиментов производится отдельно по сортам на обратной стороне карточки модельного дерева с указанием длины сортимента, диаметра в коре и без коры, на середине длины сортимента и в его верхнем отрубе.

Толщина дровяных отрезков дается только в коре. Здесь же приводится краткая характеристика фауности каждого сортимента: для сучьев указываются их размеры по толщине и количество. Кривизна дается в процентах (отношение стрелы прогиба к общей длине сортимента), диаметр гнили – в сантиметрах и указывается характер гнили (периферическая, центральная и т.д.).

Записывается размер вершины, т.е. длина, и диаметр основания, который равен диаметру верхнего отруба последнего сортимента или дровяного отреза. Длина всех сортиментов и дров плюс длина вершины должны дать в итоге общую длину (высоту) ствола. Если методикой работ не предусматривается взятие модельных деревьев с каждой ступени толщины, то после перечета всех деревьев на пробе необходимо произвести замер высот деревьев для построения графика высот и определения запаса.

Высоты замеряются высотомерами у 15–25 деловых деревьев, представленных пропорционально числу деревьев по ступеням толщины. Для древесных пород, коэффициент состава которых менее 3, измеряют высоту у 3–5 деревьев, близких к среднему дереву. Для де-

ревьев единичной примеси высоты определяются глазомерно.

На пробных площадях, заложенных для изучения хода роста, определяют также среднюю высоту самых крупных деревьев основного элемента леса.

Определение таксационных показателей древостоя. На основе данных перечислительной таксации определяются таксационные показатели растущего древостоя по элементам леса. Сухостойные деревья учитываются отдельно.

Средний диаметр древостоя по элементам леса (породам) равен:

$$D_{cp} = 2 \sqrt{\frac{g_{cp}}{\pi}}, \quad g_{cp} = G/N,$$

где: g_{cp} – средняя площадь сечения древостоя, m^2 ; G – сумма площадей сечений древостоя, которая определяется по формуле

$$G = g_1 n_1 + g_2 n_2 + \dots + g_i n_i,$$

где N – число деревьев в древостое:

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_m,$$

где g_1, g_2, \dots, g_i – площади сечений одного (среднего) ствола по ступеням толщины; n_1, n_2, \dots, n_m – число деревьев по ступеням толщины.

Запас древостоя в m^3 равен:

$$M = V_1 \times n_1 + V_2 \times n_2 + \dots + V_i \times n_i, \quad m^3,$$

где v_1, v_2, \dots, v_i – объем одного ствола по ступеням толщины.

Средняя высота древостоя:

$$H_{cp} = \frac{G_1 H_1 + G_2 H_2 + \dots + G_m H_m}{G},$$

где H_1, H_2, \dots, H_m – средние высоты деревьев по ступеням толщины, m ; G_1, G_2, \dots, G_m – суммы площадей сечения по ступеням толщины, m^2 .

Средний возраст древостоя вычисляется как среднеарифметическая величина:

$$A_{cp} = (A_1 M_1 + A_2 M_2 + \dots + A_m M_m) / M,$$

где A_1, A_2, \dots, A_m – средние возрасты деревьев по ступеням толщины, лет.

Средний возраст древостоя можно оценить по методу среднего дерева. В древостое подбирается 3–5 средних по диаметру, высоте и форме ствола деревьев, у которых измеряется возраст (возрастным буравом или по мутовкам). Средний возраст древостоя вычисляется как среднеарифметическая величина.

Относительная полнота древостоя определяется отношением суммы площадей сечения таксируемого древостоя (G_T) к нормальному (G_H):

$$P = G_T / G_H .$$

Сумма площадей сечения нормального древостоя (G_H) принимается из нормативных таблиц сумм площадей сечений и запасов древостоев при полноте 1,0. Класс товарности древостоя устанавливается по проценту деловой древесины или проценту деловых деревьев в древостое [28].

Состав древостоя определяется по проценту запасов составляющих древесных пород в общем запасе древостоя.

Класс бонитета древостоя устанавливается по общепониманной шкале М.М. Орлова по среднему возрасту, средней высоте и происхождению насаждения.

Второй ярус насаждения выделяется, если относительная полнота древостоя второго яруса составляет 0,3 и более, а средние высоты ярусов отличаются на 20% и более. В сложном двухъярусном насаждении таксационные показатели древостоев определяются отдельно по ярусам.

В смешанных насаждениях таксационные показатели (средний диаметр, высота, возраст, класс бонитета) определяются по породам (элементам леса).

Класс бонитета, средние возраст, диаметр и высота смешанного насаждения в целом для таксационных показателей всего древостоя записываются по преобладающей (главной) породе, запас древостоя – как сумма запасов по породам, относительная и абсолютная полнота, число деревьев – как сумма показателей по породам.

Таксация прироста деревьев и древостоев. Прирост деревьев, отдельных древостоев и лесных массивов (совокупности древостоев или насаждений) может быть текущий и средний, абсолютный и относительный [2]. Текущий прирост дерева или древостоя является приростом за определенный текущий период роста: текущий годичный (за 1 год), периодический (за 5–10 лет), среднепериодический (в среднем за 5, 10 лет).

Средний прирост есть прирост в среднем за весь период (годы) роста дерева или древостоя.

Абсолютный текущий годичный прирост по объему древесного ствола равен:

$$Z_v^1 = V_a - V_{a-n}$$

где V_a, V_{a-n} – объем ствола без коры в возрасте (a) лет и год тому назад, m^3 .

Абсолютный текущий периодический прирост по объему ствола равен:

$$Z_v^n = V_a - V_{a-n},$$

где V_{a-n} – объем ствола без коры (n) лет тому назад, m^3 .

Абсолютный текущий среднепериодический прирост по объему ствола:

$$\bar{Z}_v^n = (V_a - V_{a-n}) / n.$$

Абсолютный средний прирост по объему ствола равен:

$$Z_v = V_a / a,$$

где a – возраст дерева, лет.

Подобно можно получить прирост дерева по любому таксационному показателю, например, абсолютный текущий периодический прирост по диаметру ствола:

$$Z_d^n = d_a - d_{a-n},$$

где d_a и d_{a-n} – диаметр ствола (дерева) на высоте 1,3 м без коры в момент таксации (возрасте a лет) и (n) лет тому назад, см.

Абсолютный средний прирост по высоте дерева равен:

$$Z_h = h_a / a,$$

где h_a – высота дерева в возрасте (a) лет, м.

При таксации прироста древостоя необходимо учитывать процесс прироста и естественного отпада.

Абсолютный текущий годичный прирост по запасу древостоя:

$$Z_M^1 = M_A - M_{A-1} + M_0^1,$$

где M_A – запас растущего древостоя, в m^3 , в момент таксации (возрасте a лет); M_0^1 – запас деревьев отпада за 1 год, m^3 .

Абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя равен:

$$Z_M^n = M_A - M_{A-n} + M_0^n = \Delta_M^n + M_0^n,$$

где M_{A-n} – запас растущего древостоя в m^3 (n) лет тому назад; M_0^n – запас деревьев отпада за (n) лет в m^3 ; Δ_M^n – текущее изменение запаса m^3 .

Абсолютный текущий среднепериодический прирост по запасу древостоя:

$$\bar{Z}_M^n = (M_A - M_{A-n} + M_0^n) / n.$$

Абсолютный средний прирост по запасу древостоя:

$$Z_M = (M_a + \sum M_0) / A = M_{\text{общ}} / A,$$

где $\sum M_0$ – запаса деревьев отпада за весь период роста (A , лет), м^3 ; $M_{\text{общ}}$ – общая производительность древостоя, м^3 .

Относительный текущий прирост определяется по правилу простых или сложных процентов. По формуле простых процентов относительный текущий периодический прирост по объему древесного ствола равен:

$$P_{Z_M^n} = (Z_v^n / V_A) \times 100.$$

Относительный средний прирост по запасу древостоя:

$$P_{Z_M} = (\bar{Z}_M / M_A) \times 100.$$

При таксации прироста срубленного дерева используют более точные измерения диаметров и длины ствола, способы вычисления объемов стволов по сложным секционным формулам.

Абсолютный текущий периодический прирост по диаметру ствола на высоте 1,3 равен:

$$Z_d^n = d_a - d_{a-n}.$$

Диаметр ствола без коры вычисляется с учетом толщины (T_k) коры:

$$d_a = d_{\text{в/к}} - 2T_k,$$

где $d_{\text{в/к}}$ – диаметр ствола в коре, см.

Диаметр ствола (n) лет назад определяется путем измерения приростным буровом Пресслера годовичного (Z_R^n) прироста или средней ширины годовичного слоя (i):

$$d_{a-n} = d_a - Z_d^n = d_a - 2Z_R^n = d_a - 2ni.$$

Для определения средней ширины годовичного слоя на стволе (высота 1,3 м) буровом Пресслера берут керн древесины, на котором измеряют ширину (n) годовичных слоев. Средняя ширина годовичного слоя вычисляется делением ширины (n) годовичных слоев в мм на период (a) лет.

Относительный текущий периодический прирост по диаметру ствола равен:

$$Pz_a^n = (Z_d^n / d_a) \times 100.$$

Абсолютный средний прирост по диаметру ствола:

$$Z_d = d_a / a.$$

Абсолютный текущий периодический прирост по высоте дерева:

$$Z_h^n = h_a - h_{a-n},$$

где h_a – длина (высота) ствола в момент таксации (a , лет), м; h_{a-n} – длина ствола (n) лет назад, см.

Длину ствола срубленного дерева (h_a) измеряют металлической рулеткой. Длину ствола (n) лет назад (h_{a-n}) у хвойных молодых деревьев определяют по мутовкам. От вершины дерева отсчитывают (n) мутовок (если $n = 5$, то отсчитывают 5 мутовок). Длина ствола (h_{a-n}) измеряется от среза пня до основания n -й мутовки.

Основание n -й точки у лиственных пород определяют путем поперечного среза ствола у вершинки (глазомерно установленного основания n -й мутовки) и подсчета годичных слоев на срезе. Если на срезе имеется (n) годичных слоев от центра к периферии (коре), то точка среза является основанием n -й мутовки. Путем постепенного продвижения вверх или вниз по вершинке ствола определяют высоту (h_{a-n}) ствола. Относительный текущий периодический прирост по высоте дерева равен:

$$Pz_h^n = (Z_h^n / h_a) \times 100.$$

Абсолютный средний прирост по высоте ствола:

$$Z_h = h_a / a.$$

Относительный средний прирост по высоте ствола:

$$P_{z_h} = (Z_h / h_a) \times 100.$$

Абсолютный текущий периодический прирост по объему ствола равен:

$$Z_v^n = V_a - V_{a-n}.$$

Объем ствола в момент таксации (V_a) и (n) лет назад (V_{a-n}) определяется по сложной секционной формуле (срединного сечения, трех сечений, или по относительным высотам).

При использовании сложной секционной формулы срединных сечений на стволе обрезают вершинку у основания (n) мутовок. Остальную длину ствола (h_{a-n}) размечают на равные двухметровые (или однометровые) секции. Посредине секций измеряют диаметры ствола в коре, берут kern древесины буравом Пресслера, вычисляют диаметры ствола без коры теперь (d_a) и (n) лет назад (d_{a-n}), соответствующие диаметрам площади сечений (γ). Объемы стволов теперь (V_a) и (n) лет

назад (V_{a-n}) равны:

$$V_a = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_{n-1}) + V_1 ,$$

$$V_{a-n} = l(\gamma'_1 + \gamma'_2 + \dots + \gamma'_{n-1}) + l' g' .$$

Тогда абсолютный текущий периодический прирост по объему древесного ствола равен:

$$Z_v^n = V_a - V_{a-n} = l(\gamma - \gamma') + l' g' + 1/3 g_e l_e ,$$

где l – длина секции, м; $\sum \gamma$ – сумма площадей сечений без коры на середине секций ствола, м²; $\sum \gamma'$ – сумма площадей сечений без коры на середине секций ствола (n) лет назад, м²; l' – длина последней секции, м; g_l – площадь срединного сечения последней секции, м²; g_e – площадь основания вершинки, м²; l_e – длина вершинки, м.

Текущий прирост по запасу древостоя наиболее надежно оценивается на постоянных пробных площадях при ежегодной таксации древостоев, растущих, сухостойных, вырубленных и отпавших деревьев.

Абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя равен:

$$Z_M^n = M_a - M_{a-n} + M_0^n .$$

Запас растущего древостоя в момент таксации (M_a) и (n) лет назад (M_{a-n}) определяется как сумма объемов растущих деревьев:

$$M_a = \sum V_a \text{ и } M_{a-n} = \sum V_{a-n} .$$

Запас деревьев отпада (M_0^n) вычисляется как сумма объемов стволов (запас) отпавших (естественный отпад – $M_{отп}$), сухостойных (M_c) и вырубленных (M_e) деревьев за (n) лет:

$$M_0^n = M_e + M_c + M_{отп} .$$

На временных пробных площадях, а также при таксации прироста на больших площадях (таксационный выдел, лесной массив) прирост по запасу древостоев определяют в процентах:

$$P_M = (P_1 M_1 + P_2 M_2 + \dots + P_n M_n) / M ,$$

где P_M – процент текущего прироста по запасу древостоя, %; P_1, P_2, \dots, P_n – процент текущего прироста по объему ствола учетных деревьев, %; M_1, M_2, \dots, M_n – запасы деревьев по ступеням толщины, м³; M – общий запас древостоя, м³.

Число учтенных деревьев (N) зависит от планируемой точности (p) таксации прироста, коэффициента вариации текущего прироста деревьев (v) и надежности (t -критерий Стьюдента):

$$N=(t^2V^2)/p^2=(1,96^2 \cdot 40^2)/10^2=61 \text{ учетное дерево.}$$

При таксации (оценке) текущего прироста по запасу древостоя с точностью $p = 10\%$, вероятностью $0,95$ ($t = 1,96$), вариации прироста ($v = 40\%$) в древостое необходимо выбрать 61 учетное дерево. Коэффициенты вариации текущего прироста деревьев берутся из литературных источников [3, 17, 18].

Учетные (растущие) деревья распределяются пропорционально числу деревьев по ступеням или классам толщины.

Процент текущего прироста по объему ствола учетного дерева вычисляется по следующему алгоритму:

$$P_v = \frac{Z_v^n \times 100}{V_a}; \quad Z_v^n = V_a - V_{a-n};$$

$$V_a = g_{a-n} h_{a-n} = 0,785 g_a h_a f_a;$$

$$V_{a-n} = g_{a-n} h_{a-n} = 0,785 g_{a-n} h_{a-n} f_{a-n}.$$

Видовые числа ствола в момент таксации (f_a) и (n) лет назад (f_{a-n}) определяются по регрессионным моделям связи в зависимости от диаметра (d) и высоты (h) дерева по породам [13].

Абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя вычисляется на основе процента прироста:

$$Z_M^n = \frac{M_A \times P_M}{100}.$$

При таксации запаса древостоя можно использовать метод средней модели. В древостое на пробной площади выбираются 3–5 средних по диаметру, высоте и форме ствола модельных деревьев. Модели срубают, их объем и прирост определяют по сложной секционной формуле срединных сечений. Тогда запас древостоя равен:

$$M_A = \frac{G}{\sum g_M} \times \sum V_M,$$

где $\sum g_M$ – сумма площадей сечения модельных деревьев на высоте груди, m^2 ; $\sum V_M$ – объем моделей, m^3 .

Текущий периодический прирост по запасу древостоев:

$$Z_M^n = (M_A P_M) / 100 = (M_A / 100) (\bar{Z}_v^n / V_A) 100 = (M_A \times \bar{Z}_v^n) / V_A,$$

где \bar{Z}_v^n – среднее значение текущих приростов по объему ствола модельных деревьев, m^3 .

При методе учетных деревьев в древостое выбирается 5–10 учетных (растущих) деревьев, у которых измеряются средняя ширина годичного слоя, диаметр и высота и вычисляется процент текущего

прироста (P_v) по объему ствола. Тогда

$$P_M = (\sum P_v) / n,$$

где $\sum P_v$ – сумма процентов прироста учетных деревьев; n – число учетных деревьев.

Абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя равен:

$$Z_M^n = (M_A \times P_M) / 100.$$

Лесоводственное и почвенное описание древостоев. Лесоводственное описание пробной площади начинается с общей характеристики положения и рельефа местности. По данным таксации насаждения устанавливаются по элементам леса состав древостоя, средняя высота, средний диаметр, класс бонитета, полнота, запас. Для характеристики подроста, подлеска, травяного и мохового покрова на пробной площади глазомерно определяется место учетных площадок размером – 2x2 м, равномерно распределенных по площади пробы по диагонали [6].

Травяной и моховой покров описывается с указанием видов растений, встречающихся на пробной площади, в порядке убывания степени участия их в составе травяной растительности. При этом описывается верхний ярус трав, затем нижний и моховой покров. Отмечается встречаемость плюсом и процент покрытия мхами в соответствии с бланком.

Класс бонитета определяется по общебонитировочной шкале профессора М.М. Орлова, тип леса устанавливается по шкале типов леса М.Д. Юркевича и В.С. Гельтмана.

Для обследования почвы в центральной части пробной площади закладывается почвенный разрез шириной 0,7 м, длиной 1,8–2 м, глубиной – до 2 м. Сторона разреза, по которой производится описание почвы, должна быть обращена к солнцу (при освещении правильно определяются окраска, строение и другие свойства почвы). Перед описанием следует внимательно осмотреть стенку; генетические горизонты почв выделяются на основании изменения цвета, механического состава, структуры и других внешних признаков. Затем рулеткой измеряют толщину каждого горизонта, на схематическом чертеже в карточке пробной площади отмечают его буквенное обозначение, окраску, механический состав, структуру, степень плотности, влажность, распространение корневой системы.

При описании горизонтов дерново-подзолистых, торфяно-

болотных и других почв употребляют следующие буквенные обозначения генетических горизонтов: A_0 – лесная подстилка различной степени разложения; A_1 – перегнойно-аккумулятивный или гумусный горизонт; A_2 – подзолистый (вымывания) горизонт; B (B_1 , B_2) – иллювиальный (вымывания) горизонт; C – малоизмененная почвообразованием порода; T (T_1 , T_2) – торфяной горизонт.

Переходный горизонт обозначается двумя буквами: A_2B_1 – подзолисто-иллювиальный; B_2 – иллювиальный горизонт.

Образцы для анализа почв берут (если предусмотрено программой) в середине каждого горизонта. Каждый почвенный образец массой 200 г заворачивают в плотную бумагу, куда вкладывают этикетку, на которой карандашом указывают лесхоз, лесничество, квартал, номер разреза, горизонт, глубину взятия образца, дату, фамилию исследователя.

На основании строения и особенностей древостоя в целом, описания почвы, травяного покрова и подлеска определяют тип леса и тип условий местопроизрастания [6, 24].

Особенности древостоя, характеристика подроста и подлеска, экспозиция и микрорельеф, а также все измерения, расчеты и характеристики заносят в карточку пробной площади.

Постоянные пробные площади (стационары) закладываются с различной целью: исследование строения, роста и производительности древостоев, оценка влияния рубок леса на рост и продуктивность древостоев, исследование прироста и естественного отпада насаждений, влияние рубок ухода на сортиментную структуру древостоя, исследование хода роста деревьев и древостоев, влияние почвенно-типологических факторов на ход роста деревьев и древостоев, изучение дешифровочных показателей древостоев и насаждений, решение задач в системе лесного мониторинга.

В зависимости от назначения стационаров (лесоводственно-типологический, лесотаксационный, лесофитопатологический, почвенно-гидрологический и другие), постоянные пробные площади могут закладываться разного размера, формы и назначения.

Лесотаксационные стационары обычно закладываются прямоугольной формы, размером 0,5 га (50x100 м или 25x200 м) или 1,0 га (100x100 м, 50x200 м). Границы стационаров четко обозначаются в натуре, каждое дерево нумеруется краской с указанием номера и высоты 1,3 м.

Подеревный пересчет деревьев. На стационаре выполняется сплошной пересчет деревьев с измерением диаметров в двух направлениях (СЮ, ЗВ) с точностью 0,1 см металлической или мерной вилкой с делением 1 мм. На высоте груди (1,3 м) вместо диаметров может измеряться длина окружности металлической рулеткой с точностью до 0,1 см. Деревья подразделяются на деловые, дровяные, растущие, сухостойные, вырубленные и естественного отпада (табл. 33). Диаметры деревьев необходимо измерять ежегодно, чтобы правильно оценить состояние деревьев, прирост и производительность древостоев.

Таблица 33

Ведомость пересчета деревьев на стационаре

№ дерева	Ярус	Порода	Диаметр, см			Высота	Видовое число	Объем ствола, м ³							
			СЮ	ЗВ	Средний			Деловые	Дровяные	Растущие	Сухостойные	Вырубленные	Естественного отпада	Протяженность кроны, диаметр кроны, длина бес-сучковой части ствола и др.	
1	1	С	24,8	25,4	25,1	22,4	0,465								
2	1	Е													
3	2	С													
4	1	С													
5	2	Е													
...													
378	1	С													
Итого															

Высоты всех деревьев первого и второго ярусов (если сложное насаждение) измеряются на стационаре один раз в пять лет наиболее точным высотомером (Блюме-Лейса, лазерным) или геодезическими инструментами. На основе данных измеренных высот и диаметров деревьев разрабатываются регрессионные модели связи [11]. По данным регрессиям связи диаметров и высот деревьев в древостое оцениваются значения высот деревьев в годы между пятилетиями.

Регрессионные модели связи могут разрабатываться по данным

измерений выборочных высот деревьев. В древостое измеряются высоты 30–50 деревьев (в молодняках больше, в спелых – меньше). Деревья для измерений высот выбираются по схеме систематической выборки (каждое пятое, десятое и т.д.).

Объем древесного ствола вычисляется по формуле

$$V = ghf = 0,785dhf,$$

где диаметр (d) определяется как среднее значение двух измерений, а видовое число – по моделям.

Запас древостоя оценивается по категориям качества и состояния деревьев как сумма объемов деревьев, например, запас растущего древостоя: $M_p = \sum Vi$ (растущих деревьев). Подобно вычисляется запас сухостойных (M_c), вырубленных (M_b), и деревьев естественного отпада (M_e). Запас деревьев отпада (M_o) включает сумму запасов сухостойных деревьев (M_c), вырубленных (M_b) и естественного отпада (M_e):

$$M_o = M_c + M_b + M_e.$$

Отсюда текущий периодический прирост по запасу древостоя. Он равен:

$$Z_M^n = M_A - M_{A-n} + M_o^n,$$

где Z_M^n – текущий прирост по запасу, m^3 ; M_A – запас растущего древостоя в возрасте (a), m^3 ; M_{A-n} – запас растущего древостоя в возрасте ($A-n$) лет, m^3 ; M_o^n – запас деревьев отпада, m^3 .

Определение таксационных показателей древостоя. На стационаре могут измеряться другие показатели: диаметр кроны, длина бессучковой части ствола, возраст дерева, индекс растущего пространства дерева, показатели пространственного распределения деревьев на стационаре и другие [13].

Средний диаметр древостоя (элемента леса) вычисляется как среднеквадратическая величина:

$$D_{cp.} = \sqrt{\sum d_i^2 / N},$$

где d_i – диаметр i -го дерева (с точностью 0,1 см); N – число деревьев.

Средний диаметр элемента леса в древостое вычисляется отдельно по ярусам, породам и категориям состояния деревьев (растущие, сухостойные, вырубленные и естественного отпада).

Средняя высота в древостое по элементам леса (ярус, порода и категория состояния) вычисляется как среднеарифметическое значение по данным измерений высот деревьев:

$$H_{\text{ср.}} = \sum h_i / N,$$

где h_i – высота i -го дерева с точностью до 0,1 м.

Средняя высота в древостое по элементам леса может оцениваться по регрессионным моделям связи диаметров и высот деревьев, измеренных на данном стационаре.

При измерениях длины окружности металлической рулеткой на высоте 1,3 м вместо диаметров деревьев, диаметр дерева вычисляется по формуле

$$d_i = C_i / \pi,$$

где d_i – диаметр дерева, 0,1 см; C_i – длина окружности i -го дерева, 0,1 см; π – число «пи», равное 3,14159.

Площадь сечения на высоте 1,3 м каждого дерева вычисляется по формуле

$$g_i = (\pi d_{\text{ср}}^2) / 4,$$

где d_i – среднее значение диаметров по измерениям диаметров i -го дерева в двух направлениях (СЮ, ЗВ) или вычисленное по длине окружности.

Суммы площадей сечений в древостое определяются по элементам леса (ярусам, породам) как сумма площадей сечений деревьев, например, сумма площадей сечений растущего древостоя (растущих деревьев): $G_p = \sum g_i$;

Средний возраст древостоя вычисляется на основе возрастов, измеренных деревьев:

$$A_{\text{ср.}} = \frac{\sum a_i}{n},$$

где a_i – возраст i -го дерева; n – число измеренных деревьев.

Для измерения возраста деревьев по ярусам, возрастным поколениям (если они имеются) и породам в древостое отбирается 30–50 деревьев по схеме систематической выборки (например, каждое пятое дерево). Возраст деревьев измеряется возрастным буравом путем взятия керна древесины у шейки корня, по мутовкам (хвойные молодняки) с добавлением 5–15 лет до первой мутовки.

Возраст лесных культур устанавливается по году создания культур или путем измерения возраста 2–3 средних по размерам деревьев.

Относительная полнота устанавливается по ярусам и породам в целом для наличного древостоя (растущие и сухостойные деревья):

$$П = G_T / G_H,$$

где G_T – сумма площадей сечений таксируемого древостоя, $\text{м}^2/\text{га}$; G_H – сумма площадей сечений «нормального» древостоя при полноте 1,0 на 1 га из нормативных таблиц.

Полнота смешанного древостоя определяется как сумма относительных полнот по породам:

$$P_{\text{см}} = P_c + P_b + P_e ,$$

где $P_{\text{см}}$ – полнота смешанного древостоя; P_c – полнота соснового древостоя (элемента леса); P_b – полнота березового древостоя; P_e – полнота елового древостоя.

Общий запас наличного древостоя вычисляется по ярусам как сумма запасов растущих и сухостойных деревьев по породам:

$$M_{\text{см}} = M_c + M_b + M_e ,$$

где M_c , M_b , M_e – запасы наличного древостоя по сосне, березе и ели.

Класс бонитета древостоя устанавливается по общепониманной шкале М.М. Орлова по ярусам для преобладающей или главной породы.

Класс товарности оценивается по проценту выхода деловой древесины по породам.

На стационаре закладывается почвенный шурф, дается морфологическое описание почвы по горизонтам, берутся образцы почвы, определяется механический и химический состав почвы [6].

Детальное описание живого напочвенного покрова, подлеска и подроста дается по общепринятой методике.

Тип леса (по И.Д. Юркевичу) и тип лесорастительных условий (по Погребняку) устанавливается по шкалам [6, 25].

Лекция 9. Закономерности строения насаждений

Изучение строения насаждений на протяжении длительного периода развития лесной таксации как научной дисциплины привело к установлению ряда теоретических и практических выводов о закономерности их строения.

Теория таксации располагает в настоящее время значительным рядом закономерностей, использование которых создает научно-теоретическую основу данной дисциплины, позволяющую разрешать на их основе комплексы вопросов теоретического и практического характера. Получаемые при этом научно обоснованные выводы характеризуются определенной достоверностью, что обеспечивает значительную экономию трудовых затрат при проведении исследований, таксации лесов и промышленной сортиментации.

Вейзе (1880) установил место среднего дерева однородного древостоя, площадь сечения которого на высоте 1,3 м является среднеарифметической для деревьев этого древостоя. Оказалось, что если все стволы однородного древостоя распределить в ранжированный ряд и принять общее их число за 100%, то среднее дерево находится в среднем 58% от наименьшего диаметра, с колебаниями от 55 до 60%.

Вимменауэр (1890) установил, что при таком распределении средний по объему ствол находится на 58,5% всего числа стволов с колебаниями от 55 – 60%.

Изучая распределение деревьев насаждения по ступеням толщины и частям древостоя (по 10% общего числа стволов), проф. Фекете (1902) выявил ряд закономерных отношений диаметров отдельных частей насаждения с диаметром среднего дерева древостоя (табл. 50).

Вывод проф. Фекете заключается в том, что, зная средний диаметр древостоя (60% по числу стволов) и общее число их, можно установить диаметры стволов для данного процента числа стволов. Например, средний диаметр древостоя 20 см, общее число стволов 300. В этом случае самое тонкое дерево будет иметь диаметр 11 см; диаметр дерева, составляющего 30% общего числа, будет 16,6 см и т. д.

Таблица 50

Величины абсолютных диаметров по отдельным частям древостоя

Средний диаметр древостоя, см	Диаметр, см, по процентным долям числа стволов										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
15	8,2	10,5	11,5	12,4	13,1	14,0	14,9	16,0	17,5	19,2	26,5
20	11,0	13,9	15,4	16,6	17,7	18,8	20,1	21,5	23,3	25,8	33,4
25 и т.д.	13,8	17,3	19,3	20,8	22,3	23,7	25,8	27,0	29,2	32,0	40,3

А. Шиффель, продолжая исследования проф. Фекете о распределении числа деревьев по ступеням толщины и распределяя все стволы древостоев последовательно по возрастающим ступеням толщины, выделил также группы стволов через 10%-ные числа стволов и выразил диаметры стволов по этим группам в процентах от диаметра среднего дерева, принимаемого за 100%. Положение дерева в древостое, характеризуемое известным процентом общего числа стволов, было названо рангом дерева, а относительные значения диаметров – редуцированными числами Rd . Следовательно, редуцированное число по диаметру представляет собой частное от деления абсолютной величины диаметра части древостоя, представленной соответствующим рангом, на диаметр среднего дерева, т. е.

$$R_{30} = \frac{d_{30}}{d_{cp}}$$

откуда

$$d_{30} = d_{cp} R_{30}$$

Изменение диаметров древостоя по их частям через 10%-ные числа стволов выражается уравнением

$$y = a + Bx + c.x^2 + dx^3.$$

В результате проведенного А. Шиффелем исследования Rd для еловых древостоев с различными средними диаметрами (от 10 до 50 см) была установлена стабильность редуцированных чисел по одинаковым процентам общего числа стволов, что позволило выразить средние их значения в долях среднего диаметра древостоя. При этом были получены средние значения Rd (табл. 51). На основе приведенных

значений R_d , зная средний диаметр древостоя, можно определить диаметр любой его части, выраженной в процентах от общего числа.

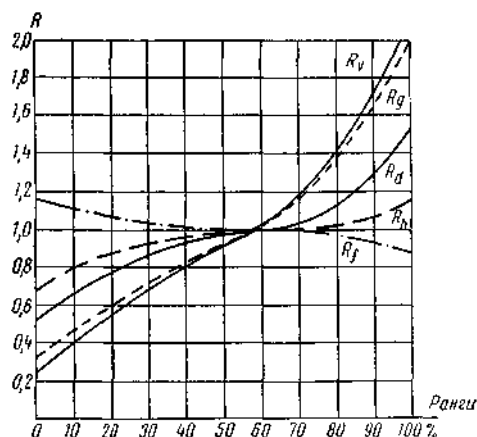


Рис. 47. График измерения редуционных чисел таксационных признаков насаждений в зависимости от рангов

Проф. М. В. Давыдов провел исследование R_d в отношении буковых древостоев Закарпатской области, причем были получены средние значения редуционных чисел по диаметру, подтверждающие общий характер их по данным Шиффеля.

Помимо редуционных чисел по диаметру R_d , Шиффелем были исследованы редуционные числа и по другим таксационным признакам, а именно: высотам H , видовым числам f , площадям сечений на высоте 1,3 м, G и запасам V .

Абсолютные значения перечисленных величин приводятся в табл. 52. График редуционных чисел таксационных признаков древостоя показан на рис. 47.

Таблица 51

Редукционные числа по диаметру

Источник	Значение R_d по процентным долям числа стволов										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
По А. Шиффелю	0,555	0,689	0,771	0,837	0,895	0,955	1,010	1,080	1,17	1,281	1,550
То же по формуле	0,555	0,680	0,771	0,841	0,898	0,948	1,006	1,078	1,17	1,302	1,475
По данным проф. М.В. Давыдова для буковых насаждений	0,474	0,611	0,715	0,787	0,863	0,935	1,00	1,80	1,18	1,390	1,850

Таблица 52

РЕДУКЦИОННЫЕ ЧИСЛА ПО ТАКСАЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЕРЕВЬЕВ В ДРЕВОСТОЕ

Таксационный признак	Редукционные числа по процентным долям числа стволов										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Диаметр	0,555	0,689	0,771	0,837	0,895	0,955	1,010	1,080	1,170	1,280	1,560
Высота	0,680	0,788	0,866	0,911	0,947	0,978	1,004	1,030	1,056	1,092	1,140
Видовое число	1,105	1,074	1,052	1,037	1,025	1,010	1,000	0,980	0,960	0,925	0,870
Площадь сечения	0,308	0,475	0,595	0,702	0,802	0,913	1,020	1,170	1,370	1,640	2,430
Объем ствола	0,231	0,405	0,545	0,676	0,791	0,907	1,020	1,170	1,380	1,650	2,450

Располагая средними значениями редуционных чисел по отдельным таксационным показателям, можно получить абсолютные значения данного признака и заданной части по проценту числа стволов по формуле $T = T_{cp} R_{T\%}$

Значительная работа по изучению строения древостоев и дальнейшему углублению исследований проф. Фекете и Шиффеля проведена в нашей стране проф. А.В. Тюриным. Для выявления закономерностей в строении древостоев он распределял деревья не по процентным отношениям числа стволов, а по ступеням толщины, выраженным в десятых долях среднего диаметра древостоя. Такие ступени, являющиеся общими для всех древостоев и не зависящие от конкретных диаметров, проф. А.В. Тюрин назвал естественными ступенями толщины. Принимая величину таксационного признака среднего дерева древостоя за единицу, проф. А. В. Тюрин проследил изменения по естественным ступеням не только диаметров, но и других таксационных показателей древостоев. Результаты своих исследований он представил в виде сводной таблицы (табл. 53).

Таблица составлена по материалам анализа многочисленных перерчетов деревьев однородных древостоев по абсолютным ступеням толщины:

а) по распределению числа стволов по ступеням толщины;

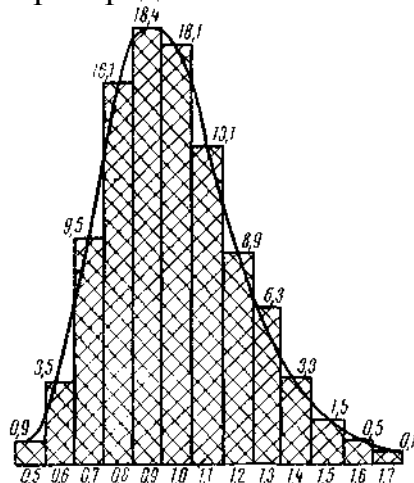


Рис. 48. Распределение числа деревьев по естественным ступеням в процентах

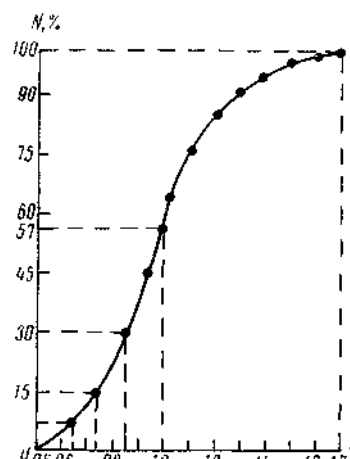


Рис. 49. График последовательного суммирования процентов числа деревьев по ступеням толщины (кумулята)

б) по распределению сумм площадей сечений и запасов по ступеням толщины;

в) по относительным высотам и относительным видовым числам;

г) по относительным объемам древесных стволов.

Графическое изображение процентного распределения числа деревьев по ступеням толщины выражается некоторой правильной кривой нормального распределения (рис. 48).

Если принять средний диаметр за единицу, то пределы его составят 0,5 (нижний) и 1,7 (верхний), т. е. всего 13 естественных ступеней. Зная абсолютную величину среднего диаметра древостоя и общее число стволов и используя данные табл. 53, можно составить перечень деревьев по абсолютным ступеням толщины.

Для практического использования проф. А. В. Тюрин составил таблицу распределения числа стволов и запасов по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра древостоев.

Произведя последовательное суммирование процентов числа деревьев по естественным ступеням и откладывая на графике полученные величины по соответствующим естественным ступеням, получим интегральную кривую – кумуляту (рис. 49).

Располагая таким графиком, можно показать зависимость между диаметром деревьев и местом их в древостое по числу стволов. На графике по оси абсцисс отложены естественные ступени, а по оси ординат – число стволов в процентах по естественным ступеням. Так, число стволов ступени 0,5 равно 0,7%; ступени 0,6 – 3,5%, суммирование их дает $3,5 + 0,7 = 4,2\%$. Эта величина отложена по оси ординат для абсцисс 0,65, т. е. в верхнем конце ступени 0,6, границами которой являются 0,55 и 0,65. Для ступени 1,0 суммированный процент числа стволов равен 57,0%, для ступени 1,7 – 100%. Наоборот, зная процент числа стволов и располагая масштабом ординаты, опускают перпендикуляр на кумуляту, а от нее на ось абсцисс и находят соответствующую ступень толщины. Пользуясь графиком, можно определить относительные размеры дерева, если знать его место в насаждении; например, дерево, отстоящее на 30% от общего числа, начиная от самого тонкого, будет иметь диаметр, равный 0,85 среднего диаметра насаждения, а высота его будет составлять 0,91 высоты среднего дерева; относительный объем равен 0,676 объема среднего дерева.

Таблица 53

Распределение таксационных показателей деревьев по естественным ступеням толщины

№ ря да	Таксационный признак	Естественные ступени												
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
1	Распределение числа деревьев по ступеням толщины, %	0,7	3,5	9,5	16,1	18,4	18,1	13,1	8,9	6,3	3,3	1,5	0,5	0,1
2	Последователь- ное суммирова- ние числа ство- лов по ступеням	0,7	4,2	13,7	29,8	48,2	66,3	79,4	88,3	94,6	97,9	99,4	99,9	100
3	Относительные площади сече- ний отдельных стволов	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,0	1,21	1,44	1,69	1,96	2,25	2,56	2,89
4	Относительные высоты деревьев	0,80	0,85	0,89	0,93	0,97	1,00	1,03	1,05	1,08	1,08	1,12	1,14	1,15
5	Относительные видовые числа	1,105	1,085	1,060	1,040	1,020	1,000	0,980	0,960	0,940	0,940	0,900	0,885	0,870
6	Относительные объемы отдель- ных стволов	0,221	0,332	0,462	0,619	0,802	1,00	1,221	1,465	1,715	1,715	2,268	2,584	2,891

В результате проведенных проф. А. В. Тюриным исследований закономерностей строения древостоев по ступеням толщины, представляющих большие теоретические значения, установлено, что процентное распределение деревьев по естественным (относительным) ступеням толщины не зависит ни от древесной породы, ни от бонитета, ни от полноты, а несколько зависит от возраста и в некоторой степени от рубок ухода, в той или иной мере нарушающих закономерность в строении древостоя.

На рис. 50 показаны относительные площади сечений отдельных стволов по естественным ступеням, изображенные в виде диаграммы, а также в виде плавной вогнутой кривой.

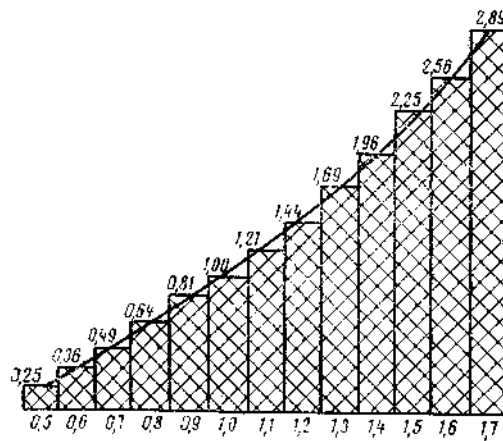


Рис. 50. Относительные площади сечения отдельных стволов по естественным ступеням

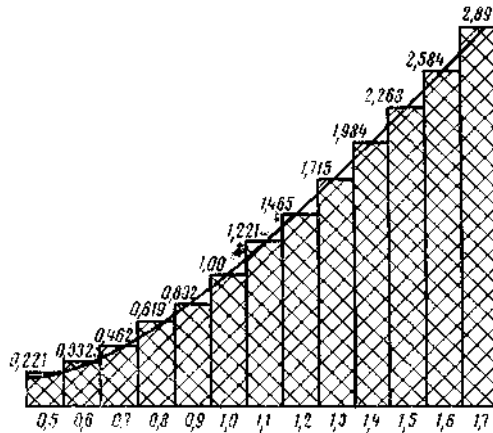


Рис. 51. Относительные объемы отдельных стволов по естественным ступеням

Аналогичное изображение имеют относительные объемы отдельных стволов по естественным ступеням (рис. 51). Если по оси абсцисс отложить вместо естественных ступеней относительные площади сечений по ступеням, а по ординатам – относительные объемы, то получим линейную зависимость объемов, называемую прямой объемов (Копецкого).

Абсолютные величины на рис. 50 и 51 весьма похожи: по площади сечения нижний предел 0,25, по объему 0,221; верхний предел по площади сечения и по объему 2,89. Следовательно, объем самого тонкого дерева составляет 22% объема среднего дерева и, наоборот, объем самого толстого дерева в насаждении превышает объем среднего дерева в 2,9 раза.

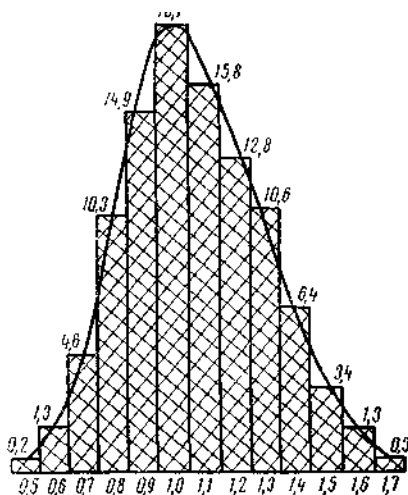


Рис. 52. Распределение сумм площадей сечений насаждений по естественным ступеням в процентах

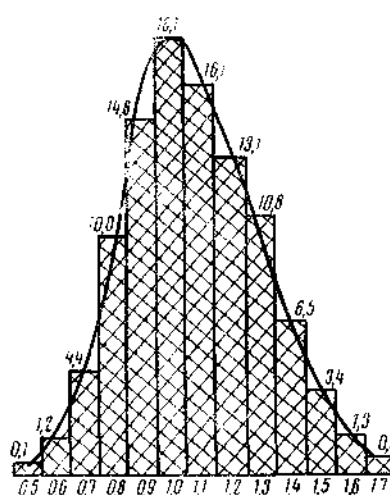


Рис. 53. Распределение запаса насаждения по естественным ступеням

ным ступеням в процентах в процентах

На рис. 52 дано распределение сумм площадей сечений древостоев в процентах по естественным ступеням, которое также характеризуется кривой нормального распределения. Наибольший процент (18,1%) приходится на среднюю ступень. Доля участия крайних ступеней очень мала (0,2 – 0,3%).

Распределение запасов древостоя по ступеням толщины характеризуется аналогично (рис. 53). Как видно из табл., различие относительных величин запасов и площадей по естественным ступеням незначительно.

Последовательное суммирование объемов (в числителе) и площадей сечений (в знаменателе) древостоя по естественным ступеням

показано на рис. 54 в виде диаграмм и плавной S-образной кривой – кумуляты. Различие абсолютных величин объемов и площадей сечений по ступеням также незначительно.

Существенно важны соотношения между диаметрами и высотами древостоев по естественным ступеням (табл. 53).

Если среднюю высоту древостоя принять за единицу, то пределы высот будут: низший 0,80 и высший 1,15. В молодых древостоях эти пределы расширяются, а в старых сближаются на 0,05. Зная абсолютную среднюю высоту древостоя и используя относительные высоты деревьев можно легко вычислить абсолютные высоты по ступеням толщины путем умножения средней h на относительные высоты.

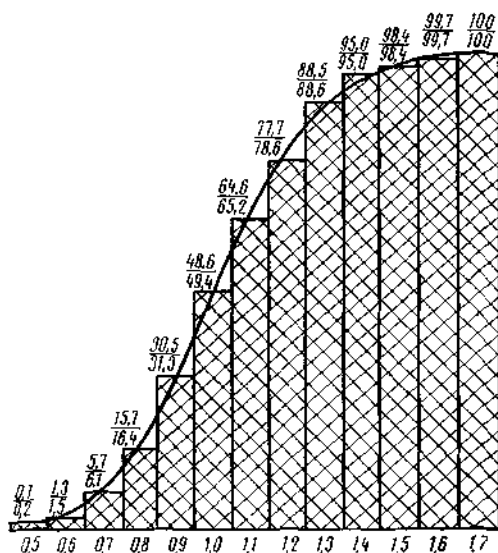


Рис. 55. Последовательное суммирование объемов и площадей сечений по естественным ступеням в процентах

На рис. 56 приведены относительные высоты по естественным ступеням толщины. Относительные видовые числа древостоев по естественным ступеням наибольшие для самых тонких и наименьшие для самых толстых ступеней.

Изложенные основные закономерности строения древостоев являются теоретической базой для определения важнейшего таксационного признака древостоев – его запаса.

Приведенные закономерности характеризуют чистые разновозрастные древостой. В процессе естественного изреживания насажде-

ний всех древесных пород наблюдается переломный возраст, после которого процесс изреживания замедляется. Для хвойных насаждений этот возраст близок к 40 – 50 годам.

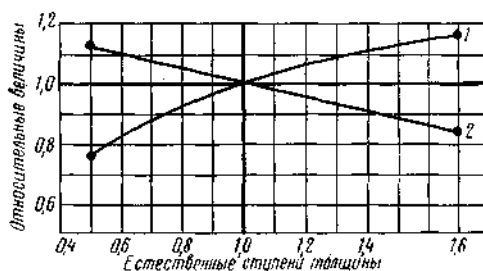


Рис. 56. График изменения видовых чисел и высот по естественным ступеням:
1 – высоты; 2 – видовые числа

Строение смешанных древостоев является более сложным, чем чистых. Этому вопросу посвящена работа К. К. Высоцкого. Однако изучение строения молодняков и смешанных древостоев нуждается в дополнительных исследованиях. Также слабо изучено строение разновозрастных древостоев, характерных для больших площадей лесных массивов Севера и таежных ельников. Достоверные данные по этому вопросу могут быть получены на пробах со сплошной рубкой деревьев.

Оригинальная работа в этом направлении проведена И. И. Гусевым по исследованию возрастной структуры ельников. В отличие от методики исследований строения одновозрастных насаждений по ступеням толщины автор распределил все срубленные деревья на 30 пробных площадях со сплошной рубкой по естественным (относительным) ступеням возраста, принимаемого за единицу, с амплитудой от 0,3 до 1,8.

В теории строения древостоев одним из главных вопросов является выбор теоретических функций для выравнивания рядов распределения числа деревьев.

Математическая статистика выдвинула ряд общих условий, предъявляемых к кривым распределения:

1) кривая распределения должна быть по возможности теоретически обоснована, т.е. опираться на те или иные стохастические (вероятностные) схемы, по которым может происходить изучаемое явление;

2) кривая распределения должна иметь возможно более простое уравнение;

3) уравнение кривой должно содержать небольшое число параметров, числовая фиксация, которых определяет кривую;

4) кривая распределения должна по возможности сохранить типичные, характерные черты наблюдаемого явления.

К теоретическим распределениям, используемым для моделирования строения древостоев по диаметру, относятся нормальное, логарифмически-нормальное, гамма- и бета-распределения, обобщенное нормальное распределение, распределения Пуассона, Джонсона, Вейбулла [11, 27].

При разработке имитационной модели строения древостоев по диаметру нами были использованы следующие теоретические распределения: нормальное, бета-распределение, распределение Вейбулла, как наиболее широко используемые в практических задачах.

Опытные распределения по диаметру аппроксимировались функциями теоретических распределений и по хи-квадрат критерию согласия Пирсона оценивалось соответствие опытного распределения теоретическому с доверительной вероятностью 0,95. По результатам данной оценки из всех распределений выбиралось лучшее.

Модель нормального распределения

Среди различных теоретических функций распределения особое значение имеет функция Гаусса-Лапласа или нормальное распределение, имеющее два параметра (среднюю и дисперсию), а также произвольную постоянную (площадь под кривой распределения), которые должны соответствовать по величине опытному распределению.

Этот тип непрерывного распределения был открыт в 1733 году Муавром.

Нормальное распределение наиболее широко используется в технических задачах, как статистическая модель. Преимущество данной модели в том, что ее проще выразить математически, а также многие статистические выводы разработаны при допущении нормального распределения случайных величин.

В лесной таксации долгое время существовало положение, что распределение таксационных показателей в нормальных насаждениях соответствует закону нормального распределения. Однако, как показали исследования, гораздо чаще распределение деревьев в древостое не подчиняется закону нормального распределения. Опытные распре-

деления. как правило, имеют асимметрию и эксцесс. Результаты статистического анализа строения исследуемых древостоев подтверждают данное утверждение.

В отношении распределения диаметров деревьев в древостое, плотность нормального распределения имеет вид:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(d-D)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Если в этой формуле отклонения от среднего арифметического диаметра выразить в единицах стандартного отклонения ($x_i=(d_i - D)/\sigma$), а стандартное отклонение принять за единицу, то функция плотности вероятностей нормированного нормального распределения равна:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right]$$

где D – среднеарифметическое значение, см;

σ – среднеквадратическое отклонение, см.

Кривая нормального распределения полностью определяется двумя параметрами: среднеквадратическим отклонением, определяющим масштаб кривой, и средним значением, определяющим положение максимума кривой.

Все нормальные распределения симметричны и имеют одинаковую форму, т. е. это распределение не имеет параметра формы. При равных средних диаметрах древостоев, но с различными среднеквадратическими отклонениями, с увеличением среднеквадратического отклонения уменьшается размах распределения и деревья группируются около центральных ступеней толщины (рис. 57).

Изменение среднего диаметра древостоя при постоянном среднеквадратическом отклонении влечет за собой перемещение кривой распределения по оси абсцисс вправо или влево в зависимости от того, увеличивается или уменьшается средний диаметр.

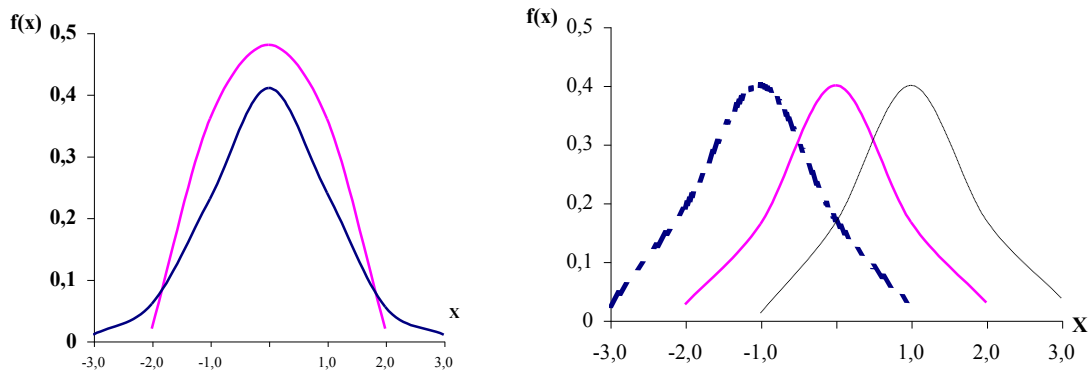


Рис. 57. Нормальные распределения диаметров в сосновых древостоях с различными значениями среднего и масштаба распределения

Область изменения нормально распределенной случайной величины находится в интервале от минус бесконечности до плюс бесконечности, т. е. кривая нормального распределения не имеет нижнего и верхнего пределов (с левой и правой сторон распределения). Все кривые нормального распределения симметричны по отношению к среднему значению и имеют нулевую асимметрию. Это не соответствует характеру распределений диаметров деревьев в древостое, отличающимся асимметричностью и имеющими нижние и верхние пределы (минимальный и максимальный диаметры). Поэтому нормальное распределение дает приемлемую аппроксимацию в центральных ступенях толщины, но плохо подходит для оценки числа тонкомерных и, особенно, крупномерных деревьев. Недооценка количества крупномерных деревьев повлечет погрешности в оценке запаса и сортиментной структуры древостоя.

Кривая нормального распределения имеет колоколообразную форму с одним максимумом в точке D , двумя точками перегиба на расстоянии $\pm \sigma$ от центра распределения и приближается к оси абсцисс при стремлении к бесконечности. Коэффициенты асимметрии и эксцесса нормального распределения равны нулю. Опытные распределения числа деревьев по диаметру характеризуются положительными и отрицательными значениями показателей асимметрии и эксцесса, что не согласуется с нормальным распределением. Кроме того, опытные распределения деревьев имеют нижний и верхний пределы распределения, что также не отражается моделью нормального распределения.

Анализ результатов выравнивания строения опытных древостоев по диаметру показал, что нормальное распределение можно применять в отдельных случаях для аппроксимации распределений деревьев по диаметру в сосняках, ельниках и березняках. Такое распределение удовлетворительно выравнивает симметричные распределения или распределения, имеющие небольшие показатели асимметрии и эксцесса (рис. 58, 59, 60).

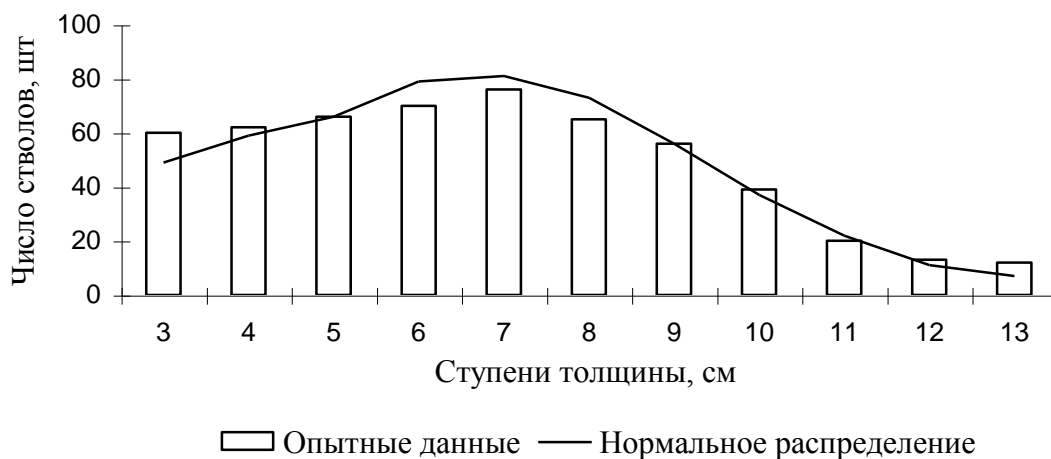


Рис. 58. Опытное и теоретическое распределения деревьев по диаметру в сосновых древостоях

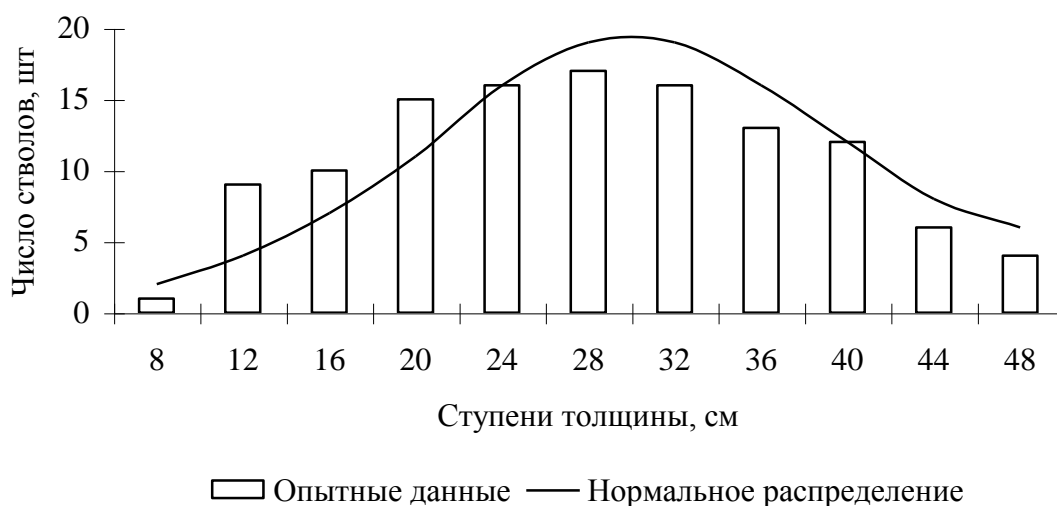


Рис. 59. Опытное и теоретическое распределения деревьев по диаметру в еловых древостоях

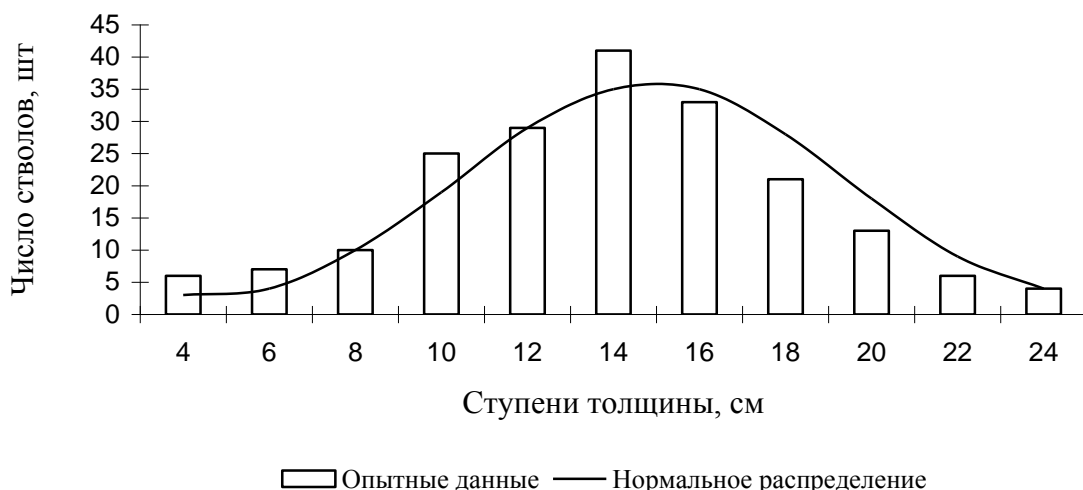


Рис.60. Опытное и теоретическое распределения деревьев по диаметру в березовых древостоях

Результаты статистической обработки показывают, что симметричные распределения или распределения, имеющие небольшие показатели асимметрии и эксцесса, характерны для чистых приспевающих сосновых древостоев, средневозрастных и приспевающих ельников и березняков. Поэтому, кривую нормального распределения можно использовать при аппроксимации распределения по диаметру древостоев данного возраста с небольшими значениями асимметрии и эксцесса.

Модель бета-распределения

Для описания распределений, ограниченных с двух сторон, служит бета-распределение. Бета-распределение относится к числу основных и важных статистических моделей, используемых при изучении распределений случайных величин.

Плотность вероятности бета-распределения, определенная в интервале (0, 1) имеет вид

$$f(x, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \gamma)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\gamma)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\gamma-1}, & 0 \leq x \leq 1, 0 < \alpha, 0 < \gamma \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

Интегральная функция распределения

$$F(x, \alpha, \gamma) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{\Gamma(\alpha + \gamma)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\gamma)} \int_0^x t^{\alpha-1} (1-t)^{\gamma-1} dt, & 0 \leq x \leq 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$$

где x – случайная величина;

α и γ – параметры формы;

$\Gamma(\alpha)$, $\Gamma(\gamma)$, $\Gamma(\alpha + \gamma)$ – гамма функция.

Форма кривой бета-распределения определяется параметрами α и γ . При $\alpha = \gamma > 0$ наблюдается одновершинное симметричное распределение. Если $\alpha > 1$ и $\gamma > 1$ распределение одновершинное с положительной или отрицательной асимметрией, в зависимости от величин α и γ . При $\alpha < 1$ и $\gamma < 1$ распределение U – образное. Если $\alpha < 1$, а $\gamma \geq 1$ распределение имеет J – образную форму, а если $\alpha \leq 1$ и $\gamma < 1$, то распределение имеет вид убывающей кривой.

Бета-распределение является моделью для описания различных опытных распределений, так как в зависимости от параметров принимает самую разнообразную форму.

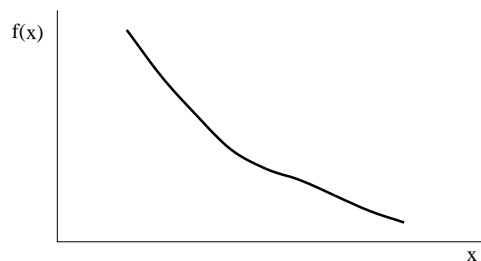
Убывающее, J – образное, распределение наблюдается (Атр/): 1) в естественных насаждениях на малых площадях, представленных деревьями разных классов возраста; 2) в смешанных насаждениях, с большим числом составляющих пород (рис. 61).

Левовершинное с положительной асимметрией распределение является типичным для распределений числа деревьев по диаметру в одновозрастных древостоях, не пройденных рубками ухода, или пройденных рубками ухода слабой (средней) интенсивности по комбинированному (низовому) способу.

а) симметричное



б) J – образное



в) положительная асимметрия

г) отрицательная асимметрия

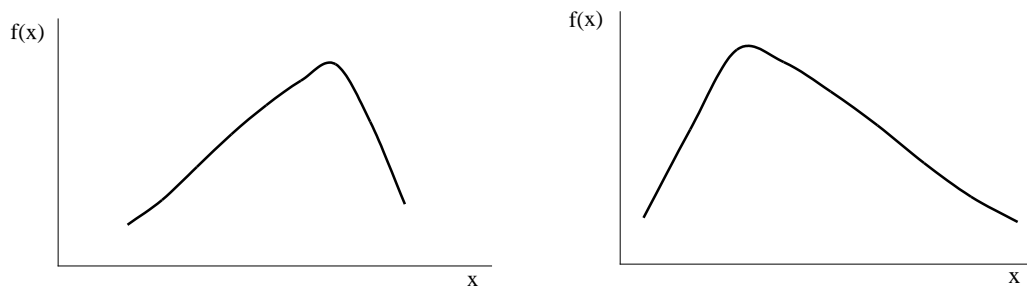


Рис. 61. Виды распределения числа деревьев по диаметру

Правовершинное с отрицательной асимметрией распределение диаметров деревьев можно получить искусственным путем при интенсивной рубке маломерных деревьев. Это распределение является характерным для распределений высот деревьев в одновозрастном древостое.

Вследствие того, что бета-распределение может иметь различную форму, оно используется для описания большого числа реальных случайных величин.

Бета-распределение использовали при моделировании распределения деревьев по диаметру Ф. Зехер (1970), О.А. Атрощенко, В. Ф. Багинский и Л. Д. Есимчик, И. В. Толкач, Ф. М. Крус /14, 15, 18, 10, 11, 9, 219, 311, 312, 313/.

О.А. Атрощенко исследовал строение чистых сосновых, еловых и березовых древостоев и разработал автоматизированную систему моделирования и прогноза роста древостоев Белоруссии, в которой в качестве модели распределения числа деревьев по ступеням толщины принята бета-функция.

И. В. Толкач применил бета-распределение для выравнивания опытных распределений деревьев по диаметру при разработке имитационной системы моделирования строения, хода роста и производительности естественных сосновых древостоев Беловежской пуши.

Ф. М. Крус разработал имитационную систему моделирования строения насаждений быстрорастущей сосны яйцеплодной в Никарагуа по диаметру, где в качестве статистической модели распределения деревьев по диаметру было использовано бета-распределение.

Наибольшее распространение получили четыре метода вычисления параметров бета-распределения по опытным данным: 1) применение регрессионного анализа; 2) вычисление параметров бета-

распределения по системе кривых Пирсона; 3) определение экспонент распределения с помощью стандартных кривых; 4) вычисление параметров бета-распределения через среднюю арифметическую, дисперсию и пределы кривой распределения.

Бета-распределение может быть рассмотрено в системе кривых Пирсона. Процедура заключается в вычислении первых четырех моментов, по которым определяются пределы и экспоненты бета-функции. Систематическая ошибка ввиду группировки деревьев по ступеням толщины может быть существенно уменьшена. В то время как на первой и второй моменты (арифметическую среднюю и дисперсию) эта систематическая ошибка практически не влияет, то третий и четвертый моменты весьма чувствительны к ней. Поэтому этот способ не рекомендуется.

Стандартные кривые бета-распределений могут быть выполнены при следующих двух условиях:

1) экспоненты имеют соотношение

$$\alpha + \beta = \gamma$$

2)
$$\text{const} \int_a^b (x-a)^{\alpha-1} (b-x)^{\beta-1} dx = N$$

где N – постоянная величина.

Графики стандартных кривых можно разработать для любых возможных сочетаний α / γ .

Для подбора стандартной кривой с целью выравнивания опытного распределения необходимо, чтобы кривые совпадали по площади и пределам a, b . Этот способ может быть использован для приближения в оценках экспонент α, γ , например при классификации лесов, для оценки постоянного множителя C .

Опытное распределение деревьев по диаметру в древостое можно описать функцией бета-распределения:

$$f(d) = C(d-d_{\min})^{\alpha} (d_{\max}-d)^{\beta}$$

где $f(d)$ – дифференциальная функция бета-распределения; d_{\min}, d_{\max} – минимальный и максимальный диаметры деревьев; α, β – параметры формы кривой бета-распределения; C – постоянный коэффициент.

$$C = \frac{N}{\int_{d_{\min}}^{d_{\max}} f(d) dx}$$

Площадь по кривой бета-распределения равна числу деревьев (N) в древостое.

Ф. Зехер (1970) разработал программу, по которой параметры бета-функции вычисляются через среднюю величину и дисперсию распределения:

$$Z = (D - a) / (b - a)$$

$$S = \sigma_d / (b - a)$$

$$P = Z / \sqrt{1 - Z^2}$$

$$\gamma = \frac{P / S^2 \sqrt{1 - Z^2}}{P + 1} - 1$$

$$\alpha = \frac{P \sqrt{1 - Z^2}}{P + 1}$$

где D – среднеарифметический диаметр распределения, см;
 σ_d – дисперсия ряда распределения деревьев по диаметров, см;
 a – нижний предел бета-распределения, см;
 b – верхний предел бета-распределения, см.

Бета-распределение, имеющее два параметра формы кривой, хорошо аппроксимирует распределения как с положительными, так и с отрицательными значениями асимметрии и эксцесса (рис. 62, 63).

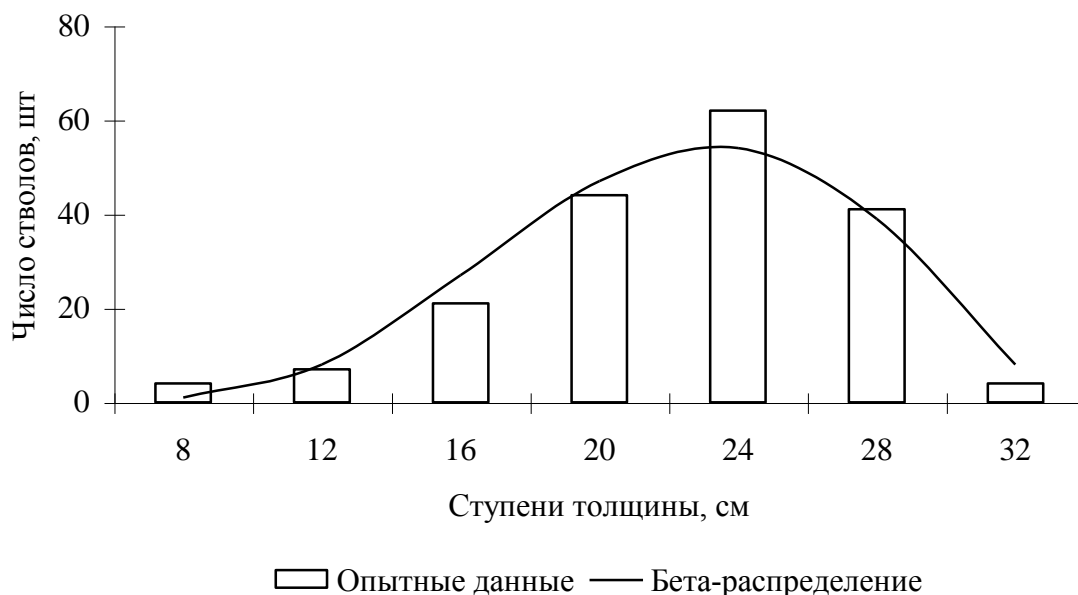


Рис. 62. Опытное и теоретическое распределения деревьев по диаметру в сосновых древостоях

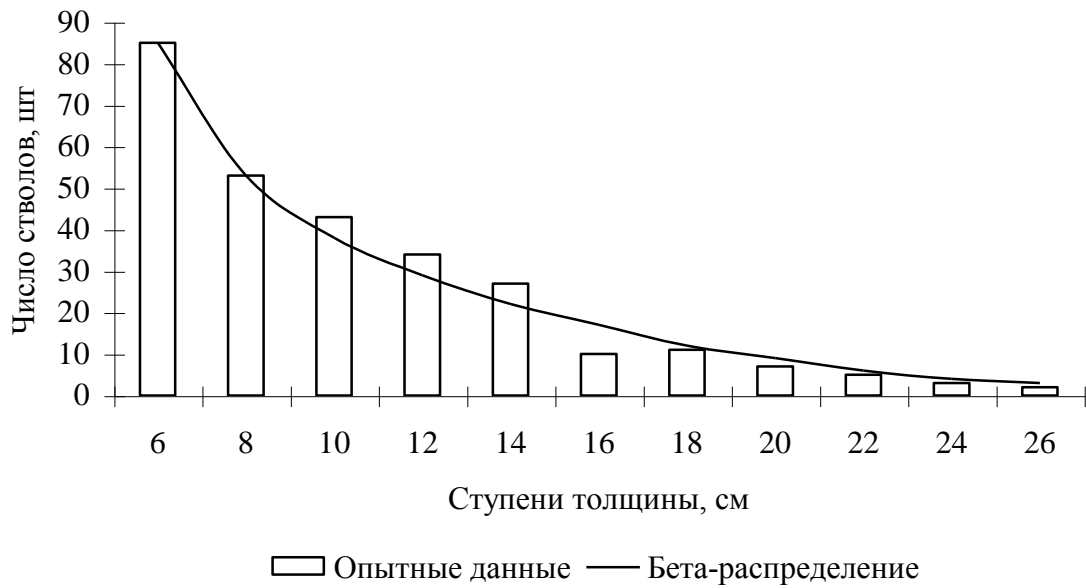


Рис. 63. Опытное и теоретическое распределения деревьев по диаметру в березовых древостоях

Лекция 10. Выборочные методы таксации леса. Теория Биттерлиха

В нашей стране и за рубежом в последние годы учет лесных ресурсов проводится на основе широкого применения выборочных методов таксации насаждений и инвентаризации лесных массивов.

В соответствии с классификацией предложенной А.Н. Федосимовым методы выборочной таксации древостоев подразделяются на следующие:

1. Реласкопические методы.
2. Реласкопическо-перечетные методы.
3. Перечислительные методы.
4. Комбинированные методы.

В 1948 г. Австрийский ученый лесовод В. Биттерлих предложил новую теорию лесных измерений (угловые или реласкопические площадки).

Слово реласкопические происходит от двух слов: relative – относительный, scoro – наблюдать, т.е. наблюдать относительно чего-то или наблюдать соотношения.

Биттерлих для упрощенного определения сумм площадей сечений предложил прибор die Winkelzahlprobe, описанный выше [65].

Сущность применения прибора Биттерлиха заключается в следующем.

Если наблюдатель, поворачиваясь на месте, прибором Биттерлиха опишет на местности круг, то диаметр этого круга будет 2 м, а радиус 1 м (рис. 64). Площадь такого круга равна

$$\pi R^2 = \pi 100 \text{ см}^2$$

Если на окружности описанного круга окажется три дерева диаметром 2 см каждое, то площадь их поперечного сечения будет равна $3\pi \text{ см}^2$.

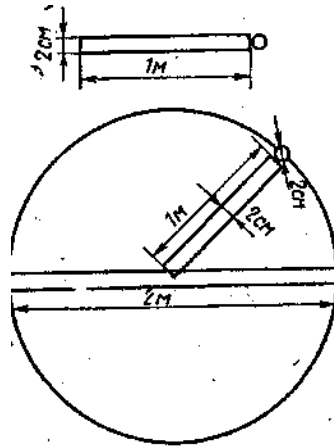


Рис. 64. Визирование прибором В. Биттерлиха при круговой площади радиусом 1 м

По отношению к площади описанного круга радиусом 1 м сумма площадей поперечных сечений трех деревьев диаметром 2 см каждое составляет

$$S = \frac{3\pi r^2}{\pi R^2} = \frac{3\pi 1^2}{\pi 100^2} = \frac{3}{10000} = 0,0003$$

Следовательно, площадь поперечного сечения каждого дерева равняется $0,0003:3 = 0,0001$ круговой пробной площади. Если поперечные сечения имеющихся на пробной площадке деревьев составляют $0,0001$ ее части, то на 1 га древостоя, состоящего из таких же деревьев, они будут равны 1 м^2 , так как $0,0001$ от площади 1 га, или $10\,000 \text{ м}^2$, составляет 1 м^2 .

Предположим, что в 2 м от наблюдателя находится дерево диаметром 4 см. Визируя на это дерево прибором Биттерлиха, мы увидим, то оно полностью закроет 2-сантиметровую рамку прибора Биттерлиха. Площадь поперечного сечения этого дерева равна

$$\pi 2^2 = \pi 4$$

Если из точки визирования описать круг радиусом 2 м, то его площадь будет равна

$$\pi 200^2 = \pi 40000$$

Отношение площади поперечного сечения дерева диаметром 4 см к площади круга радиусом 2 м и в данном случае составляет

$$\frac{\pi 4}{\pi 40000} = \frac{1}{10000} = 0,0001$$

Следовательно, и в данном случае на 1 га площадь поперечных сечений аналогичных деревьев будет 1 м^2 .

Рассмотренные нами примеры позволяют заключить, что при пользовании прибором Биттерлиха дерево, полностью закрывающее предметную рамку диоптра, при учете сумм площадей поперечных сечений на 1 га можно приравнять к 1 м^2 поперечного сечения при факторе полнотомера $q = 1$. Если таксатор, визируя вокруг себя на деревья, найдет 20 деревьев, перекрывающих прицельную рамку, то это означает, что в данном древостое на 1 га сумма площадей сечений равна 20 м^2 . Деревья каждой отдельной ступени толщины могут войти в число учитываемых только в той круговой пробе, диаметр которой равен такому числу метров, сколько сантиметров содержится в данной ступени толщины. Например, деревья толщиной 8 см будут учитываться на круговой пробе диаметром 8 м, а толщиной 12 см – на круговой пробе диаметром 12 м. Радиусы и диаметры круговых проб, на которых при таксации с помощью прибора Биттерлиха учитываются деревья отдельных ступеней толщины, показаны на рис. 65.

На основании изложенного и рис. 65 можно заключить, что диаметры деревьев всех размеров относятся к радиусам круговых проб, как 1 : 50, а к диаметрам, как 1 : 100. Ширина предметов, точно вписывающихся в угол визирования прибора Биттерлиха, увеличенная в 50 раз, указывает расстояние до этих предметов от глаза наблюдателя. Соответственно такому соотношению диаметров отношение площади поперечных сечений учитываемых деревьев к площади круговых проб будет следующим:

$$\frac{\frac{\pi}{4}d^2}{\frac{\pi}{4}D^2} = \frac{d^2}{D^2} = \frac{1^2}{100^2} = \frac{1}{10000}.$$

В аналогичном соотношении, т.е. 1 : 10 000, находится площадь 1 м^2 с числом квадратных метров, содержащихся в 1 га. Этим постоянным, в обоих случаях одинаковым соотношением между поперечным сечением учитываемого дерева и площадью круговой пробы, с одной стороны, и 1 м^2 и числом квадратных метров в 1 га, с другой, и надо воспользоваться для перехода от числа деревьев к сумме площадей сечений деревьев на 1 га. При таком решении вопроса сумма площадей сечения деревьев каждой ступени толщины определяется в долях площади пробы. В обоих случаях доли площади имеют общий

знаменатель (10 000). При наличии общего знаменателя для нахождения суммы дробных величин необходимо лишь суммировать числители. Полученный результат показывает в десятитысячных долях единицы сумму площадей поперечных сечений деревьев всех ступеней толщины, имеющих на круговых пробах.

Чтобы перейти от относительных значений к абсолютным, числитель полученной дроби надо рассматривать как сумму площадей сечений деревьев, выражаемую в квадратных метрах, а знаменатель – как число квадратных метров в 1 га.

Ограничивающий угол, или угол визирования прибора, обозначим α точно вписывающийся в этот угол диаметр дерева – d . Диаметр круговой площадки, на которой учитываются деревья данного размера, равен D , а радиус круговой площадки r .

При этих условиях $D = 2r$. Диаметр ствола с диаметром круговой площадки находятся в следующем соотношении:

$$\frac{d}{2} : \frac{D}{2} = \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Отношение площади поперечного сечения ствола к площади круговой площадки, или ограничивающего круга, для дерева данного диаметра будет

$$\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 : \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Площадь поперечного сечения (м^2) по отношению к площади 1 га ($\text{м}^2/\text{га}$) составляет

$$10000 \left(\frac{d}{2} \right)^2 \pi : \left(\frac{D}{2} \right)^2 \pi = 10^4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

Если внутри ограничивающего круга душ деревьев данного диаметра насчитано N стволов, то сумма площадей поперечных сечений (выраженная в $\text{м}^2/\text{га}$) равняется

$$\Sigma G = 10^4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} N$$

Это уравнение в теории В. Биуттерлиха является основным.

Выражение $10^4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ является числовым множителем. Угол визирования у прибора надо выбирать такой, при котором этот множитель был бы равен целому числу. Более удобен для пользования

прибор, для которого множитель $10^4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ равен единице. При этом условии число деревьев N равняется сумме площадей поперечных сечений $\sum G$ (м^2) на 1 га насаждения.

Например, если ширина предметной рамки 2 см и длина визирного бруска 100 см, угол визирования $\alpha = 1^\circ 10'$. Половина этого угла имеет $\sin 35' = 0,01$, а $\sin^2 35' = 0,0001$. Соответственно этому множитель $10^4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ равняется $10^4 \cdot 0,0001 = 1$

Таким образом, сумма площадей сечений древостоя на реласкопической круговой пробной площадке полнотомером Биттерлиха измеряют, имея три случая: 1) диаметр (толщина) дерева больше чем прицел полнотомера ($G = 1\text{ м}^2$); 2) диаметр дерева совпадает с прицелом ($G = 0,5 \text{ м}^2$); 3) диаметр меньше прицела, т.е. дерево не учитывается (рис. 65).

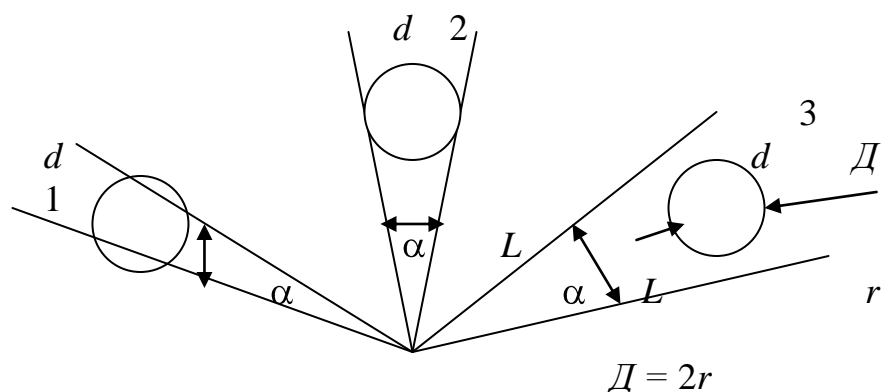


Рис. 65. Измерение полнотомером суммы площадей суммы сечений древостоя.

Метод Биттерлиха по существу является выборочным. Поэтому встает вопрос, как определить количество площадок на 1 га и места для закладки круговых площадок (схему выборки).

Размер КПП можно определить по формуле:

$$R = 0,5d \sqrt{\frac{A}{q}}$$

где: R – радиус КПП;
 d – диаметр дерева;

A – единица площади;
 q – фактор полнотомера

Примеры:

$$q = 1 (G = 1 \text{ м}^2)$$

$$A = 10000 \text{ м}^2$$

$$R = 0,5d \sqrt{\frac{10000}{1}} = 50d$$

$$d = 20 \text{ см}$$

$$R = 10 \text{ м}$$

$$q = 2 (1 \text{ дерево } G = 2 \text{ м}^2)$$

$$R = \frac{50}{\sqrt{2}} d$$

$$R = 35,355 \text{ м}$$

$$d = 20 \text{ см}$$

$$R \approx 7 \text{ м}$$

Фактор полнотомера (q) может быть равен 1, 2, 4 м² в зависимости от среднего диаметра древостоя и относительной полноты насаждения. В насаждениях без подроста с полнотой 0,7 = 1,0 применяют фактор $q = 1$, в редких древостоях с полнотой 0,5–0,6 факторов $q = 2$, в насаждениях с подростом $q = 4$.

Проведенные во французских приморских сосновых лесах исследования показали, что на 1 га надо закладывать 4–5 круговых площадок. С увеличением площади участка число круговых площадок на 1 га может быть несколько уменьшено. На участке площадью 10 га вместо 40 круговых площадок можно ограничиться 30. На участках с незначительной площадью должно быть заложено не менее 5 круговых площадок. При 1 или 2 круговых площадках ошибки в определении сумм площадей сечений достигают 20%.

Ходовые линии – направления, по которым надлежит размещать круговые площадки, – намечаются с учетом конфигурации таксированного участка. Ходовые линии должны быть параллельны. По ходовой линии круговые площадки закладывают через каждые 20–30 м.

При подсчете числа деревьев на круговых площадках следует иметь в виду, что одно дерево может заслонять другое и, чтобы избежать этого, подсчет надо начинать с самого толстого дерева, расположенного ближе всех к таксатору. Деревья, очертания которых как бы «касаются» линий угла, следует считать два за одно.

Если участок прямоугольной формы, ходовые линии надо прокладывать перпендикулярно длинным сторонам участков.

Число деревьев, оказавшееся на каждой круговой площадке, записывают в соответствующий учетный бланк. На каждой круговой площадке измеряют диаметры на высоте груди у двух-трех произ-

вольно взятых деревьев. Опыт показал, что этого числа деревьев вполне достаточно для точного определения среднего диаметра.

Метод Биттерлиха позволяет весьма просто определить число деревьев на 1 га. Оно равняется

$$N = \frac{\sum G}{g_{\text{cp}}}$$

где G – сумма площадей поперечных сечений деревьев на 1 га, найденная по результатам учета деревьев на круговых площадках;

g_{cp} – площадь сечения среднего дерева. При холмистом рельефе полученный результат необходимо разделить на косинус угла наклона местности.

Сумму площадей поперечных сечений на высоте груди определяют зеркальным реласкопом из центра круговой площадки путем подсчета числа деревьев, толщина которых на этой высоте не вписывается в ширину соответствующей полосы шкалы реласкопа. Для рассматриваемой цели реласкоп имеет несколько полос, выбор которых зависит от густоты древостоя и его среднего диаметра[3].

Для определения суммы площадей сечения на 1 га число подсчитанных деревьев на круговой площадке умножается на соответствующий множитель – коэффициент.

Чаще всего применяются полосы множителей «единиц» и «двоек», равные 1 и 2. Они указаны на соответствующих полосах шкалы. Для полос «четвертей», которые нанесены на шкалу справа от полос единиц в виде двух черных и двух белых полосок, множитель для одной полоски равен $1/16$. Для двух полосок $4/16$, для трех – $9/16$ и для всех четырех, взятых в целом, множитель равен 1.

Взятые вместе четыре узкие полоски и полоса единиц составляют полосу «четверок» с множителем 4.

Таким образом, для определения сумм площадей сечений (в м^2 на 1 га) следует число подсчитанных через реласкоп деревьев умножить на соответствующий множитель.

Рассмотрим несколько примеров. Допустим, что подсчет числа деревьев на круговой пробе мы вели, визируя на эти деревья через полосу единиц. При этом полоса единиц своей шириной не закрывала толщину 23 деревьев. В этом случае сумма площадей поперечных сечений равна $23 \times 1 = 23 \text{ м}^2$ на 1 га. На другой круговой пробе, визируя через полосу двоек, мы нашли, что эта полоса не закрывала толщину

13 деревьев. Сумма площадей сечений на 1 га такого древостоя составляет $13 \times 2 = 26 \text{ м}^2$.

На третьей круговой пробе мы пользовались сборной полосой четверок, при этом оказалось, что такая полоса на круговой пробе не закрывала 8 деревьев. Соответственно этим показателям сумма площадей сечений на 1 га таксируемого древостоя равняется $8 \times 4 = 32 \text{ м}^2$.

При работе с реласкопом в холмистой местности, когда отпускаем маятник путем нажатия на пусковую кнопку, все полосы автоматически увеличиваются на величину косинуса угла наклона визирования, вследствие этого все результаты измерений получают редуцированными для горизонтальной местности.

В целях упрощения работы таксатора при определении сумм площадей сечений все же рекомендуется применять полосу единиц.

К полосе двоек следует обращаться, когда объектом таксации являются древостой, имеющие средний диаметр 30 см и более при полноте не менее 0,8.

Полосой четверок можно пользоваться когда в учет попадает не менее 10 деревьев и, следовательно, сумма площадей сечения составляет 40 м^2 и более.

Высоту деревьев измеряют реласкопом, пользуясь при этом шкалами тангенсов исчисленных для расстояний от дерева 20; 25 и 30 м. При измерении высот деревьев с расстояния 15 м пользуются высотной шкалой для 30 м.

В этом случае отсчитываемые по шкале высоты уменьшают в 2 раза. Шкалы тангенсов, служащие для определения высот, на рис. 66 изображены в виде белых вертикальных полос, в концах которых указаны расстояния от дерева до наблюдателя.

Для измерения высоты дерева надо визировать на его вершину и основание и соответственно на шкале сделать два отсчета. Если эти отсчеты окажутся в различных сторонах от горизонтальной (нулевой) линии, то полученные результаты отсчетов суммируют. Если оба отсчета произведены на части шкалы, расположенной выше нулевого деления, то следует вычесть один из другого.

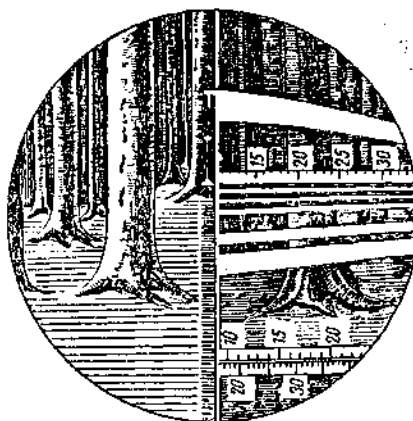


Рис. 66. Шкалы тангенсов

Все отсчеты являются правильными, когда они произведены на линии визирного обреза. Делений шкалы, лежащих выше визирной линии, не видно. Это обстоятельство несколько затрудняет определение высот и требует более тщательного нахождения цифр, определяющих высоты.

С помощью зеркального реласкопа может быть определена видовая высота ствола и его видовое число.

При измерении видовых высот отходят от дерева на такое расстояние, при котором полоса четверок реласкопа при освобождении маятника точно закрывает диаметр (толщину) дерева на высоте груди. Затем визируют вверх по стволу до тех пор, пока полоса единиц точно не закроет толщины ствола. Одновременно с этим по шкале тангенсов 25 м производят отсчет, определяющий высоту сечения, закрываемого полосой единиц. Выполнив указанную операцию, визируют на вершину дерева и на его основание и по шкале тангенсов 25 м снимают соответствующие отсчеты, характеризующие высоты указанных двух точек.

В дополнение ко всем проделанным отсчетам измеряют диаметр ствола на высоте груди. Результаты полученных замеров приведены в табл. 54.

Таблица 54

Результаты измерений реласкопом

Отсчеты по шкале тангенсов	С	Т	В	Д	Л	А	Л	Ь	Н	А	А	Я	В	В	О	С
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Первый вверх по стволу	Второй на вершину дерева	Третий на основание дерева					
+ 46	+ 55	- 2,5	24,1	38,5	-	-	-

В первой графе таблицы указано число делений шкалы, соответствующее высоте сечения, прикрывающего полосу единиц, во второй графе – число делений на шкале, найденное при визировании на вершину дерева, и в третьей графе – число делений, снятое со шкалы при визировании на основание дерева. Перед этим числом поставлен минус в связи с тем что оно отсчитано по части шкалы, находящейся ниже нулевого деления. В четвертой графе дана высота в метрах измеряемого дерева, а в пятой – его диаметр на высоте 1,3 м.

На основании величин, зафиксированных в первых пяти графах, видовую высоту и видовое число находят путем расчета. Сначала определяют относительную величину, равную двум третям суммы отсчетов (I + III), характеризующих относительную высоту дерева. Эту относительную величину находят по формуле

$$h'f' = \frac{2}{3}(I + III) = \frac{2}{3}(46 + 2,5) = 32,3.$$

Найденную относительную величину умножаем на диаметр ствола на высоте груди, выраженный в долях метра. В результате получаем видовую высоту дерева

$$hf = h'f'd_{1,3} = 32,3 \times 0,385 = 12,5 \text{ м.}$$

Для нахождения видового числа необходимо видовую высоту hf разделить на высоту дерева. В рассматриваемом нами примере видовое число окажется равным

$$f = \frac{hf}{h} = \frac{12,5}{24,1} = 0,518$$

Рассматриваемый способ нахождения видовых высот и видовых чисел характеризует универсальные свойства зеркального реласкопа, позволяющего определить многие таксационные показатели. Однако нахождение с помощью реласкопа видовых высот и видовых чисел сопряжено со значительной затратой труда и времени.

Определение реласкопом диаметров ствола на различных высотах производят с расстояний от дерева 15; 20; 25 и 30 м. При этом отсчеты ведут по шкале единиц и примыкающим к ней справа шкалам четвертей единиц. Само определение диаметра ствола основывается на пропорции между шириной закрываемого шкалой предмета (диаметра) с расстоянием до дерева. Общая ширина поля, получаемая как сумма полосы единиц и полос четвертей, дает отношение 1 : 25. Одна полоса единиц соответствует отношению 1 : 50. Две полосы четвертей (половина полос единиц) отвечают отношению 1 : 100 и одна полоса четвертей – 1 : 200.

Допустим, что мы ведем измерения с расстояния 20 м. В этом случае полосу единиц и четырех четвертей может закрыть дерево, имеющее диаметр 80 см. Дерево толщиной в 2 раза меньшей, т. е. 40 см, закрывает полосу единиц. Две полоски четвертей прикрываются 20-сантиметровым деревом и одна полоска четвертей – деревом в 10 см.

При измерениях диаметров деревьев, базирующихся на указанных соотношениях, надо следить за тем, чтобы маятник реласкопа всегда был опущен. Для более точных измерений необходимо реласкоп укреплять на фотоштативе с шарнирным устройством.

Рассмотрим способ определения среднего диаметра насаждения с помощью реласкопа. Сначала этим прибором находим сумму площадей поперечных сечений всех деревьев, образующих насаждение. Измерение ведем полосой единиц. В этом случае каждое учтенное дерево соответствует 1 м².

У деревьев, попавших в учет при определении сумм площадей сечения, измеряются диаметры на высоте груди. Дальнейшее вычисление среднего диаметра древостоя производят по табл. 55.

Сумма площадей сечений древостоя $G = 28 \text{ м}^2/\text{га}$, число деревьев $N = 873$. Средняя площадь сечения $g_{\text{cp}} = \frac{G}{N}$. Отсюда средний

диаметр древостоя равен: $D_{\text{cp}} = 2\sqrt{\frac{g_{\text{cp}}}{\pi}}$.

Таблица 55

Вычисление среднего диаметра древостоя

Диаметр на высоте	Площадь сечения	Число учетных деревьев	Сумма площадей сечений	Число деревьев на 1 га, определяемое по
-------------------	-----------------	------------------------	------------------------	---

груди, $d_{1,3}$ см	$g_{1,3}$ м ²	n на круговой пробной пло- щадке	таксируемого древостоя, G , м ²	формуле $N_n = \frac{G_i}{g_{1,3}}$
12	0,0113	1	1	$N_{12} = \frac{1}{0,0113} = 89$
16	0,0201	5	5	$N_{16} = \frac{5}{0,0201} = 250$
20	0,0314	9	9	$N_{20} = \frac{9}{0,0314} = 286$
24	0,0452	7	7	$N_{24} = \frac{7}{0,0452} = 155$
28	0,0616	5	5	$N_{28} = \frac{5}{0,0616} = 81$
32	0,0804	1	1	$N_{32} = \frac{1}{0,0804} = 12$
ИТОГО	–	28	28	$N = 873$

В приведенной таблице в первой графе даны диаметры на высоте груди в сантиметрах, во второй графе – площадь сечения в квадратных метрах, соответствующая этим диаметрам. В третьей графе приведено число учтенных деревьев.

Если таксируемый древостой имеет смешанный состав, то каждая древесная порода подлежит отдельному учету.

Допустим, что при первом обороте по кругу мы учитывали вокруг себя только сосновые деревья, причем их оказалось 15 деревьев. Это означает, что сумма площадей поперечных сечений всей сосны на 1 га данного древостоя равна 15 м². Находясь в этой же точке, мы визируем вокруг себя на деревья березы. В результате находим 10 деревьев березы с частичным сдвигом при рассматривании их в призму. Это число указывает на то, что сумма площадей поперечных сечений всех стволов березы, имеющих на 1 га, равна 10 м².

Следовательно, общая сумма площадей поперечных сечений всех деревьев, имеющих на 1 га, будет $15 + 10 = 25$ м². Состав таксируемого смешанного древостоя определяется следующим расчетом:

$$\text{для сосны } \frac{15}{15+10} = 0,6;$$

для березы $\frac{10}{15+10} = 0,4$;

формула состава 6С4Б.

Места закладки круговых проб следует выбирать механически, не прибегая к нахождению более густых или редких куртин леса.

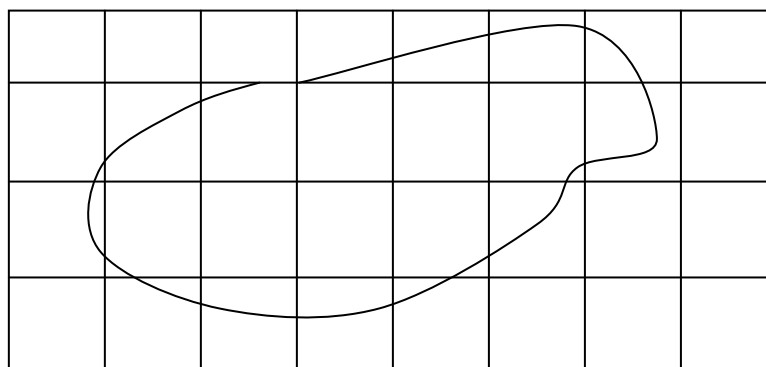
За конечную сумму площадей поперечных сечений деревьев, имеющих на 1 га, следует принимать среднеарифметический результат, находимый из всех заложенных круговых пробных площадей.

В.С. Чуенков пришел к выводу, что число реласкопических проб на выделе должно составлять:

$$N = 7\sqrt{F}$$

F – площадь таксируемого участка, га

На основании этой формулы можно построить сетку квадратов в масштабе л/у планшета или плана лесонасаждений.



На практике широко используются систематическая выборка, например, по диагонали на выделе через равные расстояния закладываются круговые реласкопические площадки.

Профессор Токийского университета (Япония) Т. Хирата, развивая идею В. Биттерлиха об угловых пробах, разработал оригинальный способ определения средней гармонической высоты древостоя, получивший в таксационной литературе широкую известность [33].

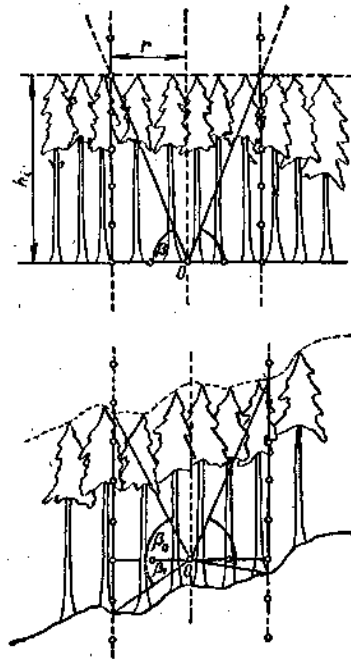


Рис. 67 Высота Хирата

Опубликованная им работа носит название «Вертикальные угловые пробы». Новизна предложения Т. Хирата прежде всего состоит в том, что закладку угловой пробы из горизонтальной плоскости он перенес в вертикальную. В конечном итоге угловая проба, закладываемая по способу Т. Хирата, представляет собой конус, перевернутый вершиной вниз. Основание этого конуса находится вверху на уровне вершин деревьев, имеющих средние высоты (рис.67).

Сущность этого способа такова.

Допустим, что таксируемый участок имеет горизонтальную поверхность. Таксатор находится в точке О (в центре круговой площади) и через просвет прицела визирует на дерево, имеющее высоту h_i . Рассматриваемое дерево относится к категории деревьев i . Радиус закладываемой таким путем круговой пробы равен R_i .

На круговой пробе i площадью, равной πR_i^2 м², оказывается t_i деревьев, категории i , закрывающих просвет прицела.

Высоту дерева h_i уподобим радиусу и им опишем круг. Его площадь будет равна πh_i^2 м², а сумма площадей кругов, описываемых радиусом h_i , составит м².

Для площади древостоя в 1 га, рассматриваемая величина будет равна

$$t_i \pi h_i^2 \times \frac{10000}{\pi R^2} = 10000 t_i \left(\frac{h_i}{R_i} \right)^2 = 10000 t_i t g^2 \beta \text{ м}^2.$$

Для всей категории высот h_i сумма деревьев составляет $\sum t_i = t$, а площадь всех кругов равна $10\,000 t g^2 \beta \text{ м}^2$.

Если число деревьев на гектаре обозначить через N , то средняя площадь круга будет равна

$$\frac{10000 t g^2 \beta}{N} = \pi \bar{H}^2,$$

откуда

$$H = 100 \frac{t g \beta}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{t}{N}}.$$

Если $\beta = 60^\circ 34'$, то $t g \beta = \sqrt{\pi}$. Отсюда, средняя высота равна:

$$\bar{H} = 100 \sqrt{\frac{t}{N}}.$$

Угловая визирная β при закладке круговой пробы строится не по поверхности земли, а на высоте (h) от земли.

$$\text{Поэтому: } \bar{H} = h + 100 \sqrt{\frac{t}{N}}$$

где: t – число деревьев, попавших в учет (в угол визирования);

Как можно непосредственно в лесу определить запас древостоя?

В 1961г. В.М. Иванюта предложил метод «десятичных пробных площадей», в основе которого лежит теория угловых измерений и среднее для всех пород видовое число $f = 0,472$. Угол визирования в приборе В.М. Иванюты переменный и зависит от средней высоты древостоя, которая предварительно определяется. Запас древостоя равен:

$$M = 10 \cdot n \text{ (м}^3\text{/га)}$$

где n – число учетных деревьев.

Тоже предложение Л.П. Зайченко (1964г.) где HF – разные для разных пород.

Норвежский ученый Л. Странд разработал метод определения запаса древостоя с помощью угловых проб и перечета деревьев. Странд в основу метода положил угловые пробы, закладываемые в вертикальной плоскости.

Форма проб у Странда получается прямоугольная. Одна сторона прямоугольника принимается постоянной длины, равной $5\pi \cong 15,7$ м.

Другая сторона является переменной, изменяющейся пропорционально средним высоте и диаметру древостоя.

Длина переменной стороны находится по шкале тангенсов, имеющейся в реласкопе Биттерлиха.

Странд предлагает в длину пройденного пути по визиру принять постоянной – $5\pi \cong 15,7$ м., а вертикальный угол визирования $L = 63^\circ 30' (tg L = 2)$.

При этом визируют на основание и вершину дерева. Если эти две точки визирования лежат по разные стороны горизонтали, то результаты отсчетов суммируются. В обратном случае из результата визирования на вершину вычитается отсчет, полученный при визировании на основание дерева.

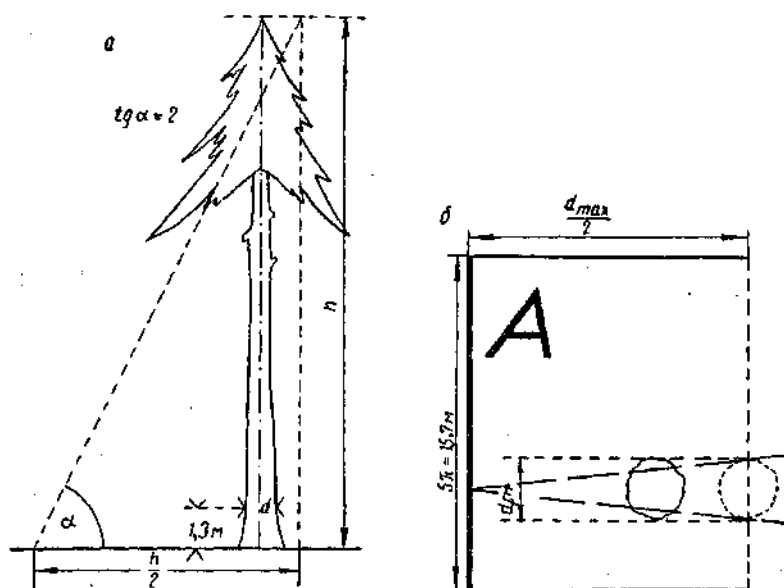


Рис. 68. Схема пробной площади Странда:
а – вид по вертикали; б – вид по горизонтали

Если полученный результат превышает число 50, то это означает, что дерево подлежит учету, так как оно находится в пределах пробы, имеющей длину стороны, равную половине высоты древостоя (рис. 68, а).

При указанной длине сторон прямоугольной пробы ее площадь будет следующей:

$$A = \frac{5\pi h}{2},$$

а в долях гектара

$$A = \frac{5\pi h}{2 \times 10^4},$$

где A – площадь пробы;

h – средняя высота древостоя.

Площадь поперечного сечения одного дерева:

$$g = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4 \cdot 10^4} \text{ м}^2$$

Объем цилиндра, имеющего со средним деревом равные основания (g) и высоту (h), равен:

$$C = gh = \frac{d^2 \pi h}{4 \cdot 10^4}$$

Разделим объем цилиндра на площадь пробы:

$$\frac{gh}{A} = \frac{d^2 \pi 2 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4 5\pi h} = \frac{d^2}{10}$$

Отсюда, запас древостоя равен:

Соответственный расчет дает сумму площадей сечения древостоя:

$$\frac{g}{A} = \frac{d^2 \pi 2 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4 \cdot 5\pi d} = \frac{d}{10}$$
$$G = \frac{1}{10} \sum d \text{ (м}^2/\text{га)}$$

Предложение Странда представляет интерес в том отношении, что оно открывает новые возможности применения угловых проб. Взяв за основу идею В. Биттерлиха и поставив несложную, но остроумно решенную математическую задачу, Странд вывел весьма простые формулы, определяющие запас и сумму площадей поперечных сечений деревьев на 1 га. Этим он пополнил теорию и технику определения запасов и сумм площадей сечений древостоев.

Пробные площади, закладываемые по методу Странда, имеют весьма ограниченные размеры. Между тем величине древесного запаса в пределах одного и того же таксационного участка свойственно большое варьирование. Вследствие этого пробные площадки незначительных размеров не гарантируют нахождения запасов с достаточной точностью. Отмеченный недостаток можно устранить путем закладки большого числа проб, равномерно размещенных по таксируемому

участку. Однако в этом случае возрастает затрата труда на отграничение проб в натуре и отдельную таксацию леса на каждой из этих проб.

Лучшим решением поставленной задачи следует считать увеличение в 5 или 10 раз размера (15,7 м) постоянной стороны прямоугольной пробы.

В этом случае формулы Странда, определяющие запас и суммы площадей поперечных сечений деревьев на 1 га, будут следующими:

$$M = 0,5F \sum d^2 \quad \text{при } L = 15,7 \times 5 = 78,5 \text{ м.}$$

$$\sum g = 0,5 \sum d \quad \text{при } L = 15,7 \times 5 = 78,5 \text{ м.}$$

$$M = F \sum d^2 \quad \text{при } L = 15,7 \times 10 = 157 \text{ м.}$$

$$\sum g = \sum d \quad \text{при } L = 15,7 \times 10 = 157 \text{ м.}$$

Соответственно этим формулам при таксации леса по методу Странда надо в лесу закладывать прямоугольные пробы, имеющие ширину, пропорциональную высоте и диаметрам деревьев таксируемого древостоя. Длина пробных площадей должна быть соответственно коэффициентам формул 78,5 или 157 м.

При таком решении задачи мы закладываем фактически ленточную пробную площадь, пересекающую значительную часть таксируемого древостоя и, таким образом, аккумулирующую в себе все его особенности.

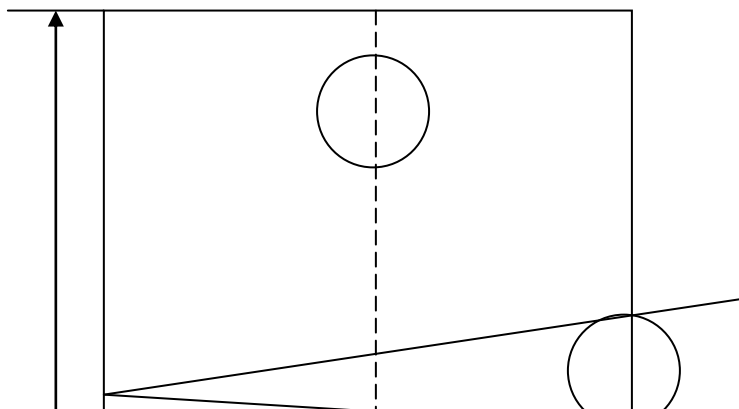
Линейная выборка А.Н. Федосимова.

Предложил в 1964 г. А.Н. Федосимов.

С помощью полнотомера или призмы вдоль длинной стороны ограничивают реласкопические круговые площадки, на которых выполняют перепись деревьев. При этом длина сторон может быть произвольной.

При линейной реласкопической выборке ширина реласкопической площадки зависит от диаметра учитываемого дерева и является величиной переменной

Для упрощения обработки результатов таксации, получаемых на круговых пробных площадках постоянного радиуса, целесообразно применение трости таксатора, отграничивающей пробу радиусом 5,65 м. В этом случае круговая площадка имеет площадь, равную 100 м², или 0,01 га. При таком размере площадки найденные на ней величины надо увеличить в 100 раз, и в результате получим таксационные показатели для 1 га таксируемого древостоя.



L

Размеры круговых пробных площадок, закладываемых в различных странах, приведены в табл. 56.

Пробные площадки отражают характерные особенности всей площади насаждения. Деревья, имеющиеся на пробных площадках, измеряются, и на основе этих измерений вычисляется запас. Результаты обмеров деревьев на пробных площадках в конечном итоге дают полную картину, характеризующую все насаждение.

Размер, форма, число и метод распределения пробных площадей по территории таксируемого леса могут быть разными.

Таблица 56

Размеры круговых пробных площадок

Страна	Средний диаметр насаждения, см	Площадь круговой площадки, м ²	Радиус круговой площадки, м
Швеция	До 10	12,6	2,00
	От 10 до 25	78,5	5,00
	Свыше 25	314,2	10,00
ГДР	До 10	25,0	2,82
	От 10 до 25	100,0	5,64
	Свыше 25	400,0	11,28
ФРГ	Для всех насаждений	1000,0	17,84

Способ закладки круговых пробных площадки постоянного радиуса ценен в том отношении, что на этих пробах возможно произвести поперечный пересчет и на основании его по сортиментным табли-

цам вычислить выходы сортиментов. В этом случае устраняются те ошибки в сортиментации, которые неизбежны по отношению отдельных таксационных выделов, когда выходы рассчитывают на основании средних диаметров древостоя по товарным таблицам.

На дереве, находящемся в центре круговой площадках, надо ставить отметку с указанием ее номера. Число круговых площадок с постоянным радиусом должно быть предварительно определено и составлена схема-абрис их расположения в натуре.

Для преобладающей породы на каждой круговой пробе измеряют высоту у одного из типичных деревьев. У древесных пород, имеющих малую долю запаса, измеряют высоту на одной из двух или трех круговых площадках.

Прицельная таксация, осуществляемая путем визирования на деревья из центра круговой пробы, имеет два способа. В основе первого лежит предложение Биттерлиха, сводящееся к установлению постоянного отношения между площадью поперечного сечения дерева и площадью круговой пробы, закладываемой для учета этого дерева.

В 1949 г. вне связи с методами таксации, разрабатываемыми в Западной Европе, Н.П. Анученым было предложено закладывать круговые пробные площади постоянного радиуса. Для автоматического ограничения таких проб была сконструирована трость таксатора.

Для определения среднего диаметра с помощью трости измеряется толщина у нескольких деревьев и из результатов этих измерений берется среднее. Средняя высота устанавливается с помощью высоотомера той или иной конструкции. Результаты таксации записывают в перечетную ведомость.

Зная средний диаметр и число деревьев на круговой пробе, с помощью номограммы находят сумму площадей поперечных сечений деревьев на 1 га. По этой сумме и средней высоте древостоя с помощью той же номограммы определяют запас древостоя на 1 га. Номограмма позволяет запас древостоя дифференцировать по породам и ярусам применительно к зафиксированным в перечетной ведомости таксационным показателям (Н.П. Анучин, 1985г.).

При составлении номограммы данные круговой пробы увеличивали в 65 раз (точнее, в 64,96 раза). В итоге этого увеличения получали результаты таксации на 1 га.

Рассмотренный способ таксации леса по круговым пробам постоянного радиуса обеспечивает высокую точность при определении общих запасов древесины. Что касается выхода сортиментов, то в от-

дельных таксационных участках возможны существенные отклонения от полученных данных. Надежные результаты таксации этим способом можно получить для некоторой совокупности участков, рассматриваемых как одно целое.

Этот способ таксации леса может быть рекомендован для многолесных районов и в тех случаях, когда имеются большие задания по лесозаготовкам и крайний недостаток лесохозяйственного персонала.

Способ закладки круговых проб постоянного радиуса ценен в том отношении, что на этих пробах возможно произвести поперечный пересек.

Обстоятельное изучение выборочной таксации леса измерительными методами провел канд. с.-х. наук А.Н. Федосимов.

А.Н. Федосимов пришел к выводу, что повышение точности определения запасов измерительными методами гарантирует от систематических ошибок и связанных с ними лесохозяйственных просчетов, ведет к большой экономии средств, расходуемых на таксацию лесосек в лесах третьей группы.

По его обширным материалам, наименее трудоемким методом выборочной таксации насаждений является метод таксации с призмой проф. Н.П. Анучина; наиболее трудоемким является метод простейших ленточных пересчетов, но с применением последнего получают данные о числе стволов и распределении их по толщине.

Применение призмы целесообразно во всех лесах, где позволяют условия видимости, определяемые густотой подроста и подлеска, за исключением насаждений со средним диаметром деревьев до 20 см, в которых возможны большие ошибки в определении сумм площадей поперечных сечений.

В равнинных лесах с густым подростом и подлеском для таксации насаждений необходимо применять трость таксатора с радиусом отграничения круговых площадок 7 м, за исключением насаждений на кочкарниках со средним диаметром деревьев более 28 см. Метод простейших ленточных пересчетов может быть использован в лесах, где невозможно применение призмы и трости таксатора: в сильно пересеченной местности при наличии густого подроста и подлеска, в равнинных лесах с густым подростом и подлеском и большим средним диаметром деревьев.

По приблизительным подсчетам на отвод и таксацию 2 млн. га лесосек со сплошным пересчетом деревьев требуется около 1,5 млн. чел.-дней.

При выборочной таксации лесосек с призмой с точностью определения суммы площадей поперечных сечений $\pm 5\%$ трудозатраты на отвод и таксацию лесосек сократились бы в 10–15 раз.

Метод сплошного перечета деревьев наиболее трудоемок. Точность определения запасов при этом методе не превышает 6–7%.

А.Н. Федосимов выявил интересную зависимость коэффициентов вариации числа учитываемых деревьев на круговой пробе. Эта зависимость характеризуется следующими данными:

Число учитываемых деревьев на круговой площадке	...	4	8	12	16	20	24	28	32	33
Коэффициенты вариации, %	...	57,3	33,5	26,0	22,1	19,8	18,2	17,1	16,3	15,6

Таксация леса по средним расстояниям между деревьями являлась предметом исследования многих авторов. В ее основе лежит следующий простой расчет:

$$N = \frac{F}{a^2}, \quad a = \sqrt{\frac{F}{N}}$$

В этих формулах через F обозначена площадь таксируемого древостоя, число деревьев – через N и среднее расстояние между ними – через a .

Зная площадь таксируемого участка F и измеряя a , можно определить N . По N и частичному перечету находят все остальные

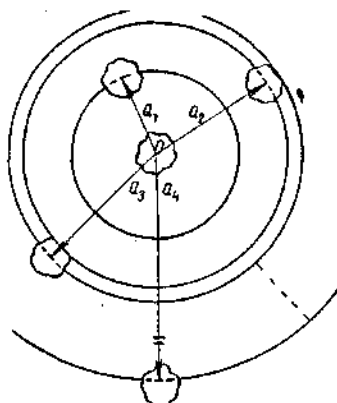


РИС. 69. СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

таксационные показатели (сумма площадей сечений, запас и др.). Однако опыт показывает, что в самом однородном древостое расстояния

между деревьями широко варьируют. Их можно определить двумя способами.

Исходя из случайно выбранной точки O (рис. 69), необходимо измерить расстояние α_1 до наиболее близкого дерева, расстояние α_2 до второго из более близких деревьев, α_3 – до третьего близкого дерева и т. д.

При втором способе от случайно выбранного дерева измеряется расстояние α_1 до наиболее близкого дерева, потом до α_2 и т. п.

Эти схемы размещения деревьев были подвергнуты всестороннему статистическому исследованию. При этом определяли расстояния между центральным деревом и наиболее близкими к нему деревьями. На основании многих измерений установлено, что среднее расстояние между деревьями a находится между α_3 и α_4 .

Если вместо среднего расстояния a берут любое расстояние a_i то в формулу нужно ввести поправку k_i .

Тогда число деревьев в участке площадью F будет равняться

$$N = k_i \frac{F}{a_i^2}.$$

Бауерзахс предлагает брать α_2 , которое легко определяется. В этом случае формула будет следующей:

$$N = k_2 \frac{F}{a_2^2}$$

а по отношению к 1 га

$$N = k_2 \frac{10000}{a_2^2}.$$

Отдельными авторами при некотором варьировании значений k_2 предложены следующие формулы:

$$\text{Бауерзахс } N = \frac{8500}{a_2^2}.$$

$$\text{Кехлеч } N = \frac{8464}{a_2^2}.$$

$$\text{Векк } N = \frac{7885}{a_2^2}.$$

$$\text{Ессед } N = \frac{8200}{a_2^2}.$$

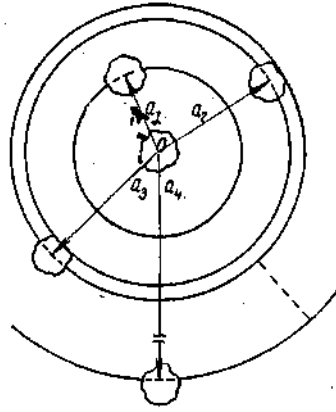


Рис. 70. Схема размещения деревьев

Если случайно выбранное дерево принять за центр круга (рис. 70) и соответственно увеличивающимся расстоянием от него построить концентрические круги, то можно вывести число деревьев в каждом из этих кругов. В первом круге окажутся $1 + \frac{1}{2}$ дерева, во втором $2 + \frac{1}{2}$ и т.д.

Следовательно, при радиусе

α_1 имеется $1 + \frac{1}{2}$ дерева;

α_2 имеется $2 + \frac{1}{2}$ дерева;

α_3 имеется $3 + \frac{1}{2}$ дерева.

После некоторых преобразований приведены формы принимают следующий вид:

$$\text{для } \alpha_1 \quad N/ga = \frac{10000}{\pi\alpha_1^2} \times \frac{3}{2} = \frac{4775}{\alpha_1^2} = \frac{10000}{2,094\alpha_1^2},$$

$$\text{для } \alpha_2 \quad N/ga = \frac{10000}{\pi\alpha_2^2} \times \frac{5}{2} = \frac{7958}{\alpha_2^2} = \frac{10000}{1,257\alpha_2^2},$$

$$\text{для } \alpha_3 \quad N/ga = \frac{10000}{\pi\alpha_3^2} \times \frac{7}{2} = \frac{11141}{\alpha_3^2} = \frac{10000}{0,898\alpha_3^2},$$

$$\text{для } \alpha_4 \quad N/га = \frac{10000}{\pi\alpha_4^2} \times \frac{9}{2} = \frac{11141}{\alpha_4^2} = \frac{10000}{0,698\alpha_4^2},$$

Для правильного определения числа деревьев при расстоянии между ними α_i Хаусбуг предлагает вносить поправочный коэффициент K_i , исчисляемый по формуле $K_i = 1/\sqrt{k_i}$. С учетом этого коэффициента формула, определяющая число деревьев на 1 га, принимает следующий общий вид:

$$N/га = \frac{10000}{K_i^2 \alpha_i^2}$$

Статистическая обработка получаемых данных уточнила допущения практики. Оказалось, что поправочный коэффициент зависит от расстояний между деревьями. В конечном итоге математического анализа была получена табл. 56, определяющая число деревьев на 1 га и поправочные коэффициенты к нему.

Таблица составлена для среднего расстояния между деревьями, принимаемого с соответствующими поправками равным a_3 . Следовательно, приводимые в таблице $N/га$, K_i и k являются функцией от a_3 ($y = a_3$).

В основу таблицы положена формула

$$N/га = \frac{k_i 10000}{a_3^2} = \frac{10000}{K_i^2 a_3^2}.$$

Техника таксационных работ по определению числа деревьев по средним расстояниям между ними сводится к следующим операциям.

Таблица 56

Расчет числа деревьев на 1 га

$y = a_3, \text{ м}$	N	K_i	k_i	Приложение	
				y	k_3
1,0	7431	1,16	0,7431	1,0–1,9 м	0,8
1,5	3563	1,12	0,7972	2,0–2,6 м	0,9
2,0	2165	1,07	0,8734	2,7–3,7 м	1,0
2,5	1472	1,04	0,9245	3,7–4,6 м	1,05
3,0	1083	1,01	0,9803	4,7–5,2 м	1,1

3,5	836	0,99	1,0203	5,3–5,5 м	1,05
4,0	665	0,97	1,0628	5,6–6,0 м	1,0
4,5	536	0,94	1,1317		
5,0	432	0,96	1,0851		
5,5	344	0,98	1,0412		
6,0	264	1,03	0,9426		

Сначала определяют площадь таксируемого древостоя, устанавливают число необходимых измерений и их положение на плане при систематической выборке. Далее отыскивают в натуре замеченные точки наблюдений. Опираясь на них, находят третье (α_3) из ближайших деревьев, с помощью рейки определяют ступень расстояния, выражаемую в полуметрах. В этих же пунктах производят частичные перечеты деревьев.

Исходя из результатов обмеров вычисляют среднеарифметическое расстояние третьих ближайших деревьев – α_3 . Обработывая произведенные перечеты, определяют сумму площадей сечений $\sum g$ и среднее дерево по g , находят число деревьев на 1 га. На основе полученных данных вычисляют запас на 1 га и затем на всей площади древостоя.

В Германии завершена очередная государственная выборочная лесоинвентаризация. В отличие от первой лесоинвентаризации второй государственной учет лесов был проведен единовременно для всей территории Германии.

Схема выборки практически не изменилась. Единицей выборки является тракт, который имеет форму квадрата со сторонами 150х50 м. Тракты закладываются в углах сети квадратов 4х4 км с привязкой юго-западного угла (рис. 71). С целью увеличения точности оценки среднего и общего запасов в некоторых регионах густота трактов увеличена, и поэтому они располагаются в сети квадратов 2,83х2,83 и 2х2 км (области Bayern, Niedersachsen, Baden-Wuerttemberg, Schleswig-Holstein).

По углам трактов закладываются реласкопические круговые пробные площадки (РКПП) для таксации деревьев диаметром больше или равным 7 см, а также пробные площадки постоянного радиуса для таксации деревьев диаметром менее 7 см, учета подроста, подлеска, оценки их состояния, санитарного и общего состояния деревьев древостоя. Таким образом, круговая пробная площадка состоит из нескольких «подплощадок» (рис. 71).

Все леса страны приводятся в известность в процессе проведения лесоустройства. В целом система лесоустройства в Германии состоит из двух подсистем: Bundeswaldinventur - государственная выборочная лесоинвентаризация (BWI) и Betriebsinventur - лесоустройство для частных лесовладельцев и отдельных лесохозяйственных предприятий. Непрерывная инвентаризация лесного фонда проводится с 1961 г., таким образом обеспечивается постоянный контроль за текущими изменениями в лесном фонде. В настоящее время в системе выборочной инвентаризации лесов страны широко применяются материалы дистанционного зондирования. Лесная администрация каждой области также проводит специальные лесоинвентаризационные работы (в частных лесах за счет средств самих лесовладельцев). Цели проводимых работ могут быть достаточно разнообразными: Bavaria, 1970–1971 г.г. – выборочная инвентаризация государственных лесов - получение детальной лесной статистики, оценка текущих изменений; Nordrhein-Westfalen, 1995 г. – выборочная инвентаризация лесного фонда математико-статистическим методом – независимый контроль динамики лесного фонда, оценка влияния лесохозяйственных мероприятий; Baden-Wuerttemberg, 2000 г. – изучение структуры прироста древостоев, прогнозирование роста и развития лесных экосистем, моделирование таксационных взаимосвязей и др.).

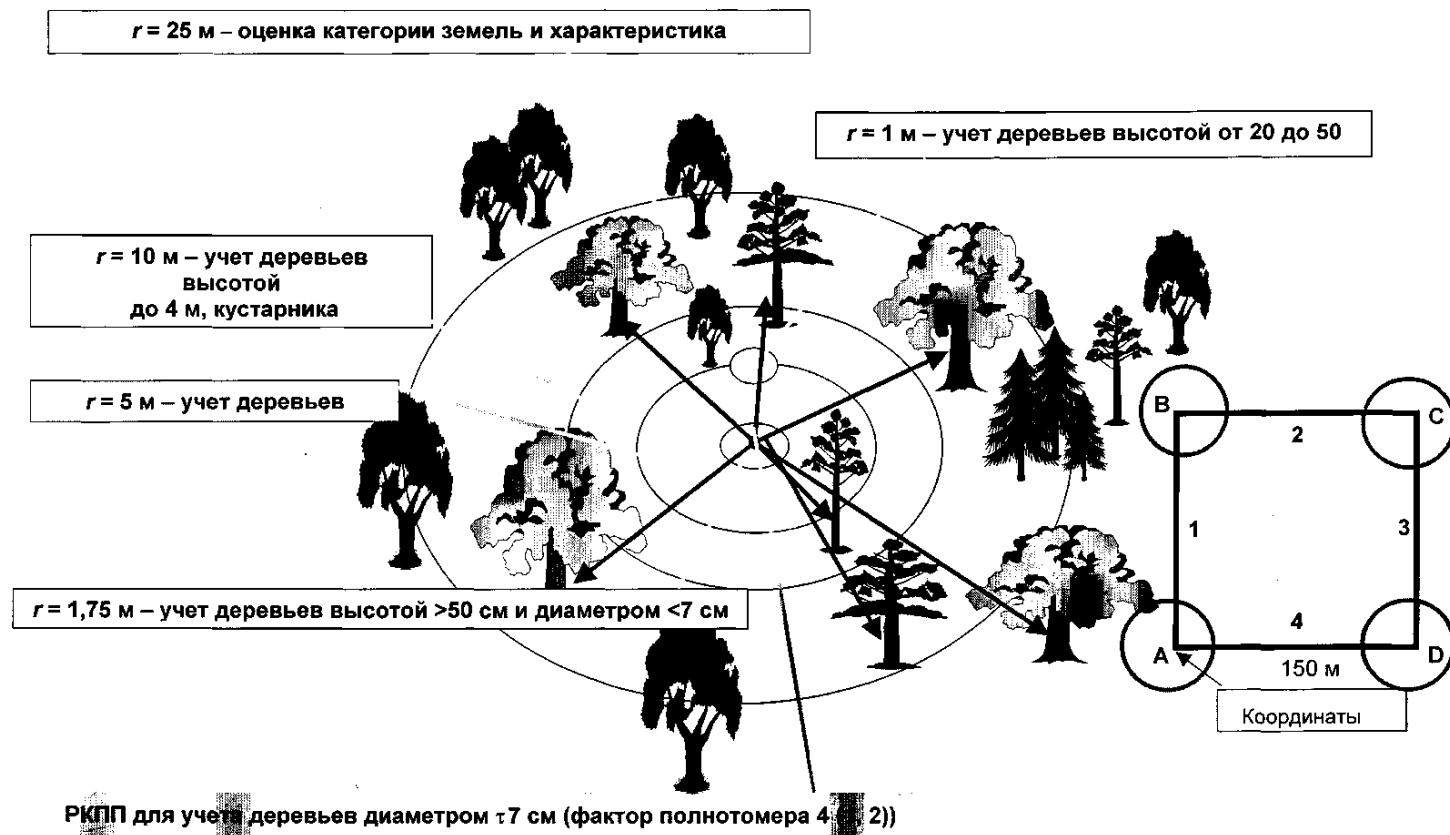


Рис. 71. Тракт и круговые пробные площадки в системе BWI II

В основном задачами таких лесоинвентаризации являются не только получение развернутой лесной статистики, но и сбор сведений о текущем состоянии лесов региона, страны и динамике происходящих процессов.

В европейских странах, помимо проведения государственной выборочной лесоинвентаризации, проводится инвентаризации лесов отдельных предприятий, частных лесовладений. Повыведельное лесоустройство (standwise forest inventory) основывается на статистически обоснованных выборочных методах.

В Германии повыведельное лесоустройство проводят, как правило, частные лесоустроительные компании. Вся территория объекта покрывается сетью пробных площадок, которые закладываются по схеме систематической выборки в углах сети квадратов или прямоугольников. Закладываются реласкопические круговые пробные площадки, а также круговые пробные площадки различных радиусов для таксации древостоя, оценки подроста, подлеска, напочвенного покрова, его видового разнообразия (рис. 72).



Рис. 72. Круговые пробные площадки при проведении лесоустройства отдельного предприятия

Система государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии направлена на активное использование различных источников информации. Помимо данных таксации пробных площадках, широко используются космические многозональные снимки, систем связанных цифровых топографических карт, изготовленных на основе геоданных и АФС наложенных на единую топооснову масштаба

1 : 20000 с размером одного пиксела 2×2 м цифровые карты категорий земель в растровом формате (размер пиксела 25×25 м). Материал дистанционного зондирования и данные цифровых карт используются для разделения различных категорий земель, а также для получения цифровых тематических карт пространственной; распределения лесопокрытой площади.

Повыдельное лесоустройство в европейских лесных странах основывается на применении статистически обоснованных выборочных методов лесной таксации и проводится лесоустроительными компаниями на тендерной основе. Пробные площадки размещаются на территории объекта по заранее известной схеме, и, таким образом, точность данных заранее известна и статистически обоснована. На основе данных повыдельного лесоустройств. разрабатывается план лесоправления. Ведение лесного хозяйства без плана лесоправления не разрешается.

Лекция 11. Глазомерный метод таксации насаждений

При проведении лесотаксационных работ в процессе лесоустройства глазомерное определение запасов насаждений имеет особо широкое применение.

Основным условием получения удовлетворительных результатов глазомерной таксации запасов является предварительное проведение тренировки глазомера на пробных площадях и участках леса, заранее протаксированных способами перечислительной таксации. В процессе тренировки глазомера стремятся удержать в памяти зрительные впечатления от характера насаждений и, в частности, его средних таксационных показателей, обуславливающих запас: высоты, среднего диаметра, полноты, формы стволов.

Обязательным требованием при этом является расчленение сложного насаждения на яруса и возрастные поколения, а внутри ярусов – на элементы леса.

Данные глазомера корректируются затем рядом придержек практического и теоретического порядка. Придержками для корректирования служат: личный опыт таксатора и придержки теоретического характера.

По роду своей производственной деятельности таксатор располагает большим опытом по закладке и таксации пробных площадей в разнообразных насаждениях и, встречая насаждение, аналогичное по своим таксационным признакам по составу, средним высотам, полноте с ранее протаксированными перечислительными методами, устанавливает одинаковый с ним запас глазомерно.

Но особое значение приобретают коррективы теоретического характера, к которым относятся следующие:

а) использование таблиц хода роста насаждений и выведенные из этого материала эмпирические формулы;

б) стандартная таблица площадей сечений и запасов насаждений различных пород при полноте единица в зависимости от средних высот;

в) использование номограммы запасов.

Простейшей придержкой является сопоставление запаса конкретного насаждения с показателями таблиц хода роста насаждений данной породы, бонитета и возраста, в которых дается также и запас в м³/га при полноте единица. Редуцируя этот запас на полноту такси-

руемого насаждения, устанавливаем его запас, округляя таковой до целых десятков.

Пример: имеем сосновое насаждение III бонитета в возрасте 110 лет, полнота 0,7, запас его по таблицам хода роста при полноте единица составляет 402 м³. Уменьшенный на полноту 0,7 запас равен $402 \times 0,7 = 280 \text{ м}^3$.

Анализируя по таблицам хода роста насаждений изменение с возрастом суммы площадей сечений G и видового числа f , было установлено, что G с повышением возраста увеличивается, а видовое число f , наоборот, уменьшается, но их произведение $Gf=A$ в среднем можно принять в качестве постоянной величины, которая для сосны и бука равна 16, а для ели и пихты – 18.

Таким образом, формула запаса насаждения при полноте единица $M=GHf$ примет вид: $M=AH$.

Для реального насаждения надо включить еще полноту P . В этом случае корректирование глазомерного определения запаса выразится формулой:

$$M=AH \cdot P.$$

Уточнение множителя A по возрастам и бонитетам можно провести на основе показателей таблиц хода роста $A=M:H$, т. е. путем деления запаса для данного бонитета и возраста на среднюю высоту насаждений. Установлено при этом, что значение A возрастает с увеличением возраста и уменьшается с падением бонитета, как это можно видеть на примере белорусских таблиц хода роста сосновых насаждений (табл. 48).

Множитель A по возрастам и классам бонитета

Возраст \ Бонитет	60	80	100	120
Ia	17	18,2	19,7	20,3
I	14,6	16,4	17,6	18,2
II	13,4	14,9	15,9	16,4
III	11,4	13,7	14,4	14,7

Пример: имеем сосновое насаждение со средней высотой 20м и полнотой 0,7, запас его $M=16 \cdot 20 \cdot 0,7 = 220 \text{ м}^3$.

Проф. Третьяков Н. В., используя материалы таблиц хода роста насаждения, уточнил формулу и придал ей следующий общий вид:

$$M = A(H - a)P.$$

Для отдельных древесных пород получены следующие параметры приведенного уравнения:

Сосна $M = 22(H - 5)$

ель $M = 33(H - 6)$

береза $M = 18(H - 6)$

осина $M = 25(H - 8)$

Запас соснового насаждения составит: $M = 22(20 - 5) \cdot 0,7 = 22 \cdot 15 \cdot 0,7 = 230 \text{ м}^3$.

Формулы Третьякова Н. В., хотя и уточняют коэффициент A , а следовательно, и конечный результат, но являются громоздкими в полевых условиях.

Большее удобство для корректирования глазомера представляет стандартная таблица площадей сечений и запасов, разработанная под руководством проф. Третьякова Н. В. Центральным научно-исследовательским институтом лесного хозяйства (ЦНИИЛХ) на основе таблиц хода роста и закономерностей в строении насаждений и, в частности, прямолинейной зависимости запасов насаждения и их средних высот.

Для пользования стандартной таблицей необходимо знать среднюю высоту таксируемого насаждения и его полноту.

Так, например, запас приведенного выше соснового насаждения со средней высотой 20 м и полнотой 0,7 составит по стандартной таблице $V = 312 \cdot 0,7 = 220 \text{ м}^3$.

В табл. 49 приводится выдержка из стандартной таблицы.

Таблица 49

Стандартная таблица площадей сечений и запасов древостоев

Средняя высота м	Сосна, листвен- ница, кедр		Ель, пихта си- бирская		Береза		Осина, ольха	
	площадь сечений	запас	площадь сечений	запас	площадь сечений	запас	площадь сечений	запас
10	27,1	141	22,0	119	16,1	83	19,3	99
15	31,5	223	27,8	209	21,0	148	24,8	176
20	34,3	312	33,3	317	25,7	228	30,3	277
25	36,4	402	37,8	442	30,0	325	35,7	398
30	37,8	491	42,2	582	33,8	435	40,7	526
35	38,8	581	46,6	741	37,5	561	44,9	682

Если по оси абсцисс отложить средние высоты H , а по ординате соответствующие им запасы, то получим линейную зависимость между ними.

Приведенная таблица позволяет также вычислить полноту насаждения по данным перечислительной таксации. С этой целью берется отношение полученной фактической суммы площадей сечений $G_{фак}$ и аналогичной величины из стандартной таблицы для данной породы и средней высоты, например, средняя $H = 20$ м, фактическая величина $G_{фак} = 24 \text{ м}^2$, табличная – 34,3, полнота – $\frac{24,0}{34,3} = 0,7$.

Проф. Анучин Н. П. разработал номограмму запасов насаждения по породам в зависимости от средней высоты H и полноты насаждения P .

В формуле Третьякова Н. В. $V=A(H-a)P$ величину $(H-a)$ обозначим через h , тогда формула примет вид $V=AhP$.

Прологарифмировав это уравнение и разделив его обе части на два, получим:

$$0,51 \lg \cdot V = \frac{\lg A + \lg h + \lg P}{2}.$$

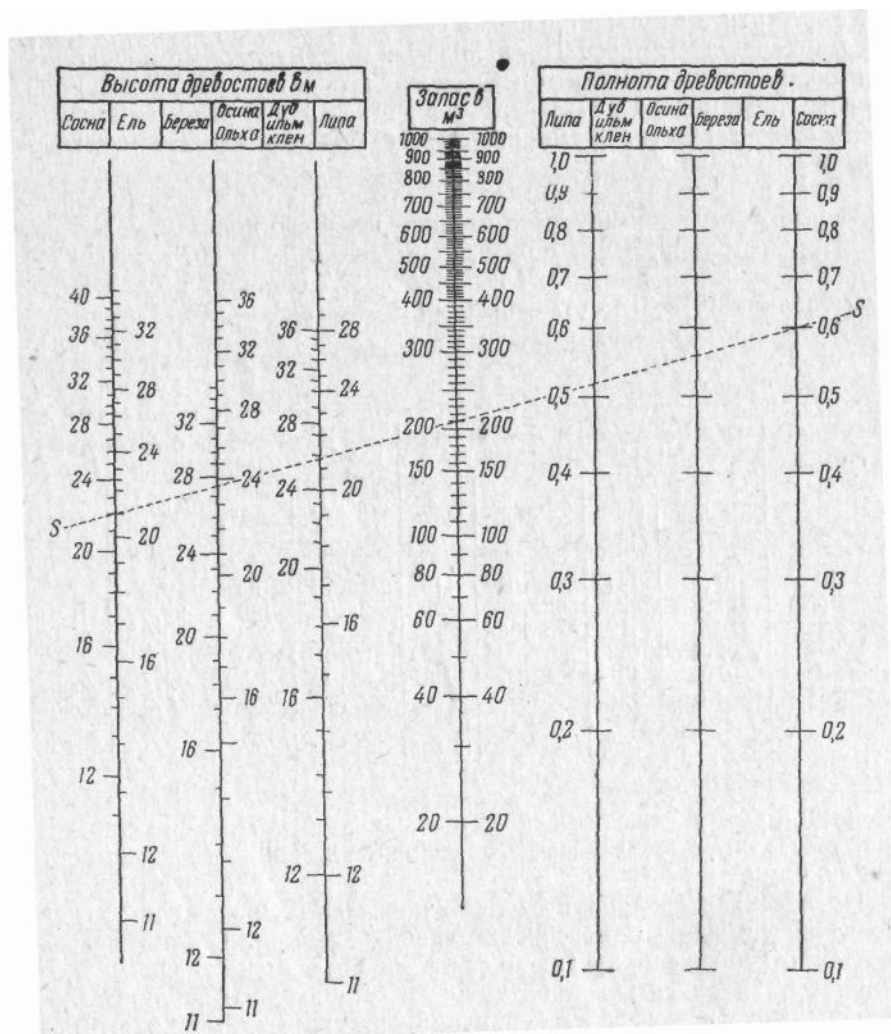


Рис. 46. Номограмма для определения запаса древостоев (по Анучину Н. П.)

Для упрощения последнего выражения вводятся вспомогательные переменные, приняв

$$\begin{aligned} \lg A + \lg P &= P_0, \\ \lg h &= H_0, \quad \text{и} \quad 0,5 \lg V = V_0 \end{aligned}$$

В этом случае формула примет вид

$$V_0 = \frac{H_0 + P_0}{2}.$$

По этой формуле была составлена номограмма для определения запаса насаждения (рис. 46). Логарифмы вершин, входящих в уравнение, наносились в соответствующем масштабе на шкалы номограммы аналогично делениям, нанесенным на логарифмическую линейку.

Для пользования номограммой линейку накладывают на цифру полноты (правый столбик) одним концом, а другим концом (левая шкала) на соответствующую высоту, линейка пересечет деление на средней шкале, указывающее запас $m^3/\text{га}$.

Точность визуальной таксации запасов обусловливается влиянием погрешностей глазомерного определения основных величин запаса: средней высоты насаждения H и его полноты P , а также взятой из таблиц величины Gf , входящих в формулу:

$$M = AHP$$

Как известно, погрешность произведения указанных трех величин определяется по формуле:

$$P_v = \sqrt{P_A^2 + P_H^2 + P_P^2}.$$

Допустим, что величины, включенные под знак радикала, имеют погрешности в процентах 5,5 и 10. В этом случае величина погрешности составит:

$$P_v = \sqrt{5^2 + 5^2 + 10^2} = \sqrt{150} = 12,2\%.$$

При увеличении числа наблюдений до N погрешность уменьшится пропорционально \sqrt{N} , так, например, при $N=16$

$$p_v = \frac{12 \cdot 2}{\sqrt{16}} = 3\%.$$

По действующей в СССР лесоустроительной инструкции 1951 г. для оценки точности глазомерного определения таксационных признаков древостоев при тренировочной таксации были установлены следующие нормы допустимых отклонений (\pm): для средней высоты 5% запаса и средней полноты 10%. Глазомерный метод таксации запасов древостоев позволяет оценить запас древостоя с точностью $\pm 20\%$ [1, 37].

Лекция 12. Глазомерно-измерительный метод таксации насаждений. Выборочные методы лесоинвентаризации

Выборочные методы таксации леса широко используются при выборочной лесоинвентаризации, оценке лесосырьевых ресурсов, применении математико-статистических методов в лесоустройстве и лесной таксации. Выборочные методы таксации леса позволяют планировать эксперимент с заданной точностью и стоимостью [21, 33].

Планирование выборочных наблюдений и измерений. При выборочной таксации леса применяют различные типы и схемы выборок от простого случайного отбора до систематической и стратифицированной выборки [13, 28, 34].

Если необходимо получить данные по таксационным выделам или лесным массивам, можно применить стратифицированную систематическую выборку с измерительной таксацией древостоев на реласкопических круговых площадках (РКП) или круговых площадках постоянного радиуса (КППР).

Стратифицированная систематическая выборка предусматривает выделение страт (однородных насаждений), отбор необходимого числа страт, систематическую выборку в стратах. Стратификация лесов лесхоза или лесничества выполняется по породам, классам бонитета, полнотам, классам возраста, по другим (лесоводственные, экологические, экономические) показателям.

Планирование эксперимента включает:

- 1) определение цели эксперимента (опытных работ);
- 2) определение типа и схем выборки;
- 3) организацию стратифицированной совокупности объектов (древостоев);
- 4) определение объема выборки объектов;
- 5) случайный отбор объектов (древостоев) из стратифицированной совокупности;
- 6) определение объема выборки (числа круговых площадок) в древостое;
- 7) закладку круговых площадок по схеме систематической выборки;
- 8) измерительную таксацию деревьев на круговых площадках (реласкопических или постоянного радиуса).

Целью исследования, например, является изучение строения, роста и производительности средневозрастных сосновых древостоев

1–2 классов бонитета в сосняках черничных. Планируется применить стратифицированную систематическую выборку.

На плане лесонасаждений лесничества или электронной форме плана (на дисплее компьютера) в ГИС «Лесные ресурсы» выделяют границы сосновых насаждений I–II классов бонитета в типе леса сосняк черничный в возрасте 41–60 лет (средневозрастные). ГИС «Лесные ресурсы» позволяет селективировать и получить отдельную тематическую карту таких насаждений. Из данной стратифицированной совокупности сосновых насаждений необходимо сделать выборку отдельных древостоев для проведения выборочной таксации.

При выполнении выборочной таксации леса рекомендуется закладывать минимум 5 круговых пробных площадок на 1 га.

Из общей стратифицированной совокупности (например, 57 сосняков черничных I–II классов бонитета, III класса возраста) отбирают 10 древостоев по схеме простой случайной выборки без возвращения. Все 57 сосновых насаждений нумеруют от 0 до 57 номера, используя таблицу случайных чисел, выписывают 9 случайных чисел, по которым выбирают 9 древостоев или таксационных выделов. В каждом древостое закладывают круговые площадки по схеме систематической выборки. Число круговых площадок определяется по формуле $n=7(s)^{1/2}$, где s – площадь таксационного выдела, га.

Таким образом, на 1 га в таксационном выделе (древостое) необходимо заложить 7 круговых площадок, а в выделе площадью 4 га – 14 КПП.

С лесоустроительного планшета или его электронной формы в ГИС «Лесные ресурсы» получают выкопировки границ таксационных выделов с привязкой к квартальной сети. Измеряют длину диагонали выдела, делят на число КПП (плюс одна) и определяют расстояние, через которое следует закладывать КПП (рис. 40).

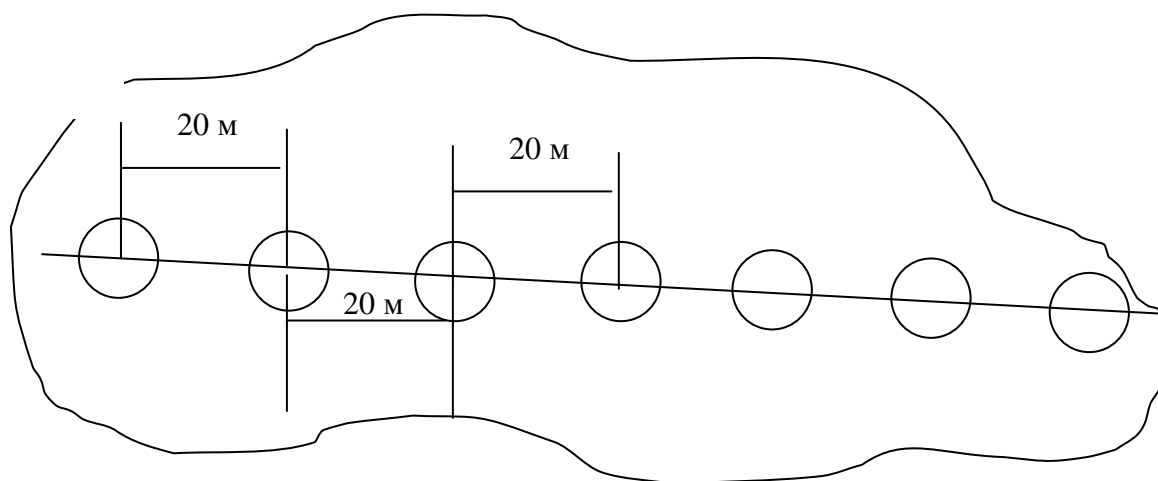


Рис. 40. Систематическая выборка круговых площадок в выделе

Систематическая выборка предполагает закладку круговых площадок (КПП) в древостое через равные интервалы в метрах. Первую КПП закладываем по диагонали на расстоянии интервала от границы выдела 20 м (рис 40). Направление диагонали в лесу устанавливаем с помощью буссоли и компаса. В центре каждой КПП забивается кол толщиной 6–8 см, высотой 0,7 м, при реласкопической таксации необходимо точно знать центр КПП. На кольях пишут порядковый номер площадки.

В центре КПП закладываются реласкопические круговые площадки постоянного радиуса, постоянной величины, прямоугольные площадки, вертикальные реласкопические площадки и другие.

Таксация древостоев на реласкопических круговых площадках. Реласкопические пробные площадки с перечетом деревьев отводятся полнотомером Биттерлиха [3, 34]. В низкополнотных древостоях (полнота 0,4–0,6) принимают фактор полнотомера 2, а в древостоях с полнотой 0,7–1,0 – полнотомер с фактором 1. При факторе полнотомера 1 одно учтенное дерево на реласкопической круговой площадке обозначает $G=1 \text{ м}^2/\text{га}$ (один метр суммы площадей сечения древостоя на 1 га), при факторе 2 одно учтенное дерево дает $G=2 \text{ м}^2/\text{га}$.

Полнотомер Биттерлиха представляет собой деревянную линейку длиной 1 м и металлическую прицельную рамку шириной 2 см. Это соотношение 1м:2см = 50 используется в полнотомерах Биттерлиха при измерении суммы площадей сечения древостоя на 1 га, т. е. полнотомер можно создать в виде плотной веревочки длиной 0,5 м и металлического шаблона (пластинки) с прицельной рамкой 1 см.

При реласкопической таксации исполнитель работ становится в центре площадки (К), и полнотомером отводит реласкопическую КПП (рис. 41). Линейку полнотомера держат в горизонтальном положении. Конец линейки прикладывают к глазу и визируют прицельную рамку на высоту 1,3 м у деревьев. Исполнитель наводит полнотомер на каждое дерево, поворачиваясь в центре площадки на 360°. Если диаметр дерева на высоте 1,3 м больше ширины прицельной рамки (толщина дерева закрывает вырез), то дерево входит в круговую площадку (случай А). Если диаметр дерева точно совпадает с краями прицельной рамки (случай В) или дерево закрыто для визирования другим дере-

вом, кустом или подростом (случай С), то такие деревья следует проверить. Дерево не учитывается, если его диаметр меньше прицела полнотомера (случай D).

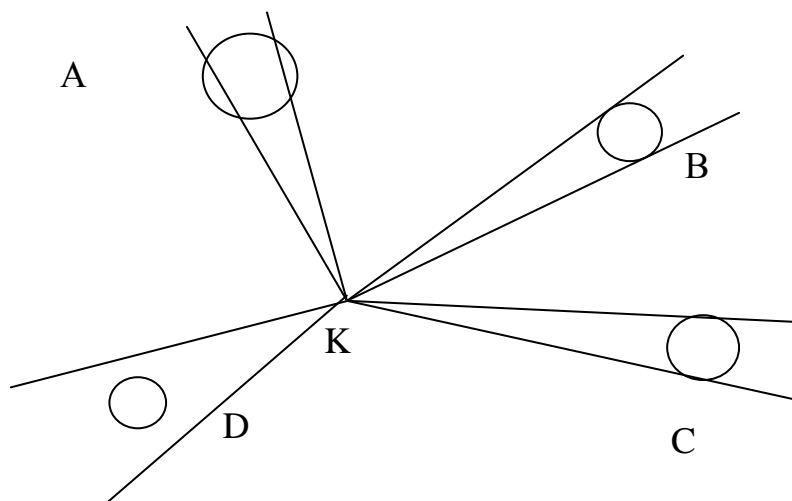


Рис. 41. Схема измерения суммы площадей сечения полнотомером Биттерлиха

Мерной лентой (рулеткой) измеряют расстояние до 0,1 м от центра КПП до дерева, мерной вилкой измеряют до 0,1 см диаметр дерева на высоте груди (1,3 м). Если расстояние до дерева равно или меньше половины диаметра дерева, то такое дерево входит в реласкопическую КПП. Если расстояние больше половины диаметра, то дерево не входит в границы КПП, например, расстояние до дерева 11,3 м, диаметр дерева $d=22,8$ см (половина диаметра 11,4 см).

На пробной площади выполняется сплошной перепись деревьев, т.е. измерения мерной вилкой диаметров деревьев на высоте 1,3 м.

Предварительно проверяется исправность мерной вилки. Расстояние между неподвижной и подвижной ножками мерной вилки должно быть равным: $l_1 = l_2$. В противном случае выполняется регулировка подвижной ножки винтом.

Для измерения диаметров деревьев на высоте 1,3 м следует отметить высоту груди у исполнителя или пользоваться мерным шести-ком 1,3 м. При наклонах или двух стволах деревьев пользуются правилами верхнего уровня (рис. 35).

Измерения диаметров производят в одном направлении (СЮ или ЗВ), мерную вилку следует держать строго перпендикулярно к стволу дерева.

Все деревья, входящие в реласкопическую КПП, отмечаются

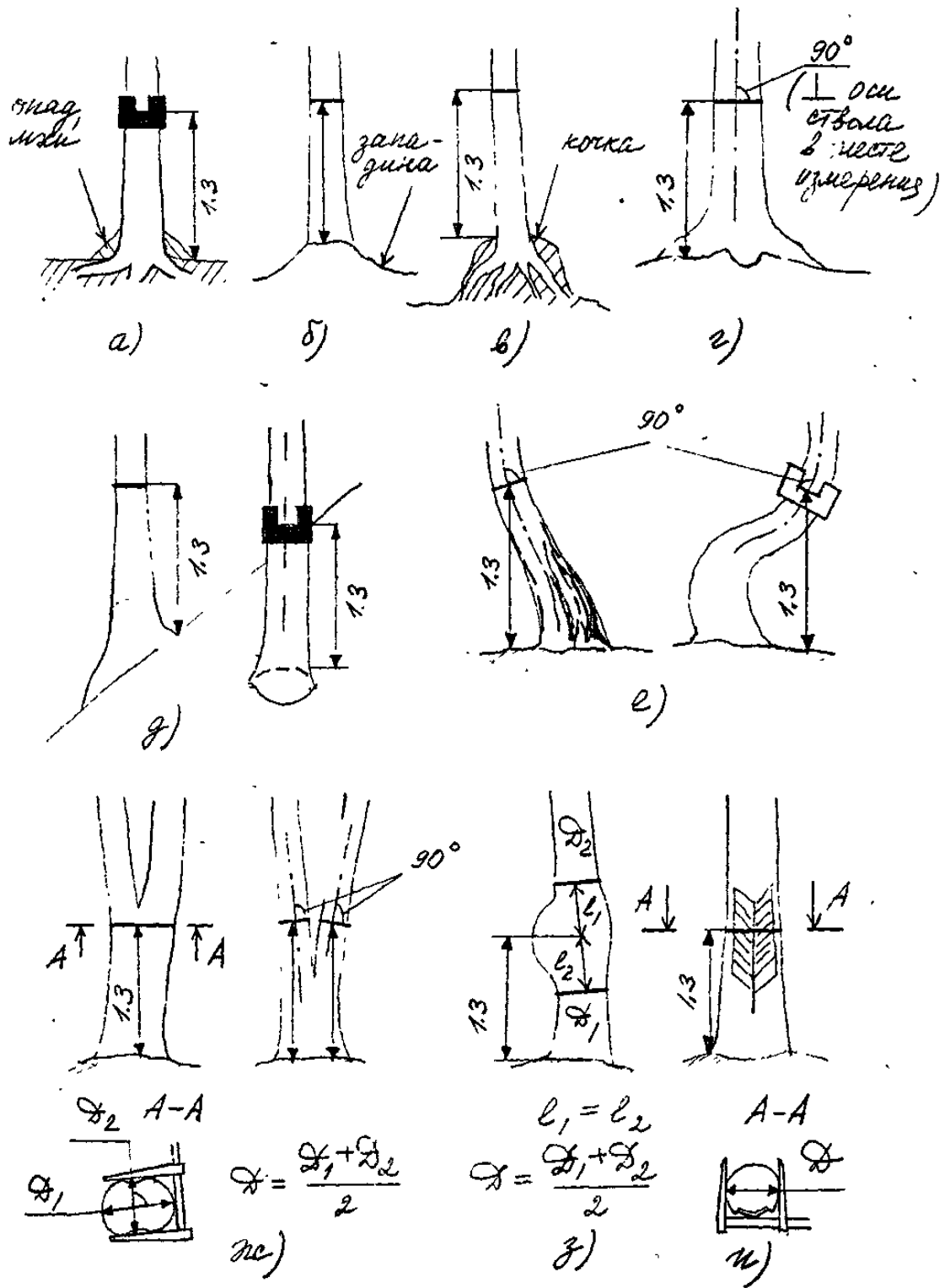


Рис. 42. Схемы измерений диаметров деревьев.

Высота и направление визирования и измерения таксационного диаметра: а – сосна, гигротопы 1–2; б – то же, гигротоп 3; в – то же, гигротопы 4–5; г – ель; д – деревья на склоне; е – стволы с изгибом нижней части; ж – сросшиеся стволы; з – ствол с наплывом; и – ствол с каррой (каррами).

Расчеты выполняются отдельно для деловых и дровяных деревьев.

Таксационные показатели древостоя по элементам леса определяются по алгоритму обработки данных сплошной перечислительной таксации на пробной площади.

Сумма площадей сечения древостоя на 1 га вычисляется как среднеарифметическое значение $G = \sum G/n$, где $\sum G$ – сумма значений всех измеренных полнотомером сумм площадей сечения на РКПП; n – число КПП.

Средний возраст древостоя: $A_{\text{ср}} = \sum A/n$, где $\sum A$ – сумма возрастов, измеренных 3–5 средних учетных деревьев; n – число учетных деревьев.

Класс бонитета определяется по общебонитировочной шкале М.М. Орлова, класс товарности – по проценту деловой древесины.

Метод выборочной таксации древостоев на реласкопической КПП можно применить в древостоях без подроста или с редким подростом. В насаждениях с густым (средним по густоте) подростом трудно использовать полнотомер Биттерлиха, поэтому применяется метод таксации древостоев на КПП постоянного радиуса или постоянной величины.

Таксация древостоев на круговых площадках постоянного радиуса. При таксации древостоев на КПП постоянного радиуса обычно применяют стратифицированную систематическую выборку.

В центре КПП закладывают круговые площадки постоянного радиуса. Радиус КПП устанавливают в зависимости от возраста насаждений: в молодняках $R = 2$ м, в средневозрастных – $R = 5$ м, в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях $R = 10$ м. В низкополнотных насаждениях радиус КПП может быть увеличен.

Границы КПП отводятся мерной стальной рулеткой и прочным шнуром, отмечаются мелом, краской, цветной лентой. В границах КПП ведется сплошной пересчет деревьев по породам, ярусам и ступеням толщины (табл. 42).

При пересчете деревья подразделяют на деловые и дровяные.

Данные пересчета деревьев на всех круговых площадках в выделе суммируются и пересчитываются на один га или площадь таксированного выдела. Переводной коэффициент используется для пересчета данных. Переводной коэффициент равен:

$$K = \sum S_i / 10000$$

где S_j – площадь j -й КПП.

При радиусе КПП, равном $R = 10$ м, площадь одной КПП будет равна $S_i = \pi R^2 = 3,14 * 100 = 314$ м². Если в таксационном выделе заложено 7 КПП, то переводной коэффициент (K) равен общей площади 7 КПП, выраженной в гектарах: $K = (7*314)/10\ 000 = 0,22$ га. Число деревьев по ступеням толщины (n_i) вычисляется делением общего числа деревьев на переводной коэффициент:

$$n_i = \sum n_{ij} / K,$$

где n_i – число деревьев в i -й ступени толщины на 1 га; $\sum n_{ij}$ – сумма числа деревьев в i -й ступени толщины для всех j -х круговых площадок.

Таблица 42

**Ведомость пересчета деревьев на круговых площадках
постоянного радиуса**

Лесхоз Лесничество кв выдел

Ступень толщи- ны	КПП 1						КПП 2			...	Средние высоты, м		
	сосна			ель			сосна			...	сосна	ель	
	дело- вые м ²	дровя- ные, м ²	ито- го	дело- вые м ²	дровя- ные, м ²	ито- го	дело- вые м ²	дровя- ные, м ²	ито- го				
8	–	1		–	1							8,1	8,0
12	1	–		–	1							11,9	12,1
16	1	–		1	–								
20	1	1		1	–								
24	1	–		1	1								
.....													
44	1	–		–	–							28,7	–
Итого													

После пересчета числа деревьев на 1 га, измерения высот и возраста деревьев получают обычную ведомость сплошного перечета деревьев на пробной выделе. Таксационные показатели древостоя определяются общепринятыми способами.

Глазомерно-измерительная таксация древостоев. Метод глазомерно-измерительной таксации древостоев сочетает элементы глазомерной и измерительной таксации, позволяет определить таксационные показатели древостоев без сплошного перечета деревьев [13, 37].

В древостое выбираются пять средних по диаметру, высоте и форме ствола деревьев преобладающей или главной породы. У этих пяти деревьев измеряются диаметры на высоте груди с точностью 0,1 см, высоты до 0,1 м и возраст до 1 года (возраст может оцениваться глазомерно). Средние диаметр, высота и возраст древостоя (элементы леса) вычисляются как среднеарифметические значения:

$$D_{\text{cp}} = \frac{\sum d_5}{5}; \quad H_{\text{cp}} = \frac{\sum h_5}{5}; \quad A_{\text{cp}} = \frac{\sum a_5}{5}$$

Запас древостоя по породам вычисляется по формуле

$$M = GHF,$$

где M – запас древостоя, м^3 ; G – сумма площадей сечения древостоя, м^2 ; HF – видовая высота древостоя.

Сумма площадей сечения древостоя измеряется полнотомером Биттерлиха на реласкопических круговых площадках, заложенных по схеме систематической выборки. Видовая высота древостоя вычисляется по регрессионным моделям связи в зависимости от высоты, диаметра и класса бонитета.

Класс бонитета древостоя определяется по общепонитировочной шкале проф. М.М. Орлова, тип леса – по шкале типов леса И.Д. Юркевича. Класс товарности древостоя определяется по проценту выхода деловой древесины, который вычисляется по сумме площадей сечения деловых деревьев, учтенных на реласкопических круговых площадках. При измерениях на реласкопических круговых площадках полнотомером Биттерлиха отдельно учитываются по породам общая сумма площадей сечения древостоя и сумма площадей сечения деловых древостоев. На основе этих измерений вычисляют процент суммы площадей деловых деревьев, который принимается как процент деловой древесины. Подобным образом вычисляется состав древостоя: $G_{\text{сосны}} = 20,5 \text{ м}^2/\text{га}$ (56%); $G_{\text{березы}} = 6,0 \text{ м}^2/\text{га}$ (16%); $G_{\text{ели}} = 10,0 \text{ м}^2/\text{га}$ (28%); $G_{\text{общая}} = 36,5 \text{ м}^2/\text{га}$ (100%).

Состав древостоя равен: 6С3Е1Б.

Лекция 13. Сортиментация запасов древостоев. Сортиментные таблицы. Товарные таблицы

Древесина находит самое различное применение в народном хозяйстве страны. Поэтому в современных условиях сведений об общих запасах лесонасаждений для решения ряда лесохозяйственных и лесозаготовительных задач может оказаться недостаточно. Общие запасы древесины необходимо разделить на составные части, имеющие разное применение в различных сферах хозяйственной деятельности. Как уже говорилось, такие отдельные виды лесной продукции в практике лесного дела принято называть сортиментами. Методы и техника определения выхода сортиментов составляют предмет промышленной таксации леса.

Чаще всего сортиментной оценкой леса приходится заниматься при отводе лесосечного фонда, т. е. при назначении насаждений в рубку. Такую оценку производят при определении возраста спелости леса, а также при выборе и закреплении сырьевых баз для лесопромышленных предприятий, при оценке лесозаготовительных запасов древесины в крупных лесных массивах и даже в лесозащитных районах.

Методы расчета выхода сортиментов во многом зависят от запаса древесины, для которого необходимо провести промышленную таксацию. Отдельные стволы определенных размеров и качества, назначаемые в выборочную рубку; незначительные по числу деревьев насаждения на небольших участках, отводимых в сплошную рубку; лесосырьевые базы, занимающие площадь в несколько десятков и даже сотен тысяч гектаров, — все это далеко не одинаковые объекты сортиментной оценки. Поэтому подход к решению задачи о выходе сортиментов в каждом из этих случаев имеет свои особенности.

Современная теория и практика промышленной таксации леса располагает следующими методами расчета выхода сортиментов: 1) применение сортиментных таблиц; 2) сортиментация по материалам разделки модельных деревьев; 3) сортиментация по таблицам объема и сбегу древесных стволов; 4) индивидуальная подеревная сортиментация; 5) сортиментация по данным разделки деревьев на пробных площадях (метод пробных площадей); 6) сортиментация с помощью коэффициентов взаимозаменяемости сортиментов; 7) применение товарных таблиц.

Сортиментными называют такие таблицы, в которых указывается распределение объемов стволов определенного размера по отдельным сортиментам и категориям крупности древесины.

Опыт лесозаготовок показал, что из стволов одинаковых размеров, формы, качества и древесной породы при рациональной разделке получается близкий по величине выход сортиментов. Рациональная разделка стволов в соответствии с требованиями ГОСТ на лесоматериалы предполагает получение максимального выхода наиболее ходовых деловых высококачественных сортиментов. Поэтому для стволов, характеризующихся определенными размерами и качеством, можно заранее рассчитать средние объемы их частей, пригодных для заготовки того или иного сортимента, и сгруппировать данные такого расчета в соответствующие таблицы.

В настоящее время в практике лесной таксации используется ряд сортиментных таблиц, составленных разными авторами (Н. П. Анучиным, Ф. П. Моисеенко, Н. В. Третьяковым, П. В. Горским и др.). Некоторые таблицы известны как общие (таблицы Н. П. Анучина) и применение их не ограничивается каким-либо определенным районом, другие используются выборочно и носят название местных [5,25].

Сортиментные таблицы, как правило, состоят из трех частей. В первой содержатся данные об объеме ствола в коре и без коры в зависимости от его размеров: толщины на расстоянии 1,3 м от комля и от высоты. Во второй части таблиц приводится распределение объема деловой части ствола на категории крупности древесины – крупная, средняя и мелкая. К крупной деловой древесине относятся сортименты, диаметр верхнего торца которых равен 25 см и более, к средней – 13-24 см и к мелкой – 3-13 см. В третьей части таблиц содержатся данные о названии и объеме сортиментов, которые можно заготовить при разделке такого ствола. Некоторые таблицы имеют «множительную» часть, в которой все показатели выхода сортиментов и категорий крупности древесины приведены для 2-9 стволов, что облегчает расчет выхода сортиментов.

Толщина и высота стволов в сортиментных таблицах учитываются в укрупненных градациях: диаметр на расстоянии 1,3 м от комля – в четырехсантиметровых ступенях толщины, а высота – в разрядах высот.

Данные о выходе сортиментов и категорий крупности в таблицах приведены для стволов, относящихся к категории деловых деревьев. Для дровяных деревьев в них дается выход дров, равный объ-

ему ствола в коре. В большинстве таблиц, используемых в практике промышленной таксации, показатели выхода сортиментов указаны в плотных кубометрах, а в таблицах, составленных Н.В. Третьяковым и П.В. Горским, – в процентах от объема ствола. В качестве примера сортиментной таблицы приведены выдержка из таблиц проф. Н.П. Анучина для сосны III разряда высоты (табл. 62). Существует два способа составления сортиментных таблиц.

Первый способ предполагает использование имеющихся таблиц объема и сбега стволов. На разрабатываемых лесосеках путем обмера устанавливают среднюю длину деловой части стволов, выраженную в процентах от общей высоты ствола. По данным проф. Н.П. Анучина относительная средняя длина деловой части не зависит от разряда высоты и бонитета и составляет для сосны и ели 80%, для кедра, лиственницы и пихты 70%, для березы 60%, для осины 43% от высоты ствола. Зная относительную длину деловой части, рассчитывают ее в метрах применительно к стволам определенной ступени толщины и разряду высоты. Затем по таблицам объема и сбега стволов размечают ствол определенного размера на наиболее ходовые сортименты стандартной длины и толщины. По таблицам сбега устанавливают объем намеченных отрезков. Эти рассчитанные объемы отрезков и присвоенные им наименования заносят в соответствующие графы составляемых таблиц.

Первые отечественные таблицы были составлены проф. Н.П. Анучиным именно таким способом.

Второй способ составления таблиц, предложенный проф. Н.В. Третьяковым, заключается в непосредственной раскряжке на опытных делянках всех деревьев на сортименты. Объемы заготовленных сортиментов по их длине и диаметру в верхнем отрезе находят по таблицам объема круглых лесоматериалов (ГОСТ 2708-75).

Таблица 62

Сортиментная таблица (сосна, III разряд высоты)

Диаметр на высоте груди, см	Объем ствола, м ³ в коре без коры	Число де- ревьев	Деловые деревья												Дрова- ные дере- вья
			деловая древесина				наименование сортиментов								
			крупная	средняя	мелкая	ИТОГО	высоко- сортная	пиловочник	строитель- ные бревна	шпальник	рудничная стойка	жерди	дрова	отходы	
24	0,44	1	–	0,34	0,03	0,37	–	0,22	0,08	–	0,07	–	0,01	0,06	0,44
21	0,38	2	–	0,68	0,06	0,74	–	0,44	0,16	–	0,14	–	0,02	0,12	0,88
		3	–	1,02	0,09	1,11	–	0,66	0,24	–	0,21	–	0,03	0,18	1,32
		4	–	1,26	0,12	1,48	–	0,88	0,32	–	0,28	–	0,04	0,24	1,76
		5	–	1,70	0,15	1,85	–	1,10	0,40	–	0,35	–	0,05	0,30	2,20
		6	–	2,04	0,18	2,22	–	1,32	0,48	–	0,42	–	0,06	0,36	2,64
		7	–	2,38	0,21	2,59	–	1,54	0,56	–	0,49	–	0,07	0,42	3,08
		8	–	2,72	0,24	2,96	–	1,76	0,64	–	0,56	–	0,08	0,48	3,52
		9	–	3,06	0,27	3,33	–	1,98	0,72	–	0,63	–	0,09	0,54	3,96
		28	0,63	1	–	0,47	0,07	0,54	0,01	0,31	0,13	0,03	0,06	–	0,02
22	0,55	2	–	0,94	0,14	1,08	0,02	0,62	0,26	0,06	0,12	–	0,04	0,14	1,26
		3	–	1,41	0,21	1,62	0,03	0,93	0,39	0,09	0,18	–	0,06	0,21	1,89
		4	–	1,88	0,18	2,16	0,04	1,24	0,52	0,12	0,24	–	0,08	0,28	2,52
		5	–	2,35	0,35	2,70	0,05	1,55	0,65	0,15	0,30	–	0,10	0,35	3,15
		6	–	2,82	0,42	3,24	0,006	1,86	0,78	0,18	0,36	–	0,12	0,42	3,78
		7	–	3,29	0,49	3,78	0,07	2,17	0,91	0,21	0,42	–	0,14	0,49	4,41
		8	–	3,76	0,56	4,32	0,08	2,48	1,04	0,24	0,48	–	0,16	0,56	5,04
		9	–	4,23	0,63	4,86	0,09	2,79	1,17	0,27	0,54	–	0,18	0,63	5,67

Ни средняя длина деловой части, ни показатели таблиц объема и сбега стволов при этом не используются. Для деревьев каждой отдельно взятой ступени толщины подсчитывают общий выход всех заготовленных сортиментов и каждого в отдельности. Выход отдельных сортиментов, заготовленных из деревьев каждой ступени, выраженный в процентах от общего объема всех деревьев этой ступени, заносят в составляемые таблицы. Проф. Н.В. Третьяков считал, что такой подход к составлению сортиментных таблиц гарантирует совпадение объемов сортиментов, установленных при таксации леса, с объемами, полученными непосредственно после их заготовки.

Чтобы с помощью таблиц рассчитать возможный выход сортиментов на отводимых для рубки участках леса, необходимо на них провести перечет деревьев по породам, ступеням толщины и качественным категориям стволов; измерить высоту для определения разряда высот.

Перед этим общую площадь лесосеки разделяют на отдельные таксационные участки, или выделы, так как на выделах разряды высоты деревьев, следовательно, разряды применяемых таблиц, могут быть неодинаковыми. При расчленении площади лесосеки используют планы лесонасаждений и таксационные описания, а кроме того, непосредственно осматривают участок.

Деревья перечитывают, начиная, как правило, с диаметра на высоте груди 10,1 см (ступень толщины при обмере вилкой 12 см). В малолесных районах по указанию органов лесного хозяйства союзных республик перечет можно начинать с диаметра 6,1 см (ступень 8 см). При этом деревья по технической годности делят на три категории: деловые – если общая длина деловых сортиментов в комлевой половине при высоте дерева более 20 м составляет 6,5 м и более, а у деревьев высотой до 20 м – не менее $\frac{1}{3}$ высоты; полуделовые – если общая длина деловой части в комлевой половине составляет от 2,0 до 6,5; дровяные – если протяженность деловой части менее 2 м.

Пригодность частей древесного ствола для получения деловых сортиментов определяют в соответствии с требованиями ГОСТ путем осмотра ствола и визуального определения размеров имеющихся на нем пороков.

На каждом выделе, входящем в площадь лесосеки, отдельно по составляющим породам измеряют высоту деревьев с целью определения разряда сортиментных таблиц, которые следует применять. Высоту измеряют высотомером, эклиметром или мерной вилкой на трех

средних ступенях толщины – по три дерева в каждой ступени. Деревья для обмера высоты выбирают равномерно по всей таксируемой площади. Специальная рубка деревьев для определения их высоты, как правило, не производится. Однако для этих целей можно использовать деревья, срубленные при пробивке визиров.

Перечет деревьев и соответствующий ему промер высоты может быть сплошным (т. е. по всей площади лесосеки) или частичным, когда в пределах таксационных участков, выделенных на лесосеке, закладывают пробные типичные площади и ведут на них перечет.

После проведения описанных полевых работ, составления перечетной ведомости деревьев и промера их высоты приступают к использованию сортиментных таблиц для определения общего запаса на лесосеке и выхода сортиментов и категорий крупности древесины. Прежде всего устанавливают разряд высоты деревьев и применяемых таблиц. Для этого в каждой из трех центральных ступеней толщины по трем выполненным в натуре измерениям определяют среднеарифметическую высоту. Эту высоту сравнивают с данными вспомогательных таблиц для установления разряда, в которых для каждого разряда по ступеням толщины указаны минимальная и максимальная высота деревьев. Если в отдельных ступенях разряды окажутся разными, то рассчитывают средний разряд, распространяют его на всю породу и выбирают для нее сортиментную таблицу этого разряда. Дальнейшие расчеты по таблицам сводятся к следующему. Сначала определяют запас древесины и выход сортиментов по отдельным ступеням, в соответствии с табличными данными, а также по числу деревьев в ступенях, установленному при перечете. Затем суммировав соответствующие выходы по всем ступеням, находят запас и выход сортиментов в целом по породам и общий для всей лесосеки.

Следует отметить, что сортиментные таблицы не содержат показателей для категории полуделовых деревьев. При обработке данных перечета число полуделовых стволов, установленное в каждой ступени, распределяют поровну между деловыми и дровяными деревьями.

При обработке материалов частичных перечетов по таблицам сначала находят выходы сортиментов на пробе, а по ним на всей лесосеке, используя для этого переводные коэффициенты, коэффициенты устанавливают делением эксплуатационной площади лесосеки на площадь пробы.

Проф. В.Ф. Багинский предложил составлять сортиментные таблицы по породам без учета разряда высот. В этих таблицах вместо разряда высот в каждой ступени толщины (диаметре) даются различные высоты (например, ступень толщины 24 см, высоты деревьев 22, 23, 24, 25, 26 метров). Для каждого диаметра и высоты деревьев в таблицах приводится выход крупной, средней, мелкой деловой древесины, дров и отходов, промышленных сортиментов. Таким образом, в сортиментных таблицах В.Ф. Багинского разряд высот заменяется соотношением диаметров и высот деревьев.

Точность определения общего запаса на лесосеке и выхода отдельных сортиментов при пользовании сортиментными таблицами зависит от погрешностей, допускаемых при определении разряда таблиц и формы стволов, а также от ошибок, возникших при округлении диаметров во время пересчета деревьев.

Вопрос о точности таксации по сортиментным таблицам был обстоятельно изучен проф. Н.П. Анучиным. По материалам теоретических и обширных экспериментальных исследований он установил значение средних ошибок в выходе сортиментов, допускаемых при пользовании таблицами (табл. 63).

Большинство сортиментов по размерам и качеству древесины частично, а иногда и полностью взаимозаменяемы. Например, часть пиловочных бревен может быть классифицирована как строительные и, наоборот, часть их может быть отнесена к пиловочнику. Поэтому показатели любых сортиментных таблиц отражают лишь один из возможных вариантов разделки ствола. Таблицы Н.П. Анучина способ разделки и выход сортимента устанавливаются с учетом требования народнохозяйственного плана заготовки древесины. Между тем, в отдельных районах или в сырьевых базах целлюлозно-бумажных комбинатов соотношение заготавливаемых сортиментов отличается от предусмотренного планом.

Таблица 63

Ошибки в определении выхода сортиментов

Участие сортимента, % от общего запаса на лесосеке	Отношение погрешности учета сортимента к погрешности учета общего запаса	Погрешности в определении выхода сортимента, % от его запаса	Участие сортимента, % от общего запаса на лесосеке	Отношение погрешности учета сортимента к погрешности учета общего запаса	Погрешности в определении выхода сортимента, % от его запаса
100	1,00	±6,0	50	1,36	±8,2

90	1,07	±6,4	40	1,48	±8,9
80	1,13	±6,8	30	1,65	±9,9
70	1,20	±7,2	20	1,88	±11,3
60	1,27	±7,6	10	2,34	±14,1

В этих случаях при промышленной таксации лесосечного фонда могут быть использованы коэффициенты взаимозаменяемости сортиментов, характеризующие максимально возможный выход отдельных сортиментов из ствола определенного размера. В табл. 64 в качестве примера приведены такие коэффициенты, установленные для еловых древостоев III класса бонитета в подзоне южной тайги европейской части СССР.

Зная предельно возможный выход отдельных сортиментов (коэффициенты) и их соотношение в полученном задании на лесозаготовки, находят совместный выход нескольких сортиментов, предусмотренных планом. Для этого, так же как и при пользовании сортиментными таблицами, необходим пересчет деревьев на лесосеках. По материалам пересчета рассчитывают выход сортиментов из стволов отдельных ступеней толщины, а затем на всей лесосеке. Расчет ведется по формуле

$$V_{\text{сорт.}} = (K_{\text{сорт.}} - \frac{\sum V_{\text{пред.сорт.}}}{M})M,$$

где $V_{\text{сорт.}}$ – выход заданного сортимента, м³; $K_{\text{сорт.}}$ – табличный коэффициент максимального выхода этого сортимента; $\sum V_{\text{пред.сорт.}}$ – суммарный выход сортиментов, предшествующих заданному (в табличной последовательности), м³; M – запас стволовой древесины деловых деревьев в ступени толщины (без коры), м³.

Например, на отводимой лесосеке в ступени 28 см имеется 1000 стволов ели. По сортиментным таблицам объем этих стволов соответственно разряду высоты составляет 600 м³. По заданию надо заготовить шпальник, пиловочник и балансы.

Из табл. 64 для ступени 28 см находим коэффициент выхода шпальника Он равен 0,19 объема ствола без коры Подставляя этот коэффициент в формулу, определяем выход шпальника

$$V_{\text{шп.}} = 0,19 \cdot 600 = 114 \text{ м}^3.$$

В данном случае $\sum V_{\text{пред.сорт.}}=0$, так как шпальник рассчитывают первым.

Таблица 64

Коэффициенты максимального выхода сортиментов

Ступени толщины	Максимальный выход сортиментов из деловых стволов, доли объема ствола без коры, %										
	шпальник	судостроительный лес	пиловочник	столбы связи	строительный лес	тарный кряж	балансы	рудничная стойка	подтоварник	жерди	всего де- ловой древесины
8	–	–	–	–	–	–	–	0,58	–	0,85	0,85
12	–	–	–	–	–	0,46	0,75	0,81	0,73	0,89	0,89
16	–	–	–	–	0,63	0,77	0,87	0,87	0,85	0,44	0,91
20	–	–	0,68	0,67	0,78	0,88	0,94	0,93	0,54	0,23	0,94
24	–	0,40	0,84	0,82	0,88	0,94	0,96	0,94	0,20	0,13	0,96
28	0,19	0,50	0,89	0,87	0,91	0,95	0,86	0,95	0,09	0,02	0,97
32	0,56	0,61	0,91	0,90	0,92	0,95	0,63	0,73	–	–	0,97
36	0,67	0,57	0,93	0,92	0,93	0,96	0,42	0,52	–	–	0,97
40	0,75	0,59	0,94	0,78	0,94	0,97	0,27	0,34	–	–	0,97
44	0,84	0,61	0,95	0,71	0,94	0,97	0,21	0,25	–	–	0,97
48	0,85	0,62	0,96	0,62	0,95	0,97	0,17	0,21	–	–	0,97
52	0,86	0,63	0,96	0,46	0,95	0,97	0,12	0,19	–	–	0,97
56	0,86	0,63	0,96	0,40	0,95	0,97	0,09	0,17	–	–	0,98
60	0,86	0,64	0,96	0,34	0,95	0,98	0,07	0,15	–	–	0,98

Выход пиловочника (коэффициент 0,89) составит

$$V = \left(K_{\text{пил.}} - \frac{V_{\text{шп.}}}{M} \right) M = \left(0,89 - \frac{114}{600} \right) 600 = 420 \text{ м}^3.$$

Аналогично выход балансов будет

$$V_{\text{бал.}} = \left(K_{\text{бал.}} - \frac{V_{\text{шп.}} + V_{\text{пил.}}}{M} \right) M = \left(0,96 - \frac{114 + 420}{600} \right) 600 = 42 \text{ м}^3$$

Общий выход этих трех заданных сортиментов будет равен $V_{\text{шп.}} + V_{\text{пил.}} + V_{\text{бал.}} = 114 + 420 + 42 = 576 \text{ м}^3$.

В таблице коэффициент общего выхода деловой древесины равен 0,97. Значит $V_{\text{дел.}} = 600 \cdot 0,97 = 582 \text{ м}^3$. Разницу между выходом древесины и выходом трех заданных сортиментов ($582 - 576 = 6 \text{ м}^3$) можно использовать для получения сортиментов, менее толстых, чем балансы (стоящих в табл. 64 после шпальника, пиловочника и балансов), т. е. рудничной стойки и жердей. (Хотя они и не предусмотрены в плане, их целесообразно заготовить, чтобы не допустить перевода деловой древесины в дрова.)

В тех случаях, когда на какую-либо древесную породу не составлены сортиментные таблицы или же имеющиеся таблицы из-за местного характера фауности деревьев неправильно отражают выход сортиментов, сортиментацию можно произвести по методу модельных деревьев. Применение этого метода наиболее целесообразно для ценных насаждений со сложной сортиментной структурой, включающей высококачественные лесоматериалы

По своей теоретической сущности – это один из видов выборочного изучения свойств совокупности деревьев, когда из их множества отбирают часть в качестве образца. При сортиментной опенке леса модельные деревья служат образцами, отражающими выход лесоматериалов.

Для сортиментации леса наиболее целесообразен метод отбора моделей по ступеням толщины. Пригоден для этой цели, но менее точен, метод классового представительства, когда деревья близких ступеней толщины объединяют в классы и для каждого из них срубают образцы–модели.

Число выбираемых моделей в ступенях может быть равным, но более точные результаты таксации достигаются, если число выбранных моделей будет пропорционально числу деревьев, представленных в ступенях при перечете.

Взятые модели должны отражать не только средние размеры деревьев в ступенях или классах, но и средние качественные признаки однородных (по качеству) групп (высокосортных, деловых, полуделовых и дровяных). На срубленных моделях с учетом сортиментных заданий, а также в соответствии с требованиями ГОСТ на размеры и качество сортиментов намечают деловые отрезки, присваивают им наименования сортиментов и определяют их объем. Объем сортиментов, так же как и объем всего ствола, находят, складывая полные или частичные объемы двухметровых отрезков, на которые размечен ствол.

Используя результаты, полученные на моделях, рассчитывают соответствующие выходы сортиментов из всех деревьев, входящих в отдельные ступени или классы толщины по формуле

$$V = \left(V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \frac{\sum g_{\text{ст.}}}{\sum g_{\text{М}}} \right),$$

где V – выход отдельного сортимента из всех деревьев в ступени или классе, м^3 ; $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ – выходы этого сортимента из отдельных моделей, взятых в ступени или классе, м^3 ; $\sum g_{\text{ст.}}$ – суммарная площадь сечения деревьев ступени (класса), м^2 . $\sum g_{\text{М}}$ – суммарная площадь сечения моделей, взятых в этой ступени (классе), м^2 .

Суммируя выход соответствующих сортиментов по всем ступеням толщины, находят общий выход сортиментов с лесосеки. Аналогичными расчетами можно по моделям установить выход категорий крупности древесины.

На точность сортиментации леса по моделям несомненно влияет число выбираемых моделей. Исчерпывающую количественную оценку можно получить с помощью методов математической статистики, учитывающих варьирование выхода сортиментов. Однако исследования, проведенные Н.П. Анучиным и Ф.П. Моисеенко, показывают, что при отборе 12–15 модельных деревьев для однородного элемента леса погрешность в определении выхода основных сортиментов не превышает $\pm 10\%$.

При отсутствии специальных таблиц выход сортиментов на лесосеке по материалам перечета можно установить без рубки и разделки модельных деревьев. В древостоях с незначительной фаутоностью выход сортиментов в основном будет зависеть от размеров древесных стволов, а не от скрытых пороков древесины.

Размерная же характеристика стволов (толщина и объемы двухметровых отрезков), детально отражена в таблицах объема и сбega,

составленных применительно к некоторой средней форме древесного ствола, которую имеет наибольшая часть деревьев в любом насаждении. Поэтому для стволов с определенным соотношением $D_{1,3}$ и H можно камерально наметить разделку ствола на сортименты с учетом планового задания, используя данные таблиц сбега. Намеченный выход из одного ствола по таблицам устанавливается так же, как на моделях, т. е. суммируя объемы двухметровых отрезков. Эта часть работы, по существу, составление новых сортиментных таблиц по методу проф. Н.П. Анучина. Имея такие вновь составленные таблицы, определяют по материалам перечета выход сортиментов на отводимых лесосеках. Преимущество этого способа заключается в том, что в случае изменения сортиментного плана по таблицам сбега можно наметить новый вариант разделки, с учетом взаимозаменяемости запланированных сортиментов.

Сущность этого способа заключается в непосредственном осмотре и измерении каждого дерева, намеченного к рубке. При этом с учетом размеров, внешних пороков и признаков скрытой внутренней фаутиности ствола визуально намечают его разметку на наиболее ценные сортименты с указанием в соответствующих ведомостях номера дерева, наименования сортиментов, сорта, длины и толщины в верхнем отрезе. Для корректировки глазомера при определении высоты дерева и длины сортиментов пользуются высотомерами.

Данные полевой таксации обрабатывают. При этом объем сортиментов устанавливают по таблице объема круглых лесоматериалов соответственно их длине и диаметру в верхнем отрезе. С теоретической точки зрения этот метод выглядит точным. Однако его точность прежде всего зависит от опыта и квалификации исполнителей, для которых особенно сложно распознать скрытые пороки древесины, а следовательно, влияние на выход сортиментов.

Индивидуальная таксация в современных условиях применяется лишь при выборочных рубках на прииск с целью заготовки специальных высокосортных сортиментов, а также при инвентаризации особо ценных насаждений.

Метод пробных площадей, широко применяемый для изучения строения насаждений и их таксационных показателей, может быть использован и для определения выхода сортиментов. Если на заложенных пробных площадях произвести сплошную разделку всех деревьев, то, естественно, это позволит учесть влияние на выход всех факто-

ров: строения древостоя, формы стволов, их качественного состояния, скрытых пороков древесины.

Пробные площади должны быть заложены на участках, наиболее типичных для определенных категорий таксируемых насаждений. Число пробных площадей следует устанавливать с учетом варьирования таксационных признаков насаждений на исследуемой территории. Чем больше неоднородность таксационных признаков, тем большее число проб надо заложить для определения товарности древостоя.

В производственной практике этот метод используется крайне редко. Он применяется при научно-исследовательских работах, проводимых с целью составления таксационных нормотивов для сортиментной оценки леса на корню, например, при составлении товарных таблиц.

Товарные таблицы аналогичны сортиментным. В них приведены данные о выходе деловой древесины и распределении ее на категории крупности и отдельные сортименты. Однако все эти сведения даны не для ствола определенных размеров, а для древостоя в целом в зависимости от древесной породы, среднего диаметра, класса товарности и, в ряде таблиц, от разряда высоты. Примером такой таблицы является табл. 65 для сосны (составленная Н.П. Анучиным).

Товарные таблицы предназначены для сортиментации крупных запасов древесины на больших площадях, когда произвести сплошной пересчет, необходимый для пользования сортиментными таблицами, очень сложно.

Учетной единицей при пользовании товарными таблицами является отдельное насаждение или его часть (элемент леса), представленная одной породой и одним ярусом. Запасы таких отдельных древостоев и их таксационные показатели содержатся в таксационных описаниях, составляемых при лесоустройстве.

Распределение запаса древостоя на сортименты без пересчета деревьев стало возможным, когда лесотаксационная наука вскрыла общие закономерности в распределении числа деревьев по градациям их толщины в зависимости от среднего диаметра. Их сущность заключается в том, что в древостоях, представленных одной породой и одним ярусом, при одинаковых средних диаметрах наблюдается одинаковое процентное распределение числа деревьев по четырехсантиметровым ступеням толщины, а при одинаковой средней высоте – одинаковое распределение по градациям высоты. Следовательно, зная средний диаметр древостоя, можно, исходя из этого, создать так называемый

искусственный пересчет, близкий к фактическому. Если материалы такого пересчета «просортиментировать» с помощью таблиц, то можно получить данные о распределении запаса на деловую древесину, дрова и отходы, а также определить выход отдельных сортиментов и категорий крупности деловой древесины.

Таблица 65

Товарная таблица для сосны

Средний диаметр насаждения, см	Распределение запаса, %									Распределение деловой древесины на категории крупности			Выход сортиментов, % от запаса деловой древесины					
	1 класс товарности (более 90% деловых деревьев)			2 класс товарности (76-90% деловых деревьев)			3 класс товарности (менее 75% деловых деревьев)											
	деловая	дрова	отходы	деловая	дрова	отходы	деловая	дрова	отходы	крупная	средняя	мелкая	высокосортная древесина	пиловочник	стройлес	шпальник	рубричная стойка	жерди
12	81	6	13	72	16	12	63	27	10	–	6	94	–	4	2	–	56	38
14	81	6	13	73	15	12	63	27	10	–	28	72	–	15	10	–	64	11
16	82	6	12	73	15	12	64	26	10	–	47	53	–	28	15	1	49	7
18	82	6	12	73	15	11	64	26	10	2	56	42	–	40	17	1	37	5
20	83	6	11	74	15	11	64	26	10	7	61	32	1	42	17	3	34	3
22	83	6	11	74	15	10	65	26	9	12	64	24	1	45	19	7	26	2
24	93	6	11	75	15	10	65	26	9	21	60	19	2	46	19	7	24	2
26	93	6	11	75	14	10	66	25	9	31	55	14	2	48	19	10	20	1
28	84	6	10	76	14	10	66	25	9	39	49	12	3	50	19	12	16	–
30	85	5	10	76	14	9	67	25	8	45	46	9	3	52	17	17	11	–
32	86	5	9	77	14	9	67	25	8	54	39	7	3	52	17	19	9	–

Чтобы каждый раз при сортиментной оценке насаждений не составлять искусственный перечень применительно к конкретной площади, можно просортиментировать некоторый условный древостой из 1000 стволов, и полученный выход выразить в процентах от его запаса. Выведенные таким путем ряды процентных показателей как раз и будут содержанием товарных таблиц, которые можно использовать для определения выхода сортиментов из реальных насаждений.

Первые в истории лесной таксации товарные таблицы были составлены Н.П. Анучиным именно таким методом.

Можно составить товарные таблицы, используя метод пробных площадей, но опять-таки лишь на основе закономерностей строения насаждений. Для этого на нескольких пробных площадях в насаждениях с одинаковыми средними диаметрами путем сплошной раскряжевки деревьев устанавливают показатели выхода сортиментов в процентах от запаса. Эти проценты на отдельных пробах хотя и окажутся близкими, но все же будут варьировать. Из варьирующих величин, используя приемы математической статистики, следует рассчитать надежные средние показатели, характеризующие товарную структуру насаждений на пробах в зависимости от их классов товарности и средних диаметров (таким способом были составлены таблицы Н.В. Третьякова и П.В. Горского).

Чтобы по товарным таблицам рассчитать выход сортиментов, который можно получить при разработке какого-либо насаждения, необходимо знать общий его запас, распределенный по древесным породам, а также средний диаметр деревьев и класс товарности, указанные с учетом древесных пород.

Все эти показатели содержатся в таксационных описаниях, составляемых при лесоустройстве. По этим показателям в товарных таблицах находят проценты от общего запаса, приходящиеся на деловую древесину, дрова и отходы. Используя эти проценты и общий запас породы, указанный в таксационном описании, определяют количество деловой древесины, дров и отходов, выраженное в кубометрах. Затем весь полученный объем деловой древесины распределяют на крупную, среднюю и мелкую, в соответствии с процентами, приведенными в таблицах для данного среднего диаметра. Наконец, аналогичным путем распределяют объем деловой древесины по отдельным сортиментам. Закончив расчеты по одной породе, выполняют такие же расчеты по другим породам, входящим в состав насаждения.

Произведя сортиментацию леса по всем выделам, находят суммарные показатели товарной структуры на всей площади лесного массива.

Запасы, классы товарности и средние диаметры насаждений при лесоустройстве в большинстве случаев устанавливают визуально, что не исключает ошибок. Поэтому результаты сортиментации насаждения по товарным таблицам на отдельном выделе тоже имеют погрешности (как в сторону завышения, так и занижения) по сравнению с последующим фактическим выходом сортиментов. Однако с увеличением числа выделов точность общих результатов таксации в массиве возрастает, так как плюсовые ошибки, допущенные при расчетах на одних выделах, компенсируются минусовыми ошибками на других.

В последнее время при определении запаса насаждений стали широко внедряться приемы измерительной таксации (полнотомер Б. Биттерлиха, призма Н.П. Анучина), позволяющие быстро и довольно точно определять запас отдельного насаждения. Поэтому появилась возможность использовать товарные таблицы не только для сортиментации крупных массивов, но и отдельных лесосек. В Беларуси товарные таблицы предложили использовать при материально-денежной оценке запасов древостоев на лесосеках, отводимых под прореживание [41]. Таксационные показатели древостоев на этих лесосеках устанавливают по данным лесоустройства с контролем запасов полнотомером Б. Биттерлиха без сплошного перечета деревьев. На лесосеках главного пользования применяют сплошной пересчет деревьев и сортиментные таблицы.

Лекция 14. Подготовка лесосечного фонда. Отвод и таксация лесосек

В этой главе мы рассмотрим вопросы отвода и таксации лесосек в лесах I, II, III групп бывшего СССР, а также правила отвода и таксации лесосек в Беларуси.

Лесосечным фондом называют совокупность участков леса, отводимых в рубку на ближайшие годы. Площади и запасы древесины, предназначенные для рубки на один год, определяют по расчетной лесосеке главного пользования и размерам промежуточного пользования, установленным при лесоустройстве. По территории лесного массива участки спелого леса, составляющие лесосечный фонд главного пользования, размещают в соответствии с лесоустроительным проектом и правилами рубок леса. Рубки ухода и санитарные рубки намечают с учетом состояния насаждений и сроков повторяемости рубок.

Главные рубки в эксплуатационных лесах и лесовосстановительные рубки в лесах I группы ведут сплошно-лесосечным, постепенным и выборочным способами. Рубки ухода ведут только выборочно. Санитарные рубки могут быть как сплошными, так и выборочными. Особенности способов рубки определяют специфику учета, предназначенного для рубки леса, и технику таксации лесосек.

Учет отпуска леса на корню производится: а) по площади – при всех видах сплошных рубок; б) по числу деревьев, предназначенных для рубки (по пням), – при постепенных и выборочных рубках как главных, так и промежуточных; в) по количеству заготовленных лесоматериалов – при осветлениях, прочистках и прореживаниях, а также при разработке горельников, ветровалов и буреломов. В задачу таксации лесосек (делянок) при любом виде учета входит их отвод, определение вырубаемого запаса, и расчет таксовой стоимости древесины. Эти операции выполняют путем подготовительных и полевых работ, а также оформлением таксационной документации.

Отвод лесосек и подготовительные работы к нему в лесах I, II, III групп СССР

Подготовительные работы заключаются в составлении плана отвода лесосек. По имеющимся в лесничествах и лесхозах картографическим материалам (планшеты, планы лесонасаждений) и таксационным описаниям намечают участки для рубки. При наборе участков руководствуются правилами рубок главного пользования и рубок

ухода, а также учитывают состояние насаждений и экономичность эксплуатации (механизация работ, расстояние вывозки и т. п.). Запроектированные участки (делянки) осматривают с целью выявления соответствия их таксационных данных фактическим показателям. В случае несоответствия производят необходимые замены участков.

План отвода составляют для каждого лесничества с подразделением на участки главного пользования, лесовосстановительных рубок, рубок ухода и санитарных рубок по следующей форме:

Хозяйственная часть	Номер квартала	Номер выдела	Хозяйственная секция	Способ рубки	Подлежит отводу		Лесозаготовительный
					площадь	запас	
						общий	

Согласованный с лесозаготовителями план утверждается директором лесхоза и передается в лесничества для исполнения. Перед началом работ все исполнители должны быть проинструктированы и пройти соответствующую практику.

Отвод лесосек производится, как правило, в весенне-летний период: для главных рубок – за два года до начала работ, для рубок ухода – за один год, а для санитарных – по мере необходимости.

Участки, намеченные для рубки, ограничивают визирами. Границами лесосек, кроме специально прорубаемых визиров, могут служить квартальные просеки, граничные линии окружной межи, таксационные визиры и ясно различимые границы площадей, не покрытых лесом. В равнинных лесах, как правило, отводятся лесосеки прямоугольной формы. В горных лесах границы лесосек намечают применительно к условиям рельефа. Если в пределах лесосеки имеются неэксплуатационные участки, то они также должны быть отграничены визирами. На визирах, прорубаемых при отводе участков в сплошную рубку, срубают все деревья, сваливая их в сторону лесосеки. На деревьях, прилегающих к визирю со стороны лесосеки, делают затески. Если отвод ведется для постепенных или выборочных рубок, визиры расчищают путем вырубki подлеска, подростa, сучьев и веток крупных деревьев закрывающих визир.

При выборочных санитарных рубках, а также при уборке семенников и семенных куртин, выполнивших свое назначение, места рубок не ограничивают визирами. На углах лесосек (делянок) ставят делянчные столбы диаметром 12–16 см. Высота столба над землей – 1,3 м. В землю их закапывают на глубину не менее 0,5 м с учетом особенностей грунта. Вблизи дорог столбы у основания должны быть закреплены крестовиной. Верх столба затесывают на два ската, под одним из которых вырубают гладкое «окно» для надписи. В надписи указывают номер квартала, способ рубки (при рубках ухода – вид рубки), год рубки, номер лесосеки, и ее эксплуатационную площадь. Надпись делают масляной краской. Столб устанавливают так, чтобы окно смотрело в сторону лесосеки по ее диагонали. Если в одной точке сходятся углы нескольких смежных лесосек в пределах одного квартала; то независимо от года их рубки устанавливают один столб с соответствующим числом окон. В точках пересечения визиров, ограничивающих неэксплуатационные участки внутри лесосеки, также устанавливают столбы высотой 1,0 м и толщиной 8–10 см. В окнах таких столбов краской делают пометку «Н. Э.» (неэксплуатационные).

Угломерная съемка границ и привязка лесосеки производятся с помощью буссоли или гониометра, а промер линий – мерной лентой. Ошибки при измерении углов не должны превышать 30 мин. при измерении длины – 1 м на 300 м периметра.

В ряде случаев возникает необходимость разделения крупной компактной лесосеки, даже если ее размеры не превышают норм, допускаемых правилами главных рубок, на отдельные более мелкие участки-делянки, например, когда лес из одной лесосеки отпускают разным заготовителям, а также в горных условиях, когда участки по крутизне склонов отличаются более чем на 10°. К отдельным делянкам могут быть отнесены участки с различным количеством жизнеспособного подроста хозяйственно-ценных пород. Нумеруют делянки в пределах квартала по годам рубки и видам пользования.

Если нет необходимости разбивать большую лесосеку на отдельные мелкие делянки, однако она неоднородна по таксационной характеристике, то для повышения точности таксации на ней выделяют отдельные таксационные участки. Это, как правило, делают, если в разных частях лесосеки выявлены деревья разных разрядов высоты в породах, представленных не менее чем двумя единицами состава. Минимальная площадь выделяемых участков установлена 0,5 га. Таксационные участки не ограничивают визирами, а отмечают колышка-

ми высотой 0,5 м в местах выхода на границу лесосеки. На колышки наносят номер участка.

На лесосеках для сплошной рубки одновременно с отводом ведут отбор семенников и отграничение семенных куртин. Отобранные семенники клеймят у шейки корня и «подрумянивают» кору на высоте груди, нанося на нее краской номер. Семенные куртины отграничивают легкими затесками с внешней стороны граничных деревьев, угловые деревья также подрумянивают и клеймят.

На каждую отводимую лесосеку составляют полевой абрис, на котором указывают: 1) румбы и длину границ; 2) привязку к квартальной (или визирной) сети; 3) расположение внутренних визиров, необходимых для таксации лесосеки и границ таксационных участков; 4) выделенные внутри лесосеки неэксплуатационные площади с указанием румбов и длины их границ; 5) расположение семенных куртин и участков с наличием подроста и молодняка; 6) характер участков, граничащих с лесосекой.

На основании полевого абриса, оставляемого на хранение в лесничестве, составляют в двух экземплярах чертежи лесосек. Чертежи брошюруются в альбом годичных отводов по видам пользования. Один альбом остается для хранения в лесничестве, другой передается в лесхоз.

После отвода лесосеки производится ее таксация. Способы таксации лесосек зависят от: вида учета, обусловленного в свою очередь видом пользования (главное, промежуточное) и способом рубки (сплошнолесосечная, постепенная, выборочная); площади лесосеки и характера древостоя (полнота, наличие подроста и подлеска).

Таксация лесосек при учете отпускаемого леса по площади

Учет отпускаемого леса по площади применяется при всех видах сплошных рубок. Для определения запасов древесины и их сортиментной структуры на отводимых для сплошной рубки лесосеках используют методы перечислительной и измерительной таксации.

На лесосеках, площадь которых не превышает 5 га, производится сплошной перечет деревьев. На лесосеках площадью 5,1–20 га применяется измерительная таксация угловыми шаблонами (полнотомер В. Биттерлиха) в сочетании с частичными перечетами. Если пло-

щадь лесосеки больше 20 га, то основным способом, как правило, служит также измерительная таксация угловыми шаблонами.

В лесах I и II группы при наличии густого подроста и подлеска на отводимых в сплошную рубку площадях, а также в насаждениях площадью 0,3–0,4 га и редирах производится сплошной перебор деревьев независимо от площади лесосеки. В аналогичных насаждениях в лесах III группы производится ленточный перебор. При больших площадях лесосек ленточный перебор допускается и во II группе лесов.

Управления лесного хозяйства согласно «Наставлению по отводу и таксации лесосек» разрешают лесхозам проводить перебор числительную таксацию лесосек при любой их площади.

Сплошной перебор производится путем обмера диаметра деревьев мерной вилкой в четырех сантиметровых ступенях с одновременным распределением стволов по категориям технической годности (деловые, дровяные, полуделовые) и породам.

Переборные ведомости ведут отдельно по таксационным участкам, выделенным на лесосеке. Перебору подлежат деревья с диаметром на высоте груди 10 см (ступень 12 см) и выше. В малолесных районах в перебор на лесосеках включают деревья, относящиеся к ступени 8 см. Деревья относят к различным категориям технической годности путем осмотра каждого ствола и определения степени развития на нем пороков древесины. В зависимости от категории годности деревья помечают условными знаками на коре. Чаще всего применяются следующие знаки: деловые – одна черта, полуделовые – две черты, дровяные – три.

В ряде случаев при переборе выделяют еще одну категорию технической годности стволов – высококачественные – из деловой части, в комлевой половине которых можно заготовить высококачественные сортименты специального назначения длиной не менее 2,5 м. Такие деревья отмечают крестом (х), нумеруют и заводят на них отдельную ведомость.

В сложных насаждениях, состоящих из нескольких ярусов или различных возрастных поколений, перебор деревьев одной и той же породы ведется отдельно по ярусам и поколениям.

На каждом таксационном выделе, в каждой составляющей породе, отдельно по ярусам и возрастным поколениям в трех центральных ступенях толщины, в которых при переборе выявлено наибольшее число деревьев, измеряют высоту (высотомером, эклиметром или мерной вилкой с отвесом). В каждой ступени измеряют высоту трех

деревьев. Если порода представлена не более, чем тремя единицами, то допускается измерение высоты пяти деревьев из одной средней ступени толщины.

Деревья для обмера выбирают равномерно по всей площади выдела или всей лесосеки, когда она не разбита на выделы. Рубка специально для измерения высоты не производится, но можно использовать для этой цели срубленные на визирах деревья, если они подходят по толщине.

Техника ленточных перечетов и выполняемых при этом обмеров высоты аналогична сплошному перечету. Но диаметр и высоту измеряют не на всей лесосеке или всем выделе, а только у деревьев, расположенных на лентах, закладываемых параллельно длинной стороне лесосеки. Число лент перечета, их размещение и ширина зависят от ширины лесосеки (табл. 82).

Таблица 82

Зависимость числа и ширины лент перечета от ширины лесосеки

Ширина лесосеки, м	Число лент		Ширина лент, м	
	всего	из них внутренних	граничных	внутренних
100	2	–	10	10
250	3	1	10	10
500	3	1	10	20
1000	5	3	10	20

Ширину лент отмеряют от граничного или специально прорубленного визира десятиметровой рулеткой или вымеренным шестом через каждые 15–30 м в зависимости от просматриваемости насаждения. Если граничные ленты примыкают к опушкам, широким просекам или редианам, то перечет на них не производится, а закладывают дополнительно соответствующее число внутренних лент, на которых и ведут перечет и промер вы соты. При ширине лент 10 м перечет ведется в полосе по одну сторону от визира, при ширине 20 м — в десятиметровых полосах в обе стороны от визира. Визеры для размещения трех и более лент прорубают на одинаковом расстоянии один от другого. Границы лент отмечают вешками или затесками на деревьях, а на углах лент вбивают колышки с указанием номера ленты и ее дли-

ны. Ведомости перечета ведут на каждой ленте отдельно по делянкам и таксационным выделам.

Сплошной пересчет деревьев на лесосеках, имеющих большую площадь, и даже частичный пересчет на лентах – очень трудоемкий процесс. Между тем полевые работы с целью определения запаса древесины на лесосеке и его сортиментной структуры можно значительно упростить, используя способы измерительной таксации, называемые круговыми площадками и линейной выборкой. Эти способы основаны на применении угловых шаблонов (призма Н. Анучина и полнотомер В. Биттерлиха), позволяющих без перечета находить основной запасообразующий фактор-сумму площадей поперечных сечений деревьев на 1 га, и, следовательно, запас древесины.

При таксации лесосек круговыми площадками в древостоях средним диаметром до 20 см применяются полнотомеры шириной прицела 14,1 мм, а в древостоях средним диаметром свыше 20 см, шириной 20 мм. В обоих случаях длина полнотомера 100 см. Круговые площадки располагают равномерно по площади лесосеки на граничных и внутренних визирах, специально прорубаемых вдоль длинной стороны лесосеки. Число площадок в равнинных лесах зависит от площади лесосеки или таксационного выдела:

Площадь лесосеки (выдела), га	Число круглых площадок (полных или половинных)
3	12
4-5	14-15
6-10	16-18
11-15	19-24
16-25	25-30
26-50	31-40

Если лесосеку отводят в неоднородных или расстроенных древостоях, число площадок увеличивают на 20%. В горных лесах число их увеличивают на 5 по сравнению с такими же лесосеками в равнинных лесах. Число внутренних визириров зависит от ширины лесосеки: при ширине до 250 м – один; 251–500 м – два; 501 – 1000 м – три. Расстояния между визирирами должны быть примерно одинаковыми: допускаются отклонения, не превышающие 20% среднего расстояния.

Размещая внутренние визириры, необходимо учитывать наличие уже имеющихся в лесосеке продольных визириров (прорубленных при

лесоустройстве, деляночных и др.) и использовать их для размещения круговых площадок.

Расстояния между центрами площадок определяют путем деления протяженности граничных и внутренних визиров на число площадок, принятое с учетом площади лесосеки. После расчетов на абрис лесосеки наносят схему расположения площадок, которую при промере визиров переносят в натуру. Центры площадок на визирах отмечают кольями с указанием номера площадки.

Таксаторы, находясь в центре круговых площадок, угловыми шаблонами определяют сумму поперечных сечений деревьев на 1 га и заносят результаты в специальную ведомость.

Для определения запаса и его сортиментного состава таксируемых на лесосеке древостоев необходимы также данные о средней высоте и диаметре деревьев. Для этого на узких лентах (шириной 3–4 м) вдоль визиров пересчитывают деревья и обмеряют их высоту так же, как и при обычном сплошном перече-те.

В хвойных насаждениях согласно действующему Наставлению перечет на узких лентах не производят, вместо этого сначала все учитываемые угловым шаблоном деревья подразделяют на деловые, полуделовые и дровяные. Затем на каждой круговой площадке визуаль-но выбирают одно среднее по диаметру дерево каждой породы, и мерной вилкой измеряют его диаметр с точностью до 1 см. В соответствии с измеренными диаметрами выбирают три центральные ступени толщины. У деревьев этих ступеней измеряют высоту. Результаты об-меров диаметра и высоты записывают в ведомость таксации лесосеки. Для последующего контроля на всех обмеренных деревьях делают одну над другой две затески.

Линейную выборку производят на лентах протяженностью 300 м. Число их также устанавливают в зависимости от площади лесосеки (табл. 83).

Таблица 83

Число лент в зависимости от площади лесосеки

Площадь лесосеки (делянки), га	Древостой	
	однородные	неоднородные рас- строенные
6-10	4	6
11-30	6	8

Более 30	8	10
----------	---	----

Ленты закладывают вдоль граничных и внутренних визиров без отграничения ширины. Внутренние визиры на лесосеке прорубают так же, как и при таксации круговыми площадками. Протяженность визиров всегда оказывается больше общей длины закладываемых лент. Поэтому, прежде чем разместить на визирах ленты, рассчитывают расстояние между начальными точками двух смежных (вдоль визира) лент. Это расстояние определяют делением общей протяженности визиров на число лент. Начальные точки лент на визирах отмечают кольями. Метод линейной выборки, как и метод круговых площадок, основывается на применении угловых шаблонов.

Работа ведется в такой последовательности. С визира, перпендикулярно ему, через угловой шаблон отыскивают «учитываемые» деревья, которые полностью закрывают раствор «шаблона». При пользовании призмой этими деревьями будут такие, сдвиг которых будет меньше диаметра ствола, видимого без призмы. У этих деревьев мерной вилкой измеряют диаметры по четырехсантиметровым ступеням толщины с распределением их по породам и категориям технической годности.

Ведомость записи результатов аналогична обычной перечетной ведомости, которая ведется при сплошных или ленточных перечетах. Перечитываемые деревья отмечают условными затесками (полосами), как и при обычном перечете. Высоту деревьев на лентах измеряют также обычным способом – для каждой породы по три измерения в каждой из трех центральных ступеней.

Таким образом, работа на лентах линейной выборки сводится к выборочному перечету деревьев, учитываемых угловыми шаблонами. Результаты перечета по всем лентам записывают в одну общую ведомость с указанием числа лент и ширины раствора углового шаблона.

Таксация лесосек при отпуске леса с учетом по числу деревьев, назначенных в рубку, и по количеству заготовленных лесоматериалов

Эти два вида учета применяются при различных видах постепенных и выборочных рубок главного и промежуточного пользования, когда на лесосеках вырубается не весь запас, а лишь его часть. Основная задача полевой таксации таких лесосек – получение материалов, позволяющих определить запас вырубленной части древостоя и

ее сортиментный состав. Данные же об общем запасе, необходимые для обоснования режима -рубок (интенсивность, повторяемость), можно получить из материалов лесоустройства.

При отпуске леса с учетом числа деревьев, назначаемых в рубку (по пням), проводят предварительный их отбор, клеймение у шейки корня и отмечают затесками на высоте груди. В ряде случаев, по указанию управлений лесного хозяйства, деревья, отобранные для санитарной рубки, нумеруют в пределах квартала.

Одновременно с отбором и клеймением перечитывают отобранные для рубки деревья по породам, категориям технической годности и ступеням толщины. Затем обмеряют высоту в том же порядке, как и при сплошном перече́те. Результаты пере́чета и обмера заносят в пере́четную ведомость.

При отводе насаждений для осветления и прочистки, а в отдельных случаях для прореживания, предварительный отбор деревьев в рубку, их 'клеймение и пере́чет не производят, так как в данном случае это было бы трудоемкой и малооправданной работой. Деревья в рубку при этих видах ухода отбирают одновременно с рубкой, отпуск леса ведется с учетом по количеству заготовленных лесоматериалов. Для предварительного определения подлежащей вырубке древесины закладывают пробные площади в размере 2–5% от площади делянки. На них производят отбор, рубку деревьев и разделку их на сортименты. Объем заготовленной древесины определяют, применяя способы таксации готовой лесной продукции. Данные разработки, полученные на пробе, распространяют на всю площадь лесосеки. Общий запас определяют визуально.

При разработке горельников, бурелома, ветровалов и уборке валяжа предварительная таксация также выполняется визуально. Окончательные результаты отпуска леса для таких рубок устанавливают путем таксации заготовленной продукции – крупной и средней деловой древесины – по таблицам объема круглых лесоматериалов, а мелкой – деловой и дров – учитывая в складочных метрах с последующим переводом в плотные кубометры с помощью переводных коэффициентов.

Если для рубки одновременно предназначаются насаждения всего квартала, неодинаковые по возрасту и строению, их таксируют разными методами в зависимости от характера рубки, производимой на каждом участке.

Отвод и таксация лесосек

Отграничение участков для заготовки второстепенных лесных {материалов, как правило, не производится.

Работы по отграничению лесосек включают:

а) прорубку визиров, за исключением сторон, отграниченных квартальными и граничными просеками, таксационными визирами и не покрытыми лесом землями;

б) постановку столбов на углах лесосек;

в) отграничение неэксплуатационных участков в пределах лесосек;

г) промер линий, измерение углов между ними, а также геодезическую привязку к квартальным и граничным просекам, таксационным визирам или другим постоянным ориентирам.

Лесосеки отводятся, как правило, прямоугольной формы. Таксационные выделы любой конфигурации отводятся в рубку полностью, если площадь их не превышает размеры лесосек, установленные действующими правилами рубок.

На визирах лесосек, отводимых под сплошнолесосечные рубки, срубаются с валкой в сторону лесосеки все деревья тоньше 16 см (более крупные деревья визирами обходятся). Вдоль визиров на деревьях, прилегающих со стороны лесосеки, делаются затески без нарушения камбиального слоя коры.

На визирах лесосек .постепенных и выборочных рубок, а также для рубок ухода за лесом, деревья, как правило, не срубаются и визирь расчищаются за счет обрубки сучьев и веток, а также рубки кустарников.

Съемка границ и привязка лесосек производится с помощью буссоли, гониометра или других геодезических инструментов, а промеры линий - мерной лентой или стальной рулеткой.

Ошибки при отводе лесосек не должны превышать: при измерении линий - 1 м на 300 м, при измерении углов – не более 30 минут.

При необходимости лесосеки разбиваются на делянки:

а) если отпуск древесины из одной лесосеки производится разным лесозаготовителям;

б) если на отдельных частях лесосеки применяются разные методы таксации;

в) при наличии в отдельных частях лесосеки участков с жизнеспособным подростом и молодняком в количествах, предусмотренных

действующими правилами рубок и Инструкцией по сохранению подраста и молодняка хозяйственно ценных пород.

Порядковая нумерация делянок в пределах каждого квартала производится отдельно по видам пользования и годам рубки.

Если площади отдельных участков с различными древостоями незначительны по величине, в связи с чем разбивка отведенной лесосеки на делянки нецелесообразна, а в целях повышения точности таксации производится выделение таксационных участков (выделов). При необходимости таксационные участки выделяются и в делянках.

Такие участки выделяются:

а) если в разных частях лесосеки (делянки) разряды высот одной или нескольких пород, представленных не менее чем двумя единицами состава, различаются на один разряд и более;

б) при разнице в таксационной характеристике отдельных частей лесосеки (делянки): по запасу более 15 процентов, составу - более 2 единиц, классу товарности - на один класс и более.

Минимальная площадь таксационного участка устанавливается 1 га при площади лесосеки (делянки) до 10 га и 2 га - при большей площади лесосеки (делянки).

Таксационные участки в пределах лесосеки (делянки) нумеруются на абрисе, их границы в натуре визирами не отграничиваются, а отмечаются затесками.

В эксплуатационную площадь лесосек, отведенных для сплошнолесосечной рубки, не включаются:

а) нелесные и не покрытые лесом участки независимо от их величины;

б) семенные группы деревьев, которые выделяются в соответствии с правилами рубок при отводе лесосек в увязке с технологическими картами разработки лесосек;

в) участки молодняка площадью более 0,1 га среди спелых древостоев;

г) средневозрастные насаждения, представляющие собой компактные участки и площадью свыше 0,5 га, среди спелого, леса.

Указанные в подпунктах «б», «в» и «г» участки отграничиваются в натуре визирами с постановкой столбов высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см, на которых делается надпись «НЭ» (неэксплуатационная).

Площадь неэксплуатационного участка определяется промерами.

При отводе лесосек под постепенные и выборочные рубки, а также рубки ухода, нелесные и не покрытые лесом участки в площадь лесосек не включаются.

Одновременно с отводом лесосек для сплошнолесосечной рубки, в соответствии с правилами рубок, производится отбор и пересчет семенников и семенных групп деревьев.

У семенников и деревьев в семенных группах на высоте 1,3 м производится «подрумянивание» коры с нанесением порядкового номера краской. Семенные группы обозначаются легкими затесками на коре с внешней стороны граничных деревьев и «подрумяниванием» коры вокруг ствола на угловых деревьях.

На углах лесосек (делянок) ставятся столбы высотой 1,0 м над землей и диаметром 12-14 см. Вблизи дорог столбы укрепляются крестовиной. Верх лесосечных (деляночных) столбов затесывается на два ската. Под затесом делается гладкая выемка («окно»), на которой краской делаются надписи.

Примеры надписей на столбах:

25-3

СПР – 07

2-6,5

1-ая строка – № квартала, № выдела;

2-ая строка – вид мероприятия, год его выполнения;

3-я строка – № делянки и площадь, га.

Основные сокращения в наименовании мероприятий: сплошная рубка – СПР, постепенная рубка – ПР, выборочная рубка – ВР, санитарная рубка – СР, уход за молодняком – УМ, прореживание – ПРЖ, реконструктивная рубка – РР, прочая рубка – ПРУ, подсочка – ПС, побочное лесное пользование – ПЛП.

На столбах указывается только эксплуатационная площадь лесосеки (делянки).

При отводе лесосек составляется полевой абрис, на котором указываются:

а) промеры линий, ограничивающие лесосеку (делянку), и необходимые промеры для привязки делянки к квартальным и граничным линиям или другим постоянным ориентирам;

б) румбы линий или углы их пересечения;

в) выделенные внутри делянки неэксплуатируемые участки;

г) границы, площадь и номера делянок «таксационных участков (выделов) внутри лесосек;

е) расположение семенных групп деревьев, участков с подростом, молодняком и их площадь.

На основании полевого абриса составляется чертеж лесосеки.

После отграничения участков, назначенных в рубку, производится таксация лесосек. Метод таксации зависит от вида учета, площади лесосеки и характера древостоя.

При всех методах таксации лесосек учитывается жизнеспособный подрост и молодняк с указанием породного состава.

Предварительный отбор деревьев в рубку производится на лесосеках постепенных и выборочных рубок, при рубке семенников и единичных деревьев, а также в насаждениях, назначенных для прореживаний и выборочных санитарных рубок. Отбор деревьев осуществляется в порядке, предусмотренном правилами рубок главного пользования и наставлением по рубкам ухода в лесах республики. Одновременно с отбором производится клеймение у шейки корня деревьев диаметром на высоте груди 12 см и более.

Для материальной оценки древесины на корню при отпуске ее с учетом по площади и по пням производится перечет деревьев с измерением их диаметров на высоте груди (1,3 м), с подразделением по породам, ступеням толщины (в 4 см), а также категориям технической годности (качества).

Перечету подлежат деревья со ступени толщины 8 см и более.

По технической годности (качеству) деревья делятся на три категории:

а) деловые – деревья, у которых общая длина деловых сортиментов (в соответствии с ГОСТом на круглые лесоматериалы) в комлевой половине составляет 6,5 м и более, а у деревьев высотой до 20 м – не менее одной трети их высоты;

б) полуделовые – деревья с длиной деловой части ствола в комлевой половине от 2 до 6,5 м, а у деревьев высотой до 20 м – от 2 м до одной трети их высоты;

в) дровяные – деревья с длиной деловой части менее 2 м.

Отнесение при перечете отдельных деревьев к различным категориям технической годности производится в результате осмотра ствола по его внешним признакам – форме и наличию пороков.

Для установления степени развития пороков, которые не могут быть определены по внешним признакам, и их влияния на качественную категорию деревьев, руководствуются осмотром деревьев, срубленных на визирах, а также данными разработки соседних лесосек.

При перечете деревья отмечаются знаками без повреждения камбия: деловые – одной чертой (I), полуделовые – двумя (II), дровяные – тремя чертами (III).

Могут применяться и другие отметки, обеспечивающие четкое различие деревьев по категориям технической годности и контроль за их отбором.

14.6. Отвод и таксация лесосек в Беларуси

Лесопользование в целях заготовки древесины осуществляется при проведении:

а) рубок главного пользования, проводимых в спелых и перестойных древостоях;

б) рубок промежуточного пользования (рубки ухода за лесом, выборочные санитарные рубки, уборки захламленности, рубки реконструкции и иные рубки, связанные с рубкой малоценных древостоев, обновлением и переформированием древостоев);

в) прочих рубок (сплошных санитарных рубок, расчистке лесных площадей для строительства трубопроводов, дорог, линий электропередачи связи, а также при прокладке просек, создании противопожарных разрывов, рубок для иных подобных целей).

Лесопользование в целях заготовки древесины осуществляется на долгосрочной основе по составленным для лесопользователей планам рубок (5 лет) и краткосрочной основе (сроком до одного года).

Лесопользователи, которым производится отпуск на долгосрочной основе, обязаны иметь планы рубок по годам с указанием в них мест рубок, объемов, видов, способов рубок и иных условий.

Планы рубок составляются государственной лесоустроительной организацией, подчиненной Минлесхозу, за счет средств лесопользователей и утверждаются территориальными органами этого Министерства. Без планов рубок отпуск лесопользователям лесосечного фонда для заготовки древесины на корню на долгосрочной основе не производится.

Отпуск древесины на корню на долгосрочной основе может осуществляться лесопользователям при проведении рубок главного и промежуточного пользования в порядке, установленном законодательством.

Работы по отводу и таксации лесосек заключаются в следующем:

– подборе, отграничении (визирами, естественными рубежами) и при необходимости геодезической съемки в натуре участков леса, назначенные в установленном порядке для проведения рубок главного, промежуточного пользования и прочих рубок;

– определении таксационных и иных показателей на лесосеке для материально-денежной оценки лесосек;

– составлении ведомости материально-денежной оценки лесосек.

Отвод и таксация лесосек производятся лесхозами или государственной лесоустроительной организацией, на договорной основе с лесопользователем с учетом требований Правил отпуска древесины, Правил рубок леса и других нормативных документов, действующих в лесном хозяйстве.

Отвод и таксация лесосек производятся под руководством лесничих или помощником лесничего (ответственного за организацию и непосредственно принимающего участие в выполнении этих работ), мастером леса (по поручению лесничего) или специалистами государственной лесоустроительной организации, подчиненной Минлесхозу.

Отвод и таксация лесосек на участках, подвергшихся радиоактивному загрязнению, проводятся в соответствии с требованиями «Правил ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения».

14.6.1. Составление планов отвода лесосек. Сроки проведения работ по таксации и отводу лесосек

1. Перед началом работ по отводу и таксации лесосек в лесхозе составляется План отвода лесосек (в разрезе лесничеств и по видам рубок).

План отвода лесосек составляется лесничим на основе материалов лесоустройства с учетом требований нормативно-технических документов по ведению лесного хозяйства и после утверждения его директором или главным лесничим лесхоза передается лесничим для исполнения.

2. Перед началом работ по составлению планов отвода лесосек лесхозами проводятся следующие подготовительные работы:

а) уточняются лесоустроительные материалы (ведомости из Проекта организации ведения лесного хозяйства, связанные с проведением тех или иных рубок и мероприятий по вырубке деревьев и за-

готовке древесины), данные о насаждениях, находящихся в подсочке, данные учета лесов лесхоза и другие документы;

б) устанавливаются объемы работ и выявляются насаждения, подлежащие включению в лесосечный фонд в первую очередь (вне зависимости от планов рубок) за счет назначения в рубку:

– древостоев, в которых требуется рубка по их состоянию (поврежденных пожарами, ветром, снегом, насекомыми, в результате грибных заболеваний, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, других неблагоприятных воздействий);

– недорубов и не начатых рубкой лесосек прошлых лет, древостоев, вышедших из подсочки;

– припевающихся, спелых и перестойных насаждений, произрастающих на землях, подлежащих расчистке в связи с переводом их в другие категории земель;

в) устанавливаются насаждения, которые запрещается назначать в рубку (древостой древесно-кустарниковых пород, включенных в Красную книгу Республики Беларусь);

г) определяются насаждения, в которых не допускается проведение сплошных рубок главного пользования.

3. Намечаемые к отводу участки леса, а также включенные в план рубки не начатые рубкой лесосеки прошлых лет, предварительно обследуются в натуре и если при этом будут выявлены существенные расхождения с данными лесоустройства, в результате чего насаждения не могут быть отведены в рубку, то взамен их отводятся другие или вносятся соответствующие коррективы в материалы лесоустройства с составлением акта согласно приложению Б. Акт подписывается представителем лесхоза, лесничим или помощником лесничего, мастером леса.

4. Лесхозы завершают отвод, таксацию и материально-денежную оценку лесосек в следующие сроки:

а) для проведения рубок главного и промежуточного пользования (за исключением осветления, прочисток и санитарных рубок) – за 6 месяцев до начала года рубки;

б) рубок ухода (осветлений и прочисток), санитарные и прочие рубки, назначенные лесоустройством - до 1 ноября года, предшествующего началу рубки;

в) рубок ухода (осветления и прочистки), санитарных и прочих рубок, не назначенных лесоустройством - по фактической необходимости.

Отвод лесосек

Отвод лесосек заключается в их отграничении (установлении границ) в натуре, геодезической съемке и проводится, как правило, в весенне-летний период года.

Отвод лесосек не производится:

а) при уборке семенников и групп семенных деревьев, выполнивших свое назначение, рубке единичных деревьев;

б) при рубках ухода за лесом на участках с ясно выраженными в натуре границами;

в) при выборочных санитарных рубках и уборке захламленности;

г) при разрубке просек шириной менее 10 метров, рубке отдельных деревьев на участках, отведенных под строения и сооружения, а также на участках, предназначенных для создания лесных культур, границы которых определены ранее при отводе этих участков в рубку.

Работы по отграничению лесосек включают:

а) установление границ лесосеки с прорубкой визиров, за исключением сторон, отграниченных квартальными и граничными просеками, таксационными визирами и непокрытыми лесом землями;

б) постановку столбов на углах лесосек;

в) отграничение неэксплуатационных участков в пределах лесосек;

г) промер линий, измерение углов между ними, а также геодезическую привязку к квартальным и граничным просекам, таксационным визирам или другим постоянным ориентирам.

Лесосеки отводятся с максимальным совмещением границы лесосеки с границами выдела, если площадь выдела не превышает размеры лесосек, установленные Правилами рубок леса. В других случаях предпочтение следует отдавать прямоугольным формам лесосек.

На визирах лесосек, отводимых под сплошнолесосечные рубки, срубаются с валкой в сторону лесосеки все деревья тоньше 16 см (более крупные деревья визирами обходятся). Вдоль визиров на деревьях со стороны лесосеки делаются затески без нарушения камбиального слоя коры или отметки специальными красками.

На визирах лесосек постепенных и выборочных рубок, а также для рубок ухода за лесом, деревья, как правило, не срубаются, и визирные расчищаются за счет обрубки сучьев и веток, кустарников или делаются отметки границы специальной краской.

Съемка границ и привязка лесосек производится с помощью геодезических инструментов с замером внутренних углов и румба первой линии, а промеры линий - мерной лентой или стальной рулеткой.

Измерение длин линий на местности допустимо выполнять современными оптическими, лазерными или ниточными дальномерами, прошедшими сертификацию в Республике Беларусь.

Угловая невязка в замкнутых ходах допускается не более $1,5 t \sqrt{n}$ (где t – точность угломерного инструмента, n - число углов поворота), при этом сумма внутренних углов многоугольника контролируется по формуле $\Sigma\alpha = 180^\circ (n-2)$. Ошибка при измерении линий при отводе лесосек не должна превышать 1 м на 300 м.

Отвод лесосек может выполняться спутниковой навигацией с использованием приемников типа GPS и геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

При необходимости лесосеки разбиваются на делянки:

а) если отпуск древесины из одной лесосеки производится разным лесозаготовителям;

б) если на отдельных частях лесосеки применяются разные методы таксации;

в) при наличии в отдельных частях лесосеки участков с жизнеспособным подростом и молодняком в количествах и нормах, предусмотренных действующими документами по сохранению подроста и молодняка хозяйственно ценных пород.

Порядковая нумерация делянок в пределах каждого квартала производится отдельно по видам пользования и годам рубки.

В эксплуатационную площадь лесосек, отведенных для сплошной рубки, не включаются:

а) нелесные и не покрытые лесом земельные участки независимо от их величины, образующие отдельные таксационные выдела;

б) семенные группы деревьев, которые выделяются в соответствии с правилами рубок при отводе лесосек в увязке с технологическими картами разработки лесосек;

в) участки молодняка площадью более 0,2 га среди спелых древостоев, образующие отдельные таксационные выдела;

г) средневозрастные насаждения, представляющие собой компактные участки площадью свыше 0,5 га, среди спелого леса.

Указанные в подпунктах «б», «в» и «г» участки отграничиваются в натуре визирами с постановкой столбов высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см, на которых делается надпись «НЭ» (неэксплуатационная).

При отводе лесосек под постепенные и выборочные рубки, а также рубки ухода, нелесные и не покрытые лесом земельные участки, образующие отдельные таксационные выдела, в площадь лесосек не включаются.

Одновременно с отводом лесосек для сплошнолесосечной рубки, в соответствии с Правилами рубок, производится отбор и пересчет семенников и семенных групп деревьев, а также деревьев, запрещенных к рубке.

У семенников и деревьев в семенных группах и деревьев, запрещенных к рубке, на высоте 1,3 м от шейки корня производится «подрумянивание» коры с нанесением порядкового номера краской. Семенные группы обозначаются легкими затесками на коре с внешней стороны граничных деревьев и «подрумяниванием» коры вокруг ствола на угловых деревьях.

Деревья, запрещенные к рубке, могут отмечаться и краской (проводится полоса шириной не менее 2 см по всему периметру ствола на высоте 1,3 м от шейки корня).

На первом углу лесосеки (делянки) ставится столб в соответствии с требованиями ТУ РБ 100195503.016-2004 «Знаки натурные лесохозяйственные. Технические условия».

Примеры надписей на столбах:

25-3

СПР-06

2-2,5

1-ая строка - № квартала, № выдела;

2-ая строка - вид мероприятия, год его выполнения;

3-я строка - № лесосеки и эксплуатационная площадь, га.

Номер делянки проставляется при выделении на лесосеке 2-х и более делянок.

Основные сокращения в наименовании мероприятий: сплошная рубка – СПР, постепенная рубка – ПР, выборочная рубка – ВР, санитарная рубка – СР, осветления – ОСВ, прочистки – ПРЧ, прореживания – ПРЖ, проходные рубки – ПРХ, реконструктивная рубка – РР, рубка обновления – РО, рубка формирования (переформирования) –

РФ, прочая рубка – ПРУ, подсочка – ПС, побочное лесное пользование – ПЛП, пробная площадь – ПП.

На столбах указывается только эксплуатационная площадь лесосеки (делянки).

Номер первого угла поворота лесосеки устанавливается для угла поворота лесосеки, расположенного вблизи дороги, квартальной, граничной просеки или непокрытых лесом и нелесных земель, с целью максимальной его видимости на расстоянии.

На остальных углах лесосеки устанавливаются колья высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см с указанием на них номеров углов поворота.

При отводе лесосек составляется абрис, на котором указываются:

а) промеры длин линий, отграничивающих лесосеку (делянку), и необходимые промеры длин линий для привязки лесосеки (делянки) к квартальным и граничным просекам (столбам), таксационным визирам или другим постоянным ориентирам;

б) номера и величина углов между линиями и румб начальной линии;

в) выделенные внутри лесосеки неэксплуатируемые участки;

г) границы, площадь и номера делянок внутри лесосек;

д) нелесные и не покрытые лесом участки земель внутри лесосек;

е) расположение семенных групп деревьев, участков с подростом, молодняком и их площадь;

ж) границы и номера таксационных выделов в составе отведенной лесосеки (делянки).

На основании абриса составляется чертеж лесосеки (рис. 87).

Вычисление площадей лесосек (делянок), участков производится способами согласно приложению Г.

План лесосеки с указанием длин линий, румбов и углов, границ, площадей и номеров делянок, нелесных и не покрытых лесом земель, семенных групп деревьев может составляться с использованием геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

Отвод участков для передачи насаждений в подсочку производится в соответствии с Правилами подсочки. Натурное оформление указанных участков производится в установленном порядке [41].

После отграничения участков, назначенных в рубку, производится таксация лесосек.

Определение границ лесосек и других лесных площадей в системе спутникового позиционирования.

Отвод границ лесосек может осуществляться в системе спутникового позиционирования. В американской системе NAVIGATOR работают 24 искусственных спутника Земли для спутниковой навигации. С помощью спутникового приемника GPS (Global Position system – система глобального позиционирования) можно получить географические координаты (долгота и ширина) точки на Земле, где находится учетчик, нарисовать в приемнике линии (границы) лесосеки и т.д. Данные с GPS приемника заносятся в геоинформационную систему «Лесные ресурсы» (ГИС Formap 2.2) с преобразованием проекции WGS-84 (приемник GPS) в проекцию Гаусса-Крюгера, принятую в нашей стране. В ГИС получаем план (чертеж) лесосеки со спецификацией (длина линий, углы, румбы и т.д.).

Приемник GPS позволяют получать различную точность оценки линий от 0,5 м до 10–15 м.

Россия разработала подобную систему ГЛОНАСС, собственные приемники и в ближайшие годы мы перейдем на российскую систему спутникового позиционирования.

Чертеж лесосек (делянок)

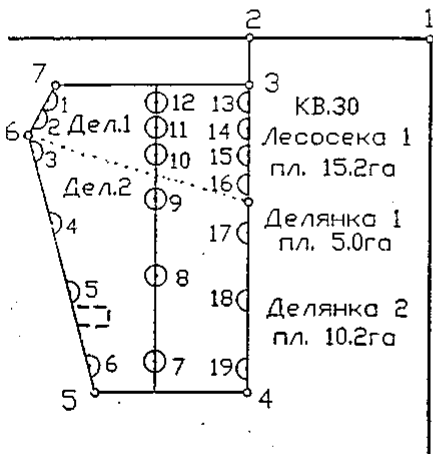
Масштаб 1:10000

а) отведенной сплошным перечетом или по материалам лесоустройства



№ точек	Величина угла	Румбы линий	Меры линий, м
1			300
2	90°30'		80
3	90°00'	ЮВ:00°30'	485
4	90°00'		250
5	102°30'		400
6	151°30'		105
7	106°00'		310
3			310

б) отведенной круговыми площадками



№ точек	Величина угла	Румбы линий	Меры линий, м
1			300
2	90°30'		80
3	90°00'	ЮВ:00°30'	485
4	90°00'		250
5	102°30'		400
6	151°30'		105
7	106°00'		310
8			310

Условные обозначения

- кварталные просеки
- визиры
- границы делянок
- половинные и целые круговые площадки и их номера
- - - - - неэксплуатационные участки

Рис. 87 Чертеж лесосеки

Виды учета древесины, отпускаемой на корню

Учет древесины, отпускаемой на корню, в зависимости от способов рубок производится:

а) по площади – применяется при проведении всех видов сплошных рубок и полосно-постепенных несплошных рубок;

б) по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням) – применяется при проведении:

– постепенных и выборочных рубок главного пользования;

– выборочных санитарных рубок;

– рубок обновления и переформирования;

– рубок ухода (проходные рубки);

– рубки семенных групп деревьев, семенников и единичных деревьев;

в) по количеству заготовленной древесины применяется при проведении:

– рубок ухода в молодняках (осветления и прочистки) и прореживания;

– рубок реконструкции, связанных с рубкой малоценных древостоев;

– прочих рубок (разработке горельников, валежа, захламленности, бурелома, ветровала, снеговала и снеголома, расчистке квартальных просек и других линейных трасс).

При учете отпускаемой древесины на корню по количеству заготовленной древесины в лесорубочных билетах предварительно указывается примерное количество намечаемой к заготовке древесины по данным пробных площадей или по материалам лесоустройства. В последующем количество заготовленной древесины уточняется обменом. Количество заготовленной неликвидной древесины (хворост-неликвид) производится по данным пробных площадей.

При отпуске древесины применяются следующие единицы измерения согласно действующим прейскурантам:

а) плотные кубические метры (м^3) – при отпуске древесины на корню деловой в заготовленном виде;

б) складочные кубические метры (скл. м^3) – для дров, пней, порубочных остатков, хвороста.

Отбор деревьев в рубку и их пересчет

Отбор деревьев в рубку осуществляется на лесосеках при учете древесины, отпускаемой на корню, по площади и по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням), в порядке, предусмотренном Правилами рубок леса и других нормативных документов по ведению лесного хозяйства. По указанным документам устанавливается и интенсивность рубки (количество назначенной к рубке древесины от общего запаса).

Для материальной оценки древесины на корню при отпуске ее с учетом по площади и по пням производится перечет деревьев.

Перечет деревьев, назначенных в рубку, ведется путем обмера мерной вилкой диаметров деревьев на высоте 1,3 м с подразделением по породам, ступеням толщины (при среднем диаметре 16 см и более - по 4 см ступеням, меньше 16 см - по 2 см) и категориям технической годности (качества).

Подлежат перечету и последующей вырубке сухостойные, буреломные, ветровальные и наклонные деревья вдоль границ лесосек, угрожающие падением на лесосеку или ее границу.

В сложных и разновозрастных древостоях перечет ведется по ярусам и возрастным поколениям.

Перечету подлежат деревья со ступени толщины 8 см и более.

По технической годности (качеству) деревья делятся на две категории:

а) деловые - хвойные деревья, у которых длина деловой части у комлевой половины составляет 3 м и более и лиственные деревья (твердолиственные и мягколиственные), у которых длина деловой части у комлевой половины составляет 2 м и более, позволяющая получить сортимент в соответствии с ГОСТом на круглые материалы;

б) дровяные - хвойные деревья с длиной деловой части менее 3 м и лиственные (твердолиственные и мягколиственные) деревья с длиной деловой части у комлевой половины менее 2 м.

Отнесение при перечете отдельных деревьев к различным категориям технической годности производится в результате осмотра ствола по его внешним признакам - форме и наличию пороков.

Для установления степени развития пороков, которые не могут быть определены по внешним признакам, и их влияния на качественную категорию деревьев, руководствуются осмотром деревьев, срубленных на визирах, а также данными разработки соседних лесосек. В отдельных случаях в черноольховых, березовых, тополиных и осино-

вых насаждениях также допускается рубка до 5 модельных деревьев на 1 га отводимой в рубку лесосеки.

При перече́те деревья отмечаются знаками без повреждения камбия: деловые – одной чертой (I), дровяные – двумя (II).

Могут применяться и другие обозначения и средства, обеспечивающие четкое различие деревьев по категориям технической годности, и контроль за их отбором, например, специальные краски для отметки деревьев.

Результаты пере́чета деревьев, назначенных в рубку, а также семенников и семенных групп деревьев, деревьев, запрещенных к рубке, учета подроста и молодняка записываются в ведомость.

В пределах лесосеки (делянки) в целом для определения разряда высот по каждой составляющей породе с помощью высотомера измеряются высоты растущих деревьев - по 3-5 деревьев в центральной (характеризующей средний диаметр древостоя) и двух соседних с ней ступенях толщины. Если участие породы в составе не превышает трех единиц, то обмеряются пять деревьев этой породы из одной средней ступени толщины.

Деревья для обмера высот выбираются равномерно по всей площади лесосеки. У каждого дерева измеряется диаметр и высота. Для этих целей допускается использование деревьев, срубленных на визирах, если они удовлетворяют требованиям по диаметру. Для определения средней высоты преобладающей породы могут измеряться высоты у 10-15 деревьев, отобранных пропорционально числу деревьев в ступенях толщины с построением графика высот (по горизонтальной оси откладываются диаметры, а по вертикальной - высоты обмеренных деревьев), по которому и определяется средняя высота.

Когда модельные деревья одного диаметра имеют значительные расхождения по высоте, то это свидетельствует о неудачном выборе моделей и не позволяет определить разряд высот с достаточной достоверностью. В таких случаях необходимо выбрать и обмерить новые модели. Поэтому определение разряда высот рекомендуется производить в полевых условиях с тем, чтобы неудачный выбор моделей был сразу же обнаружен и исправлен.

Разряд высот древостоев на лесосеке устанавливается по «Таблицам для установления разряда высот древостоев», принятым согласно «Нормативных материалов для таксации леса» [28].

Таксация лесосе в Беларуси

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по площади

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по площади осуществляется методами:

- а) сплошного перечета деревьев;
- б) закладки круговых площадок постоянного радиуса.

Сплошной пересчет деревьев, как правило, производится на лесосеках (делянках) площадью до 5 га, при этом пересчет деревьев, определение их технической годности, определение разряда высот и запись результатов сплошного пересчета деревьев осуществляются в соответствии с правилами по отводу и таксации лесосек [41].

На лесосеках (делянках) площадью 5 и более га обычно применяется метод таксации с закладкой круговых площадок постоянного радиуса. Количество круговых площадок постоянного радиуса на лесосеке (делянке) зависит от площади лесосеки (делянки) и ее полноты.

Круговые площадки постоянного радиуса закладываются равномерно по площади лесосеки (делянки) на продольных граничных линиях и внутренних визирах. При этом прохождение внутренних визиров допускается как по центру, так и по пересекающим диагоналям лесосеки (делянки).

На граничных линиях закладываются не полные, а только половинные площадки. Если граничные линии проходят вдоль расстроенных опушек леса, старых вырубков, широких просек и по другим не характерным для лесосеки (делянки) древостоям, то число площадок на них уменьшается до 1/3 от общего количества и соответственно увеличивается их закладка на внутренних визирах.

Среднее расстояние между центрами круговых площадок постоянного радиуса предварительно определяется по абрису делением протяженности граничных линий и внутренних визиров (за исключением неэксплуатационных участков) на число приходящихся на них площадок с округлением до 5 м. (Подробное оп14.6. Отвод и таксация лесосек в Беларуси

Лесопользование в целях заготовки древесины осуществляется при проведении:

а) рубок главного пользования, проводимых в спелых и перестойных древостоях;

б) рубок промежуточного пользования (рубки ухода за лесом, выборочные санитарные рубки, уборки захламленности, рубки реконструкции и иные рубки, связанные с рубкой малоценных древостоев, обновлением и переформированием древостоев);

в) прочих рубок (сплошных санитарных рубок, расчистке лесных площадей для строительства трубопроводов, дорог, линий электропередачи связи, а также при прокладке просек, создании противопожарных разрывов, рубок для иных подобных целей).

Лесопользование в целях заготовки древесины осуществляется на долгосрочной основе по составленным для лесопользователей планам рубок (5 лет) и краткосрочной основе (сроком до одного года).

Лесопользователи, которым производится отпуск на долгосрочной основе, обязаны иметь планы рубок по годам с указанием в них мест рубок, объемов, видов, способов рубок и иных условий.

Планы рубок составляются государственной лесоустроительной организацией, подчиненной Минлесхозу, за счет средств лесопользователей и утверждаются территориальными органами этого Министерства. Без планов рубок отпуск лесопользователям лесосечного фонда для заготовки древесины на корню на долгосрочной основе не производится.

Отпуск древесины на корню на долгосрочной основе может осуществляться лесопользователям при проведении рубок главного и промежуточного пользования в порядке, установленном законодательством.

Работы по отводу и таксации лесосек заключаются в следующем:

– подборе, отграничении (визирами, естественными рубежами) и при необходимости геодезической съемки в натуре участков леса, назначенные в установленном порядке для проведения рубок главного, промежуточного пользования и прочих рубок;

– определении таксационных и иных показателей на лесосеке для материально-денежной оценки лесосек;

– составлении ведомости материально-денежной оценки лесосек.

Отвод и таксация лесосек производятся лесхозами или государственной лесоустроительной организацией, на договорной основе с лесопользователем с учетом требований Правил отпуска древесины,

Правил рубок леса и других нормативных документов, действующих в лесном хозяйстве.

Отвод и таксация лесосек производятся под руководством лесничих или помощником лесничего (ответственного за организацию и непосредственно принимающего участие в выполнении этих работ), мастером леса (по поручению лесничего) или специалистами государственной лесоустроительной организации, подчиненной Минлесхозу.

Отвод и таксация лесосек на участках, подвергшихся радиоактивному загрязнению, проводятся в соответствии с требованиями «Правил ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения».

14.6.1. Составление планов отвода лесосек. Сроки проведения работ по таксации и отводу лесосек

1. Перед началом работ по отводу и таксации лесосек в лесхозе составляется План отвода лесосек (в разрезе лесничеств и по видам рубок).

План отвода лесосек составляется лесничим на основе материалов лесоустройства с учетом требований нормативно-технических документов по ведению лесного хозяйства и после утверждения его директором или главным лесничим лесхоза передается лесничим для исполнения.

2. Перед началом работ по составлению планов отвода лесосек лесхозами проводятся следующие подготовительные работы:

а) уточняются лесоустроительные материалы (ведомости из Проекта организации ведения лесного хозяйства, связанные с проведением тех или иных рубок и мероприятий по вырубке деревьев и заготовке древесины), данные о насаждениях, находящихся в подсочке, данные учета лесов лесхоза и другие документы;

б) устанавливаются объемы работ и выявляются насаждения, подлежащие включению в лесосечный фонд в первую очередь (вне зависимости от планов рубок) за счет назначения в рубку:

– древостоев, в которых требуется рубка по их состоянию (поврежденных пожарами, ветром, снегом, насекомыми, в результате грибных заболеваний, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, других неблагоприятных воздействий);

– недорубов и не начатых рубкой лесосек прошлых лет, древостоев, вышедших из подсочки;

– приспевающих, спелых и перестойных насаждений, произрастающих на землях, подлежащих расчистке в связи с переводом их в другие категории земель;

в) устанавливаются насаждения, которые запрещается назначать в рубку (древостой древесно-кустарниковых пород, включенных в Красную книгу Республики Беларусь);

г) определяются насаждения, в которых не допускается проведение сплошных рубок главного пользования.

3. Намечаемые к отводу участки леса, а также включенные в план рубки не начатые рубкой лесосеки прошлых лет, предварительно обследуются в натуре и если при этом будут выявлены существенные расхождения с данными лесоустройства, в результате чего насаждения не могут быть отведены в рубку, то взамен их отводятся другие или вносятся соответствующие коррективы в материалы лесоустройства с составлением акта согласно приложению Б. Акт подписывается представителем лесхоза, лесничим или помощником лесничего, мастером леса.

4. Лесхозы завершают отвод, таксацию и материально-денежную оценку лесосек в следующие сроки:

а) для проведения рубок главного и промежуточного пользования (за исключением осветления, прочисток и санитарных рубок) – за 6 месяцев до начала года рубки;

б) рубок ухода (осветлений и прочисток), санитарные и прочие рубки, назначенные лесоустройством - до 1 ноября года, предшествующего началу рубки;

в) рубок ухода (осветления и прочистки), санитарных и прочих рубок, не назначенных лесоустройством - по фактической необходимости.

Отвод лесосек

Отвод лесосек заключается в их отграничении (установлении границ) в натуре, геодезической съемке и проводится, как правило, в весенне-летний период года.

Отвод лесосек не производится:

а) при уборке семенников и групп семенных деревьев, выполнивших свое назначение, рубке единичных деревьев;

б) при рубках ухода за лесом на участках с ясно выраженными в натуре границами;

в) при выборочных санитарных рубках и уборке захламленности;

г) при разрубке просек шириной менее 10 метров, рубке отдельных деревьев на участках, отведенных под строения и сооружения, а также на участках, предназначенных для создания лесных культур, границы которых определены ранее при отводе этих участков в рубку.

Работы по отграничению лесосек включают:

а) установление границ лесосеки с прорубкой визиров, за исключением сторон, отграниченных квартальными и граничными просеками, таксационными визирами и непокрытыми лесом землями;

б) постановку столбов на углах лесосек;

в) отграничение неэксплуатационных участков в пределах лесосек;

г) промер линий, измерение углов между ними, а также геодезическую привязку к квартальным и граничным просекам, таксационным визирам или другим постоянным ориентирам.

Лесосеки отводятся с максимальным совмещением границы лесосеки с границами выдела, если площадь выдела не превышает размеры лесосек, установленные Правилами рубок леса. В других случаях предпочтение следует отдавать прямоугольным формам лесосек.

На визирах лесосек, отводимых под сплошнолесосечные рубки, срубаются с валкой в сторону лесосеки все деревья тоньше 16 см (более крупные деревья визирами обходятся). Вдоль визиров на деревьях со стороны лесосеки делаются затески без нарушения камбиального слоя коры или отметки специальными красками.

На визирах лесосек постепенных и выборочных рубок, а также для рубок ухода за лесом, деревья, как правило, не срубаются, и визирные расчищаются за счет обрубки сучьев и веток, кустарников или делаются отметки границы специальной краской.

Съемка границ и привязка лесосек производится с помощью геодезических инструментов с замером внутренних углов и румба первой линии, а промеры линий - мерной лентой или стальной рулеткой.

Измерение длин линий на местности допустимо выполнять современными оптическими, лазерными или ниточными дальномерами, прошедшими сертификацию в Республике Беларусь.

Угловая невязка в замкнутых ходах допускается не более $1,5 t$ (где t – точность угломерного инструмента, n - число углов поворота), при этом сумма внутренних углов многоугольника контролируется по

формуле $\alpha = 180^\circ (n-2)$. Ошибка при измерении линий при отводе лесосек не должна превышать 1 м на 300 м.

Отвод лесосек может выполняться спутниковой навигацией с использованием приемников типа GPS и геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

При необходимости лесосеки разбиваются на делянки:

а) если отпуск древесины из одной лесосеки производится разным лесозаготовителям;

б) если на отдельных частях лесосеки применяются разные методы таксации;

в) при наличии в отдельных частях лесосеки участков с жизнеспособным подростом и молодняком в количествах и нормах, предусмотренных действующими документами по сохранению подроста и молодняка хозяйственно ценных пород.

Порядковая нумерация делянок в пределах каждого квартала производится отдельно по видам пользования и годам рубки.

В эксплуатационную площадь лесосек, отведенных для сплошнолесосечной рубки, не включаются:

а) нелесные и не покрытые лесом земельные участки независимо от их величины, образующие отдельные таксационные выдела;

б) семенные группы деревьев, которые выделяются в соответствии с правилами рубок при отводе лесосек в увязке с технологическими картами разработки лесосек;

в) участки молодняка площадью более 0,2 га среди спелых древостоев, образующие отдельные таксационные выдела;

г) средневозрастные насаждения, представляющие собой компактные участки площадью свыше 0,5 га, среди спелого леса.

Указанные в подпунктах «б», «в» и «г» участки отграничиваются в натуре визирами с постановкой столбов высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см, на которых делается надпись «НЭ» (неэксплуатационная).

При отводе лесосек под постепенные и выборочные рубки, а также рубки ухода, нелесные и не покрытые лесом земельные участки, образующие отдельные таксационные выдела, в площадь лесосек не включаются.

Одновременно с отводом лесосек для сплошнолесосечной рубки, в соответствии с Правилами рубок, производится отбор и пересчет семенников и семенных групп деревьев, а также деревьев, запрещенных к рубке.

У семенников и деревьев в семенных группах и деревьев, запрещенных к рубке, на высоте 1,3 м от шейки корня производится «подрумянивание» коры с нанесением порядкового номера краской. Семенные группы обозначаются легкими затесками на коре с внешней стороны граничных деревьев и «подрумяниванием» коры вокруг ствола на угловых деревьях.

Деревья, запрещенные к рубке, могут отмечаться и краской (проводится полоса шириной не менее 2 см по всему периметру ствола на высоте 1,3 м от шейки корня).

На первом углу лесосеки (делянки) ставится столб в соответствии с требованиями ТУ РБ 100195503.016-2004 «Знаки натурные лесохозяйственные. Технические условия».

Примеры надписей на столбах:

25-3

СПР-06

2-2,5

1-ая строка - № квартала, № выдела;

2-ая строка - вид мероприятия, год его выполнения;

3-я строка - № лесосеки и эксплуатационная площадь, га.

Номер делянки проставляется при выделении на лесосеке 2-х и более делянок.

Основные сокращения в наименовании мероприятий: сплошная рубка – СПР, постепенная рубка – ПР, выборочная рубка – ВР, санитарная рубка – СР, осветления – ОСВ, прочистки – ПРЧ, прореживания – ПРЖ, проходные рубки – ПРХ, реконструктивная рубка – РР, рубка обновления – РО, рубка формирования (переформирования) – РФ, прочая рубка – ПРУ, подсочка – ПС, побочное лесное пользование – ПЛП, пробная площадь – ПП.

На столбах указывается только эксплуатационная площадь лесосеки (делянки).

Номер первого угла поворота лесосеки устанавливается для угла поворота лесосеки, расположенного вблизи дороги, квартальной, граничной просеки или непокрытых лесом и нелесных земель, с целью максимальной его видимости на расстоянии.

На остальных углах лесосеки устанавливаются кольца высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см с указанием на них номеров углов поворота.

При отводе лесосек составляется абрис, на котором указываются:

а) промеры длин линий, отграничивающих лесосеку (делянку), и необходимые промеры длин линий для привязки лесосеки (делянки) к кварталным и граничным просекам (столбам), таксационным визи-рам или другим постоянным ориентирам;

б) номера и величина углов между линиями и румб начальной линии;

в) выделенные внутри лесосеки неэксплуатируемые участки;

г) границы, площадь и номера делянок внутри лесосек;

д) нелесные и не покрытые лесом участки земель внутри лесосек;

е) расположение семенных групп деревьев, участков с подростом, молодняком и их площадь;

ж) границы и номера таксационных выделов в составе отведенной лесосеки (делянки).

На основании абриса составляется чертеж лесосеки (рис. 87).

Вычисление площадей лесосек (делянок), участков производится способами согласно приложению Г.

План лесосеки с указанием длин линий, румбов и углов, границ, площадей и номеров делянок, нелесных и не покрытых лесом земель, семенных групп деревьев может составляться с использованием геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

Отвод участков для передачи насаждений в подсочку производится в соответствии с Правилами подсочки. Натурное оформление указанных участков производится в установленном порядке [41].

После отграничения участков, назначенных в рубку, производится таксация лесосек.

Определение границ лесосек и других лесных площадей в системе спутникового позиционирования.

Отвод границ лесосек может осуществляться в системе спутникового позиционирования. В американской системе NAVIGATOR работают 24 искусственных спутника Земли для спутниковой навигации. С помощью спутникового приемника GPS (Global Position system – система глобального позиционирования) можно получить географические координаты (долгота и ширина) точки на Земле, где находится учетчик, нарисовать в приемнике линии (границы) лесосеки и т.д. Данные с GPS приемника заносятся в геоинформационную систему «Лесные ресурсы» (ГИС Formar 2.2) с преобразованием проекции WGS-84 (приемник GPS) в проекцию Гаусса-Крюгера, принятую в

нашей стране. В ГИС получаем план (чертеж) лесосеки со спецификацией (длина линий, углы, румбы и т.д.).

Приемник GPS позволяют получать различную точность оценки линий от 0,5 м до 10–15м.

Россия разработала подобную систему ГЛОНАСС, собственные приемники и в ближайшие годы мы перейдем на российскую систему спутникового позиционирования.

Рис. 87 Чертеж лесосеки

Виды учета древесины, отпускаемой на корню

Учет древесины, отпускаемой на корню, в зависимости от способов рубок производится:

а) по площади – применяется при проведении всех видов сплошных рубок и полосно-постепенных несплошных рубок;

б) по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням) – применяется при проведении:

– постепенных и выборочных рубок главного пользования;

– выборочных санитарных рубок;

– рубок обновления и переформирования;

– рубок ухода (проходные рубки);

– рубки семенных групп деревьев, семенников и единичных деревьев;

в) по количеству заготовленной древесины применяется при проведении:

– рубок ухода в молодняках (осветления и прочистки) и прореживания;

– рубок реконструкции, связанных с рубкой малоценных древостоев;

– прочих рубок (разработке горельников, валежа, захламленности, бурелома, ветровала, снеговала и снеголома, расчистке квартальных просек и других линейных трасс).

При учете отпускаемой древесины на корню по количеству заготовленной древесины в лесорубочных билетах предварительно указывается примерное количество намечаемой к заготовке древесины по данным пробных площадей или по материалам лесоустройства. В последующем количество заготовленной древесины уточняется обмером. Количество заготовленной неликвидной древесины (хворост-неликвид) производится по данным пробных площадей.

При отпуске древесины применяются следующие единицы измерения согласно действующим прейскурантам:

а) плотные кубические метры (м³) – при отпуске древесины на корню деловой в заготовленном виде;

б) складочные кубические метры (скл. м³) – для дров, пней, порубочных остатков, хвороста.

Отбор деревьев в рубку и их перечет

Отбор деревьев в рубку осуществляется на лесосеках при учете древесины, отпускаемой на корню, по площади и по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням), в порядке, предусмотренном Правилами рубок леса и других нормативных документов по ведению лесного хозяйства. По указанным документам устанавливается и интенсивность рубки (количество назначенной к рубке древесины от общего запаса).

Для материальной оценки древесины на корню при отпуске ее с учетом по площади и по пням производится перечет деревьев.

Перечет деревьев, назначенных в рубку, ведется путем обмера мерной вилкой диаметров деревьев на высоте 1,3 м с подразделением по породам, ступеням толщины (при среднем диаметре 16 см и более - по 4 см ступеням, меньше 16 см - по 2 см) и категориям технической годности (качества).

Подлежат перечету и последующей вырубке сухостойные, буреломные, ветровальные и наклонные деревья вдоль границ лесосек, угрожающие падением на лесосеку или ее границу.

В сложных и разновозрастных древостоях перечет ведется по ярусам и возрастным поколениям.

Перечету подлежат деревья со ступени толщины 8 см и более.

По технической годности (качеству) деревья делятся на две категории:

а) деловые - хвойные деревья, у которых длина деловой части у комлевой половины составляет 3 м и более и лиственные деревья (твердолиственные и мягколиственные), у которых длина деловой части у комлевой половины составляет 2 м и более, позволяющая получить сортимент в соответствии с ГОСТом на круглые материалы;

б) дровяные - хвойные деревья с длиной деловой части менее 3 м и лиственные (твердолиственные и мягколиственные) деревья с длиной деловой части у комлевой половины менее 2 м.

Отнесение при перечете отдельных деревьев к различным категориям технической годности производится в результате осмотра ствола по его внешним признакам - форме и наличию пороков.

Для установления степени развития пороков, которые не могут быть определены по внешним признакам, и их влияния на качественную категорию деревьев, руководствуются осмотром деревьев, срубленных на визирах, а также данными разработки соседних лесосек. В отдельных случаях в черноольховых, березовых, тополиных и осино-вых насаждениях также допускается рубка до 5 модельных деревьев на 1 га отводимой в рубку лесосеки.

При перечете деревья отмечаются знаками без повреждения камбия: деловые – одной чертой (I), дровяные – двумя (II).

Могут применяться и другие обозначения и средства, обеспечивающие четкое различие деревьев по категориям технической годности, и контроль за их отбором, например, специальные краски для отметки деревьев.

Результаты перечета деревьев, назначенных в рубку, а также семенников и семенных групп деревьев, деревьев, запрещенных к рубке, учета подроста и молодняка записываются в ведомость.

В пределах лесосеки (делянки) в целом для определения разряда высот по каждой составляющей породе с помощью высотомера измеряются высоты растущих деревьев - по 3-5 деревьев в центральной (характеризующей средний диаметр древостоя) и двух соседних с ней ступенях толщины. Если участие породы в составе не превышает трех единиц, то обмеряются пять деревьев этой породы из одной средней ступени толщины.

Деревья для обмера высот выбираются равномерно по всей площади лесосеки. У каждого дерева измеряется диаметр и высота. Для этих целей допускается использование деревьев, срубленных на визирах, если они удовлетворяют требованиям по диаметру. Для определения средней высоты преобладающей породы могут измеряться высоты у 10-15 деревьев, отобранных пропорционально числу деревьев в ступенях толщины с построением графика высот (по горизонтальной оси откладываются диаметры, а по вертикальной - высоты обмеренных деревьев), по которому и определяется средняя высота.

Когда модельные деревья одного диаметра имеют значительные расхождения по высоте, то это свидетельствует о неудачном выборе моделей и не позволяет определить разряд высот с достаточной достоверностью. В таких случаях необходимо выбрать и обмерить новые

модели. Поэтому определение разряда высот рекомендуется производить в полевых условиях с тем, чтобы неудачный выбор моделей был сразу же обнаружен и исправлен.

Разряд высот древостоев на лесосеке устанавливается по «Таблицам для установления разряда высот древостоев», принятым согласно «Нормативных материалов для таксации леса» [28].

14.6.2 Таксация лесосек.

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по площади

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по площади осуществляется методами:

- а) сплошного перечета деревьев;
- б) закладки круговых площадок постоянного радиуса.

Сплошной пересчет деревьев, как правило, производится на лесосеках (делянках) площадью до 5 га, при этом пересчет деревьев, определение их технической годности, определение разряда высот и запись результатов сплошного пересчета деревьев осуществляются в соответствии с правилами по отводу и таксации лесосек [41].

На лесосеках (делянках) площадью 5 и более га обычно применяется метод таксации с закладкой круговых площадок постоянного радиуса. Количество круговых площадок постоянного радиуса на лесосеке (делянке) зависит от площади лесосеки (делянки) и ее полноты.

Круговые площадки постоянного радиуса закладываются равномерно по площади лесосеки (делянки) на продольных граничных линиях и внутренних визирах. При этом прохождение внутренних визиров допускается как по центру, так и по пересекающим диагоналям лесосеки (делянки).

На граничных линиях закладываются не полные, а только половинные площадки. Если граничные линии проходят вдоль расстроенных опушек леса, старых вырубков, широких просек и по другим не характерным для лесосеки (делянки) древостоям, то число площадок на них уменьшается до 1/3 от общего количества и соответственно увеличивается их закладка на внутренних визирах.

Среднее расстояние между центрами круговых площадок постоянного радиуса предварительно определяется по абрису делением протяженности граничных линий и внутренних визиров (за исключением неэксплуатационных участков) на число приходящихся на них

площадок с округлением до 5 м. (Подробное описание последовательности закладки круговых площадок приведено в приложении Ж).

Схемы размещения круговых площадок постоянного радиуса по площади лесосеки (делянки) показаны в приложении В.

Если на лесосеке размещается четыре круговые площадки, то закладываются они в наиболее характерных и типичных местах для данного древостоя.

Центры круговых площадок постоянного радиуса отмечаются кольями (типа пикетных) высотой до 0,7 м над землей, диаметром 8-10 см. На верхних частях кольев, повернутых лицевой стороной против хода движения, пишется номер круговой площадки. Центры площадок отмечаются на ближайших деревьях («поддрумьянием» коры) с указанием номера и расстояния до центра площадки.

Порядок закладки круговых площадок постоянного радиуса и ведения на них перечета приведен в приложении Ж.

Перечет деревьев, определение их технической годности на круговых площадках постоянного радиуса осуществляются в порядке, указанном в пунктах 7.2-7.5 настоящих Правил.

Для определения разряда высот деревьев на каждой круговой площадке постоянного радиуса измеряются диаметры на высоте груди и высоты 2-3 средних для каждой породы деревьев (выбираемых визуально).

Средний диаметр и средняя высота деревьев на лесосеке (делянке) определяются как среднеарифметическое значение их замеров по каждой породе. Определение разряда высот осуществляется в установленном порядке.

Данные перечета деревьев на круговых площадках постоянного радиуса, заложенных на лесосеке, вносятся в специальную ведомость согласно приложению Д, или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначаемых в рубку.

При полекамеральной обработке суммированные данные перечета деревьев на всех круговых площадках по ступеням толщины в пределах составляющих пород переводятся на 1 га.

При закладке круговых площадок отмечаются семенники и семенные группы деревьев, отобранных в соответствии с действующими нормативными документами по лесовосстановлению, деревья, запрещенные к рубке, а также определяется количество подроста и молодняка.

Полученные результаты записываются в ведомость согласно приложению Д или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначаемых в рубку.

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням)

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням), осуществляется путем отбора деревьев, назначенных в рубку, и их перечета.

Результаты перечета деревьев заносятся в ведомость или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначенных в рубку.

Общий запас на лесосеках определяется по материалам лесоустройства после их проверки в натуре и при обнаружении расхождений составляется акт или путем закладки круговых реласкопических площадок и заполнением ведомости таксации круговыми реласкопическими площадками.

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по количеству заготовленной древесины

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по количеству заготовленной древесины осуществляется методами:

- а) использованием материалов лесоустройства;
- б) закладки пробных площадей.

Отбор деревьев в рубку, перечет, клеймение деревьев, назначенных к рубке при отпуске древесины с учетом по количеству заготовленной древесины, не проводятся.

Таксация лесосек с использованием материалов лесоустройства осуществляется в участках, намеченных лесоустройством для проведения рубок ухода в молодняках (осветления и прочистки), прореживания, а также для проведения прочих рубок (разработке горельников, валежа, захламленности, бурелома, ветровала, снеговала и снеголома, расчистке квартальных просек и других линейных трасс) с обязательным предварительным натурным обследованием лесосеки и уточнением таксационных показателей.

На участках (лесосеках), где в результате стихийных явлений, хозяйственной и иной деятельности произошли изменения таксационных показателей (по запасу – более 10%, составу – более 2 единиц, классу товарности – на один класс и более) определение их проводит-

ся путем закладки круговых реласкопических площадок и заполнением ведомости таксации лесосек круговыми реласкопическими площадками.

В остальных случаях предварительное количество заготавливаемой древесины производится по данным пробных площадей.

Предварительное количество заготавливаемой неликвидной древесины (хворост-неликвид) производится только по данным пробных площадей.

Пробные площади для определения предварительного количества заготавливаемой древесины закладываются в размере не менее 5% от площади лесосеки (делянки). При величине лесосеки (делянки) до 3 га закладывается одна пробная площадь, при площади лесосеки (делянки) более 3,0 га - по одной пробной площади на каждые 3 га с равномерным размещением на лесосеке (делянке). Пробные площади в натуре отграничиваются кольями высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см.

На пробных площадях, закладываемых на лесосеке, при отпуске деревьев по количеству заготовленной древесины отбор и перечет деревьев, назначенных в рубку, диаметром 8 см и выше.

Древесина диаметром менее 8 см определяется по фактически вырубленному количеству, которое складывается по породам. Укладка проводится плотно между кольями комлями в одну сторону. Обмер проводится в метрах: ширина и высота по комлевой выкладке, длина по средней длине стволиков и веток. При обмере свежесложенного хвороста и хмыза полученный объем снижается на осадку для хвороста на 10% и для хмыза на 20%. Коэффициенты полнодревесности для перевода складочных метров древесины диаметром менее 8 см принимаются следующие:

- древесина диаметром 4-8 см (типа топорник) - 0,50;
- хворост неочищенный толщиной в комле до 4 см при длине 4-6 м – 0,20;
- хворост неочищенный толщиной в комле до 4 см при длине 2-4 м – 0,12;
- хмыз (сучья, ветки) и мелкий неочищенный хворост длиной до 2 м и толщиной до 2 см – 0,10.

Результаты данных перече́та и измерений на пробной площади заносятся в ведомость для последующей обработки по специальной компьютерной программе в составе АРМ «Лесопользование».

Запас древесины диаметром менее 8 см определяется по данным фактических измерений, перемноженным на переводные коэффициенты пол-нодревесности.

Если на лесосеке заложено 2 и более пробных площадей, то их данные суммируются.

К проведению рубок ухода за лесом на лесосеке (делянке) с учетом древесины, отпускаемой на корню по количеству заготовленной древесины, допускаются исполнители, имеющие специальную подготовку и опыт выполнения таких работ, под непосредственным руководством и контролем мастера леса или помощника лесничего.

При всех видах таксации лесосек учитывается жизнеспособный подрост и молодняк с указанием породного состава, средней высоты, возраста и количества на 1 га. Учет подроста и молодняка, подлежащего сохранению при разработке лесосек, производится в соответствии с Наставлением по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь (СТБ 047-2006). Описание последовательности закладки круговых площадок приведено в приложении Ж).

Схемы размещения круговых площадок постоянного радиуса по площади лесосеки (делянки) показаны в приложении В.

Если на лесосеке размещается четыре круговые площадки, то закладываются они в наиболее характерных и типичных местах для данного древостоя.

Центры круговых площадок постоянного радиуса отмечаются кольями (типа пикетных) высотой до 0,7 м над землей, диаметром 8-10 см. На верхних частях кольев, повернутых лицевой стороной против хода движения, пишется номер круговой площадки. Центры площадок отмечаются на ближайших деревьях («поддрумиванием» коры) с указанием номера и расстояния до центра площадки.

Порядок закладки круговых площадок постоянного радиуса и ведения на них перече́та приведен в приложении Ж.

Перечет деревьев, определение их технической годности на круговых площадках постоянного радиуса осуществляются в порядке, указанном в пунктах 7.2-7.5 настоящих Правил.

Для определения разряда высот деревьев на каждой круговой площадке постоянного радиуса измеряются диаметры на высоте груди и высоты 2-3 средних для каждой породы деревьев (выбираемых визуально).

Средний диаметр и средняя высота деревьев на лесосеке (делянке) определяются как среднеарифметическое значение их замеров по

каждой породе. Определение разряда высот осуществляется в установленном порядке.

Данные перечета деревьев на круговых площадках постоянного радиуса, заложенных на лесосеке, вносятся в специальную ведомость согласно приложению Д, или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначаемых в рубку.

При полекамеральной обработке суммированные данные перечета деревьев на всех круговых площадках по ступеням толщины в пределах составляющих пород переводятся на 1 га.

При закладке круговых площадок отмечаются семенники и семенные группы деревьев, отобранных в соответствии с действующими нормативными документами по лесовосстановлению, деревья, запрещенные к рубке, а также определяется количество подроста и молодняка.

Полученные результаты записываются в ведомость согласно приложению Д или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначаемых в рубку.

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням)

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням), осуществляется путем отбора деревьев, назначенных в рубку, и их перечета.

Результаты перечета деревьев заносятся в ведомость или в электронный прибор, с помощью которого выполняется обмер деревьев, назначенных в рубку.

Общий запас на лесосеках определяется по материалам лесоустройства после их проверки в натуре и при обнаружении расхождений составляется акт или путем закладки круговых реласкопических площадок и заполнением ведомости таксации круговыми реласкопическими площадками.

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по количеству заготовленной древесины

Таксация лесосек при отпуске древесины на корню с учетом по количеству заготовленной древесины осуществляется методами:

- а) использованием материалов лесоустройства;
- б) закладки пробных площадей.

Отбор деревьев в рубку, пересчет, клеймение деревьев, назначенных к рубке при отпуске древесины с учетом по количеству заготовленной древесины, не проводятся.

Таксация лесосек с использованием материалов лесоустройства осуществляется в участках, намеченных лесоустройством для проведения рубок ухода в молодняках (осветления и прочистки), прореживания, а также для проведения прочих рубок (разработке горельников, валежа, захламленности, бурелома, ветровала, снеговала и снеголома, расчистке квартальных просек и других линейных трасс) с обязательным предварительным натурным обследованием лесосеки и уточнением таксационных показателей.

На участках (лесосеках), где в результате стихийных явлений, хозяйственной и иной деятельности произошли изменения таксационных показателей (по запасу – более 10%, составу – более 2 единиц, классу товарности – на один класс и более) определение их проводится путем закладки круговых реласкопических площадок и заполнением ведомости таксации лесосек круговыми реласкопическими площадками.

В остальных случаях предварительное количество заготавливаемой древесины производится по данным пробных площадей.

Предварительное количество заготавливаемой неликвидной древесины (хворост-неликвид) производится только по данным пробных площадей.

Пробные площади для определения предварительного количества заготавливаемой древесины закладываются в размере не менее 5% от площади лесосеки (делянки). При величине лесосеки (делянки) до 3 га закладывается одна пробная площадь, при площади лесосеки (делянки) более 3,0 га - по одной пробной площади на каждые 3 га с равномерным размещением на лесосеке (делянке). Пробные площади в натуре отграничиваются кольями высотой 0,7 м и диаметром 8-10 см.

На пробных площадях, закладываемых на лесосеке, при отпуске деревьев по количеству заготовленной древесины отбор и пересчет деревьев, назначенных в рубку, диаметром 8 см и выше.

Древесина диаметром менее 8 см определяется по фактически вырубленному количеству, которое складывается по породам. Укладка проводится плотно между кольями комлями в одну сторону. Обмер проводится в метрах: ширина и высота по комлевой выкладке, длина по средней длине стволиков и веток. При обмере свежесложенного хвороста и хмыза полученный объем снижается на осадку для хворо-

ста на 10% и для хмыза на 20%. Коэффициенты полндревесности для перевода складочных метров древесины диаметром менее 8 см принимаются следующие:

- древесина диаметром 4-8 см (типа топорник) - 0,50;
- хворост неочищенный толщиной в комле до 4 см при длине 4-6 м – 0,20;
- хворост неочищенный толщиной в комле до 4 см при длине 2-4 м – 0,12;
- хмыз (сучья, ветки) и мелкий неочищенный хворост длиной до 2 м и толщиной до 2 см – 0,10.

Результаты данных перече́та и измерений на пробной площади заносятся в ведомость для последующей обработки по специальной компьютерной программе в составе АРМ «Лесопользование».

Запас древесины диаметром менее 8 см определяется по данным фактических измерений, перемноженным на переводные коэффициенты пол-нодревесности.

Если на лесосеке заложено 2 и более пробных площадей, то их данные суммируются.

К проведению рубок ухода за лесом на лесосеке (делянке) с учетом древесины, отпускаемой на корню по количеству заготовленной древесины, допускаются исполнители, имеющие специальную подготовку и опыт выполнения таких работ, под непосредственным руководством и контролем мастера леса или помощника лесничего.

При всех видах таксации лесосек учитывается жизнеспособный подрост и молодняк с указанием породного состава, средней высоты, возраста и количества на 1 га. Учет подроста и молодняка, подлежащего сохранению при разработке лесосек, производится в соответствии с Наставлением по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь (СТБ 047-2006).

Лекция 15. Материально-денежная оценка лесосек

По результатам полевой таксации отведенных в рубку насаждений составляют ведомости материально-денежной оценки лесосек. Материальная оценка включает определение общего запаса древесины, идущей в рубку, распределение ее на деловую, дрова и отходы, а деловой – на категории крупности и в ряде случаев на отдельные сортименты. В качестве таксационных пособий используют сортиментные и товарные таблицы.

Прежде всего на основе чертежа лесосеки, выполненного в масштабе лесоустроительных планшетов, но не менее 1:25000, вычисляют: общую и эксплуатационную площадь лесосеки (делянки); площади таксационных участков (выделов), а также площади, а которых произведен пересчет деревьев. Затем материалы таксации лесосек обрабатывают. Порядок обработки зависит от методов таксации. Данные сплошных и ленточных пересчетов обрабатывают следующим образом.

Число деревьев по породам, ступеням толщины и категориям технической годности из пересчетной ведомости переписывают в ведомость материальной оценки. Полуделовые стволы при этом разбирают поровну на деловые и дровяные. По данным обмера высоты вычисляют ее среднеарифметическое значение в каждой из трех центральных ступеней толщины. По соотношению диаметров и средних высот устанавливают разряд высоты сначала в ступенях, а затем средний по породе. В многоярусных насаждениях для одной породы его определяют отдельно по ярусам. В соответствии с разрядом и породой подбирают сортиментные таблицы и по ним, используя данные пересчета, рассчитывают общий запас, выход деловой древесины (по категориям крупности), дров, а также количество отходов сначала в ступенях толщины, а затем на лентах или лесосеке.

При обработке ленточных пересчетов материальную оценку древесины на всей лесосеке получают, перемножая итоговые данные на лентах на переводной коэффициент, который в свою очередь определяют делением эксплуатационной площади лесосеки на площадь лент.

При отпуске леса с учетом по пням данными полевой таксации служат пересчетные ведомости отклеянных и предназначенных для рубки деревьев. Полученные данные обрабатывают так же, как и при сплошном пересчете.

Обработку данных таксации лесосек по методу круговых площадок с пересчетом на узких лентах начинают с определения для каж-

дой породы разряда высоты по общепринятой схеме. Затем по сортиментным таблицам отдельно по породам определяют общий объем деревьев, вошедших в пересчет, и отдельно деловых стволов. Устанавливают процент объема последних и, разделив этот объем на общее число деловых деревьев, рассчитывают средний объем ствола. По среднему объему деловых деревьев с помощью сортиментных таблиц определяют их средний диаметр с округлением до 2 см.

По данным ведомости круговых площадок по каждой породе устанавливается число «учтенных» деревьев (т. е. сумму площадей сечения), приходящееся в среднем на одну площадку, с округлением до 0,1.

По данным обмеров высоты определяют среднюю высоту каждой породы и в соответствии с ней по таблице находят видовую высоту.

Перемножив среднюю сумму площадей сечений на 1 га на видовую высоту, вычисляют запас на 1 га по породам. Затем рассчитывают общие запасы пород на всей эксплуатационной площади лесосеки (делянки, выдела). Если при таксации применялся угловой шаблон с раствором 14,1 мм, то найденный таким путем запас уменьшают вдвое. По рассчитанному ранее проценту объема деловых деревьев вычисляют их запас.

В зависимости от диаметра и разряда высоты с помощью товарных таблиц, запас деловых деревьев распределяют на деловую древесину (по категориям крупности), дрова и отходы.

При таксации лесосеки методом круговых площадок без перечета деревьев на узких лентах обработку полевых данных начинают с определения среднего диаметра каждой породы. Его вычисляют как среднеарифметическое с округлением до 2 см. В соответствии с вычисленным средним диаметром на основании данных обмера высоты определяют по каждой породе среднюю высоту.

По числу учтенных угловым шаблоном деревьев устанавливают сумму площадей поперечных сечений (на 1 га), приходящуюся в среднем на одну круговую площадку. Ее рассчитывают отдельно для деловых и дровяных деревьев. Полуделовые стволы при этом разбирают поровну между деловыми и дровяными.

По средней высоте породы определяют видовую высоту. Объем деловых и дровяных стволов определяют умножением среднего значения суммы площадей сечений на одной площадке на видовую высоту и на площадь лесосеки. Для распределения запаса на деловую древесину, дрова и отходы используют товарные таблицы.

Данные таксации лесосеки методом линейной выборки обрабатывают в такой последовательности. Сначала определяют сумму диаметров деревьев, учтенных угловым шаблоном, путем умножения числа деревьев каждой породы и категории технической годности на соответствующую ступень толщины. Затем полуделовые деревья распределяют поровну на деловые и дровяные. Далее вычисляют сумму площадей сечений на 1 га, умножая сумму диаметров на коэффициент, зависящий от числа лент на лесосеке: 0,00131 – при четырех лентах; 0,00087 – при шести; 0,00070 – при восьми и 0,00052 – при десяти.

Делением суммы диаметров деловых стволов на их число, умноженное на коэффициент 1,03, рассчитывают средние диаметры для каждой породы. По среднему диаметру и данным обмера высоты на лентах устанавливают среднюю высоту и соответствующую ей видовую высоту, используя при этом таблицы видовых высот.

Умножая сумму площадей сечений на 1 га на видовую высоту, вычисляют запас на 1 га отдельно для деловых и дровяных деревьев. Дальнейшая обработка производится с использованием товарных таблиц так же, как и при таксации лесосек методом круговых площадок.

Определение среднего объема хлыста

При современной технологии лесозаготовок трелевка и вывозка леса выполняются в хлыстах. Нормы выработки на этих работах и на раскряжевке древесины, а также производительность труда самым существенным образом зависят от их объема. Поэтому средний объем хлыста – один из важных показателей леса, отводимого в рубку.

При таксации лесосек методами сплошного и ленточного перечетов и круговыми площадками с перечетом на узких лентах средний объем хлыста определяют делением общего запаса на лесосеке на общее число деревьев на ней.

Если таксация лесосек ведется линейной выборкой или методом круговых площадок, без перечета на узких лентах, то при обработке полевых данных приходится, как уже говорилось, определять средний диаметр и среднюю высоту по породам. По этим двум показателям, используя массовые таблицы или формулы объема ствола, можно определить средние объемы хлыстов по породам. Затем следует рассчитать средний объем хлыста – общий для всех пород соответственно доле участия каждой из них в общем запасе.

Эту же задачу можно решить и другим путем. По среднему диаметру определяют среднюю площадь сечения. Делением суммы площадей сечений на всей лесосеке на среднюю площадь сечения находят общее число деревьев. Разделив общий запас на лесосеке на общее число деревьев «а ней», получают средний объем хлыста.

Оценка таксовой стоимости леса.

За лес, отпускаемый в рубку, с лесозаготовителей взимается по пени а я (корневая) плата. Общую сумму попенной платы определяют по лесным таксам, т. е. по цене за 1 пл. м³ древесины на корню. Лесные таксы утверждены постановлением правительства и установлены в зависимости от ценности древесных пород, качества древесины, ее размеров, района произрастания и расстояния вывозки.

Все леса СССР были разделены на семь лесотаксовых поясов. В зависимости от расстояния вывозки установлены следующие разряды такс: 1 – до 10 км; 2 – от 10,1 до 25,0; 3 – от 25,1 до 40,0 и 4 – более 40 км. Правила отнесения кварталов к определенным лесотаксовым разрядам, составленным на основании картографических материалов, имеются во всех лесхозах и лесничествах.

К первому поясу относятся леса малолесных районов и значительная часть лесов Кавказа и Средней Азии.

Во второй пояс входит значительная часть лесов БССР, Северного Кавказа и ряда областей Центрального района страны.

В третий пояс выделены леса северной части Центрального района, вторая группа лесов Северо-Запада и Урала.

Четвертый пояс образует значительная часть лесов таежной зоны европейского Севера и Урала, часть сибирских и дальневосточных лесов.

К пятому поясу отнесены значительная часть лесов Архангельской обл., леса Мурманской обл., ряда краев и областей Сибири и Дальнего Востока.

В шестой пояс входят часть лесов Коми АССР, значительная часть лесов Сибири и Дальнего Востока.

К седьмому поясу относятся леса северной части европейской, сибирской и дальневосточной тайги.

В каждом таксовом поясе таксы дифференцированы по отдельным породам и группам равноценных пород. В зависимости от расстояния вывозки таксы разделены на разряды. Всего установлено четыре разряда такс.

В пределах одного пояса и одного разряда лесные таксы на древесину каждой породы даны отдельно на деловую (по категориям крупности) и на дрова.

Денежную оценку лесосеки производят после ее материальной оценки, т. е. когда на ней определены выход крупной, средней и мелкой деловой древесины и количество дров по породам. Для каждой из этих категорий согласно лесотаксовому поясу и разряду такс выписывают стоимость 1 пл. м³ и умножают на соответствующую кубатуру. Общие итоги денежной оценки получают, суммируя стоимость древесины отдельных пород с точностью до 1 руб., а при отпуске мелких партий – до 1 кол.

При подеревном отпуске леса местному населению денежная оценка может быть установлена с помощью хлыстовых такс, в которых для стволов определенного размера приведена таксовая стоимость целого хлыста в зависимости от выхода из него деловой древесины различной крупности и дров.

Сортиментный состав лесосечного фонда

При планировании объемов ежегодной рубки леса и установлении заданий на заготовку отдельных видов лесной продукции необходимо располагать обобщенными данными, характеризующими товарность леса отдельных экономических районов.

Как правило, в рубку назначают спелый лес. Совокупность вырубаемых участков леса называют лесосечным фондом. Он является той частью леса, в отношении которой требуются показатели о выходе главнейших сортиментов.

Товарных таблиц, недостаточно для решения указанной задачи. Они позволяют установить распределение на сортименты древесных запасов отдельных участков леса, имеющих определенную таксационную характеристику. Между тем при укрупненных расчетах сортиментный состав лесосечного фонда должен быть найден без разделения его на отдельные таксационные участки.

В связи с этим выявилась необходимость в специальных таблицах, определяющих выход сортиментов из лесосечного фонда, взятого в целом. Выдержка из этих таблиц приведена в табл. 84. Они названы таблицами сортиментного состава лесосечного фонда.

Таблица 84

Сортиментный состав, %, лесосечного фонда Центрального экономического района.

Порода	Выход			Распределение деловой древесины по классам крупности			
	деловой древесины	дров	отходов	крупная	средняя		мелкая
				25 см и выше	18-24 см	13-17 см	3-12 см
Сосна	86	2	12	35	40	17	8
Ель	84	6	10	34	39	20	7

В первой части таблицы дана распределение запаса на корню на деловую древесину, дрова и отходы. Распределение деловой древесины по классам крупности и по видам сортиментов приведено во второй и третьей частях таблицы.

Пользование таблицами сортиментного состава лесосечного фонда аналогично применению товарных таблиц. Общий запас соответствующей древесной породы сначала дифференцируется на деловую и дровяную древесину применительно к процентному ряду таблиц. Далее найденный выход деловой древесины распределяется по классам крупности и на сортименты.

14.5. Правила отпуска леса на корню СССР

Работы по отводу и таксации лесосек проверяют как в процессе их выполнения, так и после окончания. При этом прежде всего выявляют соответствие объема отведенного лесосечного фонда установленному размеру пользования по группам лесов и хозяйственным секциям. Контролируют, соблюдены ли ширина, длина, способ, а также сроки примыкания лесосек, обусловленные правилами рубок главного пользования, а при рубках ухода выдержаны ли требования Наставления. Проверке подлежат также качество натуральных работ (визеры, столбы, отметки на деревьях) и правильность выполнения материально-денежной оценки. Проверка производится работниками аппаратов лесхозов. В каждом лесничестве должно быть проверено не менее 3% выполненных натуральных работ.

Отвод и таксация признаются неудовлетворительными, если будут выявлены:

- 1) нарушения действующих правил рубок;
- 2) расхождения данных таксации запаса деловой древесины и отдельных пород с соответствующими данными проверки более чем на 10%;
- 3) ошибка в определении эксплуатационной площади более чем на 2%;
- 4) меньшее число визиров и круговых площадок по сравнению с указанным в Наставлении;
- 5) неправильное оформление лесосек в натуре (отсутствие столбов, нечеткость границ);
- 6) неправильное определение разрядов высоты и такс, а также арифметические ошибки в ведомостях материально-денежной оценки.

На основании результатов проверки составляется акт. При неудовлетворительной оценке отвода и таксации лесосек лесхоз обязан принять меры по исправлению ошибок, вплоть до выполнения работы заново.

Кроме полевого абриса лесосеки, ведомостей сплошных и ленточных перечетов, а также ведомостей таксации угловыми шаблонами в лесничествах составляются и хранятся чертежи лесосек и ведомости материально-денежной оценки. На основании этих документов составляются в двух экземплярах и хранятся в лесничестве и лесхозе альбомы годовых лесосек по видам пользования и ведомость очередной годичной лесосеки.

Работники лесхозов подготавливают сводную ведомость очередной годичной лесосеки по всем лесничествам и представляют ее в свое управление лесного хозяйства. Кроме того, в лесхозах ведется книга расхода леса, в которой по каждой лесосеке отмечают фактический объем заготовленной древесины и результаты освидетельствования (наличие недорубов, остатки невывезенной древесины). В лесничествах ведется аналогичная книга по рубкам ухода за лесом.

Отпуск леса в нашей стране ведется в соответствии с правилами, утвержденными постановлением Совета Министров СССР и обязательными как для органов лесного хозяйства, так и для всех лесозаготовителей.

Отпуск в лесах I группы производится в порядке рубок ухода и восстановительных рубок, а в лесах II и III группы – в порядке рубок главного пользования и рубок ухода. Для главной рубки в первую

очередь предназначаются насаждения, требующие этого по санитарному состоянию, а также перестойные и спелые насаждения, вышедшие из подсоски. Рубка припевающих насаждений допускается с особого разрешения и только в самых исключительных случаях. Запрещена рубка редко встречающихся древесных и кустарниковых пород (каштан, карельская береза, самшит и т. п.). Перечень таких запрещенных для рубки пород утверждается Советами Министров союзных республик. В значительной степени ограничивается рубка кедровых насаждений и выборочная рубка отдельных здоровых деревьев всех пород вне лесосек.

С целью обеспечения лесозаготовительных предприятий лесом за ними закрепляются лесосырьевые базы в эксплуатационных лесах на весь период их эксплуатации. В лесосырьевых базах разрешается отпуск леса на местные нужды без вывоза древесины за пределы района.

Ежегодно принимается решение правительства о размере лесосечного фонда в лесах I и II группы и распределении его на местные нужды и по министерствам и ведомствам-заготовителям, которые в 10-дневный срок после принятия решения представляют в областные (краевые) управления лесного хозяйства и министерства лесного хозяйства автономных и союзных республик данные о распределении лесосечного фонда по своим предприятиям и организациям. Управления и министерства лесного хозяйства должны в 15-дневный срок по получении этих материалов распределить лесосечный фонд по предприятиям и организациям.

В лесах III группы отпуск леса лесопромышленным предприятиям в соответствии с их заявками производится областными управлениями и министерствами лесного хозяйства республик в размерах, не превышающих расчетную лесосеку, установленную лесоустройством.

Размер ежегодного отпуска леса в порядке промежуточного пользования утверждался Гослесхозом СССР.

Дополнительный отпуск леса, свыше нормы, выделенной на год, допускается в исключительных случаях, предусмотренных Правилами, с разрешения органов лесного хозяйства.

Лесхозы обязаны отводить лесосеки за два года до рубки, чтобы лесозаготовители могли осматривать отведенные лесосеки, знакомиться с их материально-денежной оценкой и производить на них подготовительные работы (строительство дорог, складов и т. п.).

Документами, дающими право лесозаготовителям заготавливать и вывозить лес, являются лесорубочные билеты, выписываемые лесхозами и оплачиваемые заготовителями в соответствии с материально-денежной оценкой лесосек в порядке и в сроки, устанавливаемые Министерством финансов СССР. До получения лесорубочного билета заготовители могут заявить лесхозу о своих возражениях и несогласия с оценкой. В течение десяти дней лесхоз обязан с участием заготовителя рассмотреть претензии и составить акт. При неявке заявителя акт лесхоза считается окончательным. Если при проверочной таксации лесосек выявятся расхождения с первичной таксацией более чем на 10%, ошибки должны быть устранены в 10-дневный срок.

При отпуске леса мелкими партиями, главным образом местному населению, документом на право рубки служит ордер. При этом предварительно на лесничество оформляется лесорубочный билет. Количество древесины, подлежащее рубке по билету, распределяется на более мелкие части, на которые лесничий оформляет ордер. После взноса платежа за древесину на корню, ордер так же как и лесорубочный билет, дает право на рубку и вывоз древесины. Отпуск леса по ордерам распределяется, как правило, по нарядам райисполкомов.

Отпускаемый на корню лес в зависимости от способа рубок учитывается по площади; по числу деревьев, предназначенных для рубки (по пням), и по количеству заготовленных лесоматериалов.

По данным материальной оценки и действующим таксам, утвержденным Советом Министров СССР, рассчитывается попенная плата за лес на корню. Подача заготовителями заявлений об ошибках, допущенных лесхозом при денежной оценке, не освобождает их от уплаты взносов в предусмотренные сроки. В случае изменения денежной оценки производится перерасчет.

Заготовители обязаны получить лесорубочные билеты не позднее 1 января года рубки. При отпуске леса по нарядам исполкомов местные заготовители могут получать билеты (ордера) до 1 октября года рубки. Изыскательские экспедиции и сами лесхозы при проведении ими лесохозяйственных, лесокультурных и противопожарных мероприятий имеют право получать лесорубочные билеты (ордера) в течение всего года. За неполучение билета на выделенный лесосечный фонд в установленный срок с заготовителей взыскивается неустойка в размере 10% от таксовой стоимости древесины.

Правилами рубок срок заготовки древесины установлен по 31 декабря года рубки, указанного в билете, а срок вывозки – по 1 мая

следующего года. Лесозаготовительные предприятия Министерства лесной промышленности СССР, полностью использовавшие лесосечный фонд текущего года, имеют право на досрочную рубку (начиная с 1 октября) в размере 30% фонда следующего года, а предприятия других ведомств – в размере 20%.

Лесозаготовители обязаны при заготовке и вывозке древесины сохранять деревья-семенники и семенные куртины, подрост и молодняк, деляночные столбы, а также насаждения, которые находятся в пределах 50 м от лесосек и лесовозных дорог. На них возлагается очистка мест рубок от древесных остатков, они не должны засорять просеки, визиры, реки и лесные дороги и нарушать другие правила отпуска леса. За несоблюдение этих правил с них взыскивается штраф.

Рубку и вывоз древесины следует вести с соблюдением правил пожарной безопасности. В период, опасный в пожарном отношении, по особым постановлениям облисполкомов заготовка и вывоз в хвойных лесах могут быть прекращены. Рубка может быть прекращена и в лиственных лесах, а также в менее опасное в пожарном отношении время года, если заготовители не проводят необходимой очистки мест рубок. Лесхозы обязаны систематически контролировать проведение лесозаготовительных работ с целью пресечения возможных нарушений.

После окончания срока вывоза лесхозы в течение 20 дней обязаны произвести освидетельствование мест рубки, чтобы установить полноту и правильность их разработки. Результаты освидетельствования заносят в акт, подписываемый обеими сторонами. Если рубка лесосек не закончена, заготовители могут получить отсрочку, но не более чем на пять месяцев. Отсрочка вывоза допускается до 9 месяцев. При предоставлении отсрочки на заготовку взыскиваются пенни в размере 1,5% от таксовой стоимости древесины, а при отсрочке на вывоз – на 1,5% от ее преysкурантной стоимости. По истечении этих сроков несрубленный лес и невывезенная древесина поступают в распоряжение лесхоза без возмещения затрат заготовителю.

Правила отпуска леса на корню и контроль хозяйственной деятельности лесозаготовителей, осуществляемый лесхозами, направлены на сохранение, приумножение и рациональное использование лесов.

Материальная и денежная оценка лесосек

Материальная оценка лесосек проводится на основании полученных данных при таксации лесосек с использованием сортиментных таблиц, других нормативных документов с определением общего запаса древесины с распределением его на деловую и дровяную части, а в необходимых случаях (при условии реализации) также ликвид из кроны и заполнения ведомости материально-денежной оценки. Деловая древесина распределяется по категориям крупности (крупная, средняя, мелкая).

К крупной деловой древесине относится круглый лес толщиной в верхнем отрезе 26 см и более, к средней – 14-24 см и мелкой – 6-13 см.

Объем древесины по ступеням толщины вычисляется с точностью до 0,01 м³, а итоги по лесосеке (делянке) округляются до 1 м³.

Определение класса товарности (показателя качества древостоя) проводится по нормативам, приведенным в приложении Р.

Средний объем хлыста для каждой породы определяется путем деления общего объема стволовой древесины на лесосеке (делянке) на соответствующее число деревьев.

Денежная оценка отпускаемой на корню древесины, а также второстепенных лесных материалов, производится по каждой делянке на основе действующих лесных такс. По делянке в целом денежная оценка производится с округлением до 10 рублей.

Материальная и денежная оценка лесосек выполняется в автоматизированном режиме с помощью АРМ «Лесопользование» лесхоза на основании первичной информации («Ведомость перечета деревьев, назначенных в рубку»; «Акт отвода лесосеки и закладки пробной площадки под рубку ухода за лесом»).

Материально-денежная оценка лесосек может выполняться и по другим программам на ЭВМ, отвечающим требованиям Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

Допускается использование материальной и денежной оценки, выполненной вручную.

При проведении материальной оценки лесосек используются «Товарные таблицы для сосны, ели, дуба, березы, осины и ольхи черной», разработанные В.Ф. Багинским и А.Г. Костенко в 1978 г., и Сортиментные таблицы для сосны, ели, дуба, граба, березы, осины и ольхи черной, разработанные Ф.П. Моисеенко в 1972 г.

Обработка материалов сплошного перечета и круговых площадок постоянного радиуса

Количество деревьев на лесосеке (делянке) по породам, ступеням толщины и категориям технической годности из ведомости перечета согласно записывается в формы входной информации АРМ «Лесопользование».

На основании обмеров высот деревьев, приведенных в ведомости перечета, для преобладающей породы вычисляются средние арифметические высоты по каждой из трех центральных ступеней толщины, а для остальных составляющих пород - по средней ступени толщины. По соотношению высот и диаметров определяется разряд высот каждой ступени толщины. Средний разряд по породе устанавливается как среднеарифметический из разрядов по ступеням толщины.

В сложных и разновозрастных древостоях, когда перечет деревьев производится по ярусам или возрастным поколениям, разряды высот определяются также по ярусам или по возрастным поколениям. Выделение яруса или возрастного поколения производится по материалам лесоустройства или по нормативам лесной таксации.

Общий запас, выход деловой древесины по категориям крупности, дров определяется по каждой лесосеке (делянке) и породе по сортиментным таблицам. Объем вершин, ликвида из кроны, пней определяется отдельно при условии их реализации.

При обработке материалов перечета на круговых площадках постоянного радиуса материальная оценка древесины на круговых площадках производится так же, как при сплошном перечете. Для перехода от площади перечета к площади лесосеки (делянки) вычисляется переводной коэффициент (с округлением до 0,01), который определяется делением эксплуатационной площади выдела (без площади семенных групп) на площадь перечета. Итоги по каждой породе перемножаются на переводной коэффициент и таким образом вычисляются объемы по всем показателям для лесосеки (делянки) в целом. До проведения денежной оценки из объемов по делянке исключается запас оставляемых семенников и деревьев в семенных группах.

На лесосеках с учетом древесины, отпускаемой на корню, по числу деревьев, назначенных в рубку (по пням), выбираемый запас древесины определяется по данным перечета назначенных в рубку деревьев.

Обработка материалов лесоустройства

Материальная оценка лесосек с использованием материалов лесоустройства производится по:

а) данным таксационных описаний Проекта организации и ведения лесного хозяйства лесхоза, с составлением Ведомости таксации и материально-денежной оценки лесосеки по материалам лесоустройства с последующей обработкой информации на АРМ «Лесопользование»;

б) данным круговых реласкопических площадок. Полученные данные отдельно по каждой лесосеке (делянке, выделу) и по каждой площадке заносятся в «Ведомость таксации и материально-денежной оценки лесосек круговыми реласкопическими площадками». Обработка данных производится по специальной компьютерной программе в составе АРМ «Лесопользование».

Обработка пробных площадей

Результаты обработки данных пробной площади, оформляются актом, в котором переводятся на 1 га и на всю лесосеку. Материально-денежная оценка может проводиться и вручную с использованием сортиментных и товарных таблиц.

Требования к точности. Контроль качества работ по отводу и таксации лесосек

Контроль качества работ по отводу и таксации лесосек производится как в процессе их выполнения, так и после окончания. В результате контроля устанавливаются:

– объем подготовленных объектов для проведения различных видов рубок леса, их соответствия расчетной лесосеки и установленным заданиям;

– соответствие установленным возрастам и правилам рубок;

– методам таксации лесосеки;

– качество натуральных работ и технического оформления материалов отвода;

– обоснованность применения нормативно-справочных материалов (сортиментных и товарных таблиц и др.).

Проверка работ по отводу и таксации лесосек производится лесхозами до начала рубок с контрольным пересчетом деревьев в присутствии представителя лесничества по каждому виду рубок не менее

чем на 3% по площади и не менее чем на 3-х лесосеках в каждом лесничестве.

Территориальные органы лесного хозяйства осуществляют постоянный контроль за сроками, объемами и качеством отвода и таксации лесосек, а также за точностью учета и отпуска заготовленных лесоматериалов с промежуточных складов.

По результатам проверки составляется акт согласно приложению Т.

Работа по отводу и таксации лесосек признается неудовлетворительной в следующих случаях:

при отводе лесосек с нарушением установленных возрастов или Правил рубок леса;

– при расхождении данных сплошного перечета с данными проверки по общему запасу и деловой древесины по каждой породе более чем на 10%;

– при расхождении данных отбора деревьев в рубку (неправильно назначенных и неправильно оставленных на несплошных рубках, рубках ухода за лесом, выборочных санитарных рубках) с данными проверки более чем на 10% к общему числу подлежащих рубке деревьев и по запасу;

– при ошибке эксплуатационной площади делянки более чем на 2%;

– при неудовлетворительном оформлении отведенных лесосек в натуре (неясность границ, отсутствие столбов и др.).

При обнаружении ошибок при отводе, таксации, материальной или денежной оценке, в материалы лесхозом (лесничеством) вносятся необходимые исправления.

Документация по лесосечному фонду

Документация по лесосечному фонду, отводу и таксации лесосек, включает:

1. План отвода лесосек (на очередной год) рисунок 88.
2. Акт проверки точности таксации выделов при лесоустройстве (при необходимости).
3. Чертеж лесосек (делянок).
4. Ведомости перечета деревьев, назначенных в рубку.
5. Ведомость таксации и закладки круговых реласкопических площадок.

6. Акт отвода лесосеки и закладки пробной площадки под рубки ухода за лесом.
7. Книга расхода леса.
8. Ведомость материально-денежной оценки лесосеки.
9. Акт проверки отвода лесосек.
10. Ведомость очередной годичной лесосеки (приложение У).
11. Акт предварительной передачи лесосечного фонда.
12. Ведомость таксации и материально-денежной оценки по материалам лесоустройства согласно приложению С.

Указанные документы (кроме «Ведомости перечета деревьев») составляются в двух экземплярах, один экземпляр которых хранится в лесничестве, другой передается лесхозу.

Лесхозы ежегодно до 1 июля представляют своей вышестоящей организации сводную ведомость очередной годичной лесосеки, а также «Отчет по товарной и сортиментной структуре лесосечного фонда» на очередной год, формируемые в автоматизированном режиме в АРМ «Лесопользование».

На планшеты и в таксационные описания в лесхозе и в лесничествах вносятся записи в соответствии с действующими указаниями.

Книга расхода леса ведется в лесхозе.

Предварительная передача лесосечного фонда по главному пользованию производится по акту в сроки, установленные Правилами отпуска древесины.

При внесении текущих изменений в лесном фонде данные отвода и таксации лесосек после их вырубki проверяются и вносятся в геоинформационную систему «Лесные ресурсы» в соответствии с инструкцией пользователя.

УТВЕРЖДАЮ

Директор _____ лесхоза

_____ (_____)

подпись Ф.И.О.

« ____ » _____ 20__ г.

План отвода лесосек на _____ год по _____ лесничеству _____ лесхоза

Группа лесов	Номер квартала	Номер выдела	Главная порода	Способ рубки	Подлежит отводу			Примечание
					Площадь, га	Запас		
						Общий, м ³	в т.ч. ликвид, м ³	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1. Рубки главного пользования								
2. Рубки промежуточного пользования								
3. Прочие рубки								

Составил лесничий _____ (_____)
Подпись
Фамилия, И.О.

Рис. 88. План лесосек

Правила отпуска древесины в Беларуси

Обеспечение потребителей республики лесоматериалами

Целью развития торговли лесопродукцией является повышение конкурентоспособности и обеспечение полного сбыта древесной продукции лесного хозяйства Беларуси, создание благоприятных экономических условий для устойчивого развития и эффективного функционирования лесохозяйственных и дерево обрабатывающих предприятий республики.

Основным направлением деятельности Минлесхоза должно быть создание условий для обеспечения древесным сырьем высокотехнологичных деревообрабатывающих производств внутри республики, с привлечением ресурсов древесины всех лесофондодержателей, а также удовлетворение потребностей в древесине и продукции ее первичной переработки на региональном и местном уровне для обеспечения выполнения государственных программ и местных нужд.

В целях максимального удовлетворения потребности в древесине и создания равных условий для всех субъектов хозяйствования в республике предполагается поэтапный переход к реализации лесопродукции на рыночных условиях всем потребителям. Механизмом реализации рыночных форм продаж является созданная в Республике Беларусь ОАО "Белорусская универсальная товарная биржа". Миную биржевые торги, целесообразно осуществлять реализацию древесины в заготовленном виде только для обеспечения государственных программ и мероприятий, финансируемых из средств республиканского и местных бюджетов, а также для удовлетворения местных нужд.

В 2007 и последующих годах сохранится порядок реализации древесины потребителям республики по двум формам - отпуск древесины на корню и реализация ее в заготовленном виде.

ОТПУСК ДРЕВЕСИНЫ НА КОРНЮ

Начиная с 2007 года предусмотрен рыночный механизм формирования таксовых цен при отпуске древесины на корню. Таксы на древесину отпускаемую на корню, будут определяться ежегодно как разность между котировками на древесину в заготовленном виде, сложившимися по результатам биржевых торгов ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа» за двенадцать месяцев, предшест-

вующих 1 ноября года определения такс, и нормативными затратами лесозаготовителей и прибылью в размере не более двадцати процентов и утверждаться постановлением Правительства. Это позволит определить реальную стоимость древесины с учетом спроса и предложения и выровнять ее окончательную стоимость для всех потребителей, независимо по какой форме покупалась древесина, на корню или в заготовленном виде.

В целях обеспечения гарантированными объемами древесины на корню на длительный срок (5 лет) предусматривается сохранить для организаций, имеющих деревообрабатывающие производства с наибольшей глубиной переработки древесины, ее отпуск, минуя биржевые торги, а также для юридических, физических лиц и индивидуальных предпринимателей для заготовки дров и организаций, производящих уход за линейными объектами и осуществляющих строительство и текущее содержание объектов при разведке месторождений полезных ископаемых, расположенных на участках лесного фонда.

Минуя биржевые торги, отпуск древесины на корню по таксовой стоимости будет осуществляться:

- юридическим лицам, ведущим лесное хозяйство;
- организациям концерна "Беллесбумпром";
- облисполкомам (для организаций и физических лиц, осуществляющих строительство жилых домов в сельской местности);
- юридическим лицам на основании решений Правительства по согласованию с Президентом Республики Беларусь с использованием заготовленной ими древесины в целях собственного производства и (или) потребления;
- юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим проведение рубок промежуточного пользования и прочих рубок с использованием заготовленной ими древесины в целях собственного производства и (или) потребления;
- сельскохозяйственным организациям (включая крестьянские (фермерские) хозяйства), организациям, финансируемым за счет средств бюджета, топливоснабжающим организациям (включая организации жилищно-коммунального хозяйства), индивидуальным предпринимателям для заготовки дров;
- организациям, осуществляющим строительство и текущее содержание объектов на участках лесного фонда при разведке месторождений и добыче полезных ископаемых и линейных объектов (трассы ЛЭП, трубопроводы и другие);

– физическим лицам для восстановления принадлежащих им жилых домов и надворных построек, уничтоженных или поврежденных в результате пожаров или стихийных бедствий, по решению рай (гор) – исполкомов – до 50 куб. метров деловой древесины;

юридическим, физическим Тгицам и индивидуальным предпринимателям для уборки ветровальных деревьев, сухостойных и захламленности до 5 куб. метров деловой древесины с использованием заготовленной древесины в целях собственного производства и (или) потребления.

– физическим лицам, осуществляющим заготовку дров для собственного потребления.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществившие покупку древесины на корню на биржевых торгах ОАО "Белорусская универсальная товарная биржа", покупку древесины будут осуществлять по ценам, устанавливаемым по соглашению между сторонами биржевой сделки.

Планирование отпуска древесины на корню из лесосечного фонда для заготовки древесины (кроме заготовки дров) на очередной год осуществляется на основании заявок лесопользователей.

Заявки подаются юридическими лицами (кроме организаций концерна "Беллесбумпром") в райисполкомы до 1 июля года, предшествующего отпуску древесины. Организации концерна "Беллесбумпром" подают заявки в указанный концерн и соответствующие территориальные органы Минлесхоза.

Райисполкомы представляют в облисполкомы проекты отпуска лесопользователям древесины на корню из лесосечного фонда на очередной год до 15 июля года, предшествующего отпуску древесины.

Облисполкомы после совместного рассмотрения с территориальными органами Минлесхоза поступивших из райисполкомов проектов отпуска древесины на корню из лесосечного фонда на очередной год и концерн "Беллесбумпром" представляют свои предложения в Минлесхоз до 1 августа года, предшествующего отпуску древесины на корню.

Минлесхоз на основе поступивших материалов готовит предложения по размерам лесосечного фонда и лесопользователям и направляет их в Министерство экономики до 1 сентября года, предшествующего отпуску древесины на корню.

Минэкономики рассматривает представленные Минлесхозом предложения об использовании лесосечного фонда в очередном году

и ежегодно до 1 октября года, предшествующего отпуску древесины на корню, вносит в установленном законодательством порядке на утверждение в Правительство проект нормативного правового акта о размере лесосечного фонда, предусмотрев в нем выделение его в установленном законодательством порядке республиканским органам государственного управления и иным государственными организациями, подчиненным Правительству Республики Беларусь, организациям концерна "Беллесбумпром", Управлению делами Президента Республики Беларусь, облисполкомам и Минскому горисполкому и другим юридическим лицам.

Отпуск древесины на корню юридическим, физическим лицам и индивидуальным предпринимателям для заготовки дров, уборки ветровальных, сухостойных деревьев и захламленности производится юридическими лицами, ведущими лесное хозяйство, на основании поданных заявлений.

Таблица 85

ОБЪЕМ ОТПУСКА ДРЕВЕСИНЫ НА КОРНЮ В 2007-2011 ГОДАХ

(млн. куб. метров)

Главное пользование (лесосечный фонд)					Промежуточное пользование	Прочие рубки
Годы	Лесосечный фонд	Отпуск древесины на корню сторонним организациям	Для заготовки и реализации в заготовленном виде	Реализация на биржевых торгах	Годы	Минлесхоз реализация в заготовленном виде
2007	6,7	4,1	2,0	0,6	2007	5,6
2008	6,8	3,3	2,3	1,2	2008	5,7
2009	7,2	2,6	2,7	1,9	2009	5,8
2010	7,7	2,1	3,1	2,5	2010	5,9
2011	8,1	1,7	3,4	3,0	2011	6,0

Начиная с 2008 года объем отпуска древесины на корню по тактовой стоимости для всех лесопользователей, за исключением юридических лиц, ведущих лесное хозяйство, ежегодно уменьшается не менее чем на 20 процентов от фактического отпуска древесины на корню предыдущего года пропорционально по всем группам пород в целях увеличения объемов реализации древесины на корню и в заготовленном

ном виде на биржевых торгах ОАО "Белорусская универсальная товарная биржа".

Объем отпуска древесины на корню в республике в 2007 году из всех видов рубок составит 12,3 млн. куб. метров ликвидной древесины, в том числе реализация по таксовой стоимости - 11,7 млн. куб. метров и на биржевых торгах - 0,6 млн. куб. метров. К 2011 году отпуск древесины на корню составит 14,1 млн. куб. метров и ее продажа по таксовой стоимости сократится за счет увеличения реализации древесины на корню. В 2011 году реализация по таксовой стоимости древесины на корню составит 11,1 млн. куб. метров и на биржевых торгах - 3 млн. куб. метров (табл. 85).

РЕАЛИЗАЦИЯ В ЗАГОТОВЛЕННОМ ВИДЕ

На биржевые торги выставляются объемы древесины в заготовленном виде, предназначенные, для продажи, за исключением ресурсов, выделенных Правительством для реализации по заявкам. Весь указанный объем древесины выставляется на биржевые торги в декабре года, предшествующего году реализации.

Обеспечение потребителей, минуя биржевые торги, осуществляется только для государственных программ и удовлетворения местных нужд путем реализации древесины в заготовленном виде по заявкам потребителей. Под обеспечением выполнения государственных программ подразумеваются ресурсы, направляемые на реализацию программ создания агрогородков, программы обеспечения занятости осужденных, отбывающих наказание в исправительных учреждениях системы МВД, программы строительства жилья, госзаказ и другие. В целях подтверждения обоснованности заявок потребителей, желающих приобрести древесину в заготовленном виде, предусмотрена процедура подачи заявок в райисполкомы организациями на очередной год, начиная с сентября текущего года. Для физических лиц райисполкомы резервируют фонд с учетом анализа объемов реализации за предшествующие годы. Сводные заявки с указанием заявителей либо групп заявителей райисполкомы подают в облисполкомы и Минский горисполком с обоснованием запрашиваемых объемов. Облисполкомы и Минский горисполком на основании планов мероприятий по выполнению государственных программ и объемов потребления древесины в заготовленном виде на местные нужды за предшествующий год формируют сводные по области и г. Минску заявки с учетом дей-

ствующих строительных нормативов. Заявки направляют в Минлесхоз. Минлесхоз на основании сводного баланса заготовки древесины на очередной год и полученного от Минэкономики баланса потребления древесины в заготовленном виде за отчетный год и прогнозного на очередной год готовит решение Правительства : по выделению древесины в заготовленном виде облисполкомам и Минскомуторисполкому. Выделенные Правительством ресурсы, не превышающие 15 процентов от объема планируемой заготовки деловой древесины предприятиями Минлесхоза, далее распределяются облисполкомами и Минским горисполкомом по райисполкомам и далее по организациям. На основании указанного распределения Минлесхозом производится прикрепление лесхозов, обеспечивающих отпуск древесины в соответствии с нарядами райисполкомов.

Цены на древесину в заготовленном виде начиная с 2007 года формируются на основании биржевых котировок и утверждаются Минэкономики.

Данные меры позволят создать единые условия ценообразования всем юридическим лицам, осуществляющим переработку древесины с учетом складывающегося спроса и предложения, экономические предпосылки для низкоэффективных деревообрабатывающих производств и стимулировать модернизацию и техническое перевооружение перспективных предприятий в целях выпуска высоколиквидной продукции из древесины как на внутреннем рынке, так и для экспорта.

Для повышения эффективности использования ресурсов древесины, имеющихся в республике, отдельно должна решаться задача увеличения переработки древесины мягколиственных пород, и в первую очередь, низкосортной и мелкой древесины.

Лекция 16. Прирост и производительность насаждений. Классификация прироста деревьев и древостоев

В насаждениях происходит два противоположных процесса: 1) естественный прирост растущих деревьев по диаметру, высоте и объему ствола; 2) естественный отпад усохших деревьев, ветровал растущих деревьев, рубки леса.

Естественный отпад по запасу в древостое за « n » лет равен:

$$M_o^n = \Sigma V_c + \Sigma V_b + \Sigma V_o,$$

M_o^n – естественный отпад по запасу древостоя, m^3 ; $\Sigma V_c + \Sigma V_b + \Sigma V_o$ – сумма объемов стволов соответственно сухостойных, вырубленных и отпавших деревьев в древостое за « n » лет m^3 .

Тогда абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя равен:

$$Z_m^n = M_A - M_{A-n} + M_o^n,$$

где: Z_m^n абсолютный текущий периодический прирост по запасу древостоя, m^3 ; M_A – запас растущих деревьев (наличный запас) в древостое в возрасте A лет (в момент таксации), m^3 ; M_{A-n} – запас растущих деревьев древостоя « n » лет тому назад, m^3 .

Таким образом, необходимо изучить способы таксации прироста деревьев, древостоев, совокупности насаждений лесничества, лесхоза и в целом по республике.

Различают текущий и средний приросты. Текущий прирост представляет разность абсолютных значений любого таксационного показателя дерева или древостоя за определенный текущий период времени. Различают годичный текущий прирост (Z_m^1), периодический текущий прирост (Z_m^n) и среднепериодический текущий прирост ($\overline{Z_m^n}$) в среднем за период « n » лет [2, 17, 18].

Средний прирост ($\overline{Z_m}$) выражает величину среднеарифметического годового прироста дерева или древостоя за весь период роста (A , лет) до момента таксации.

Классификация прироста.

Текущий	Средний
---------	---------

<p>1) годичный по объему ствола</p> $Z_v^1 = V_a - V_{a-1}$ <p>по запасу древостоя</p> $Z_m^1 = M_A - M_{A-1} + M_o^1$ <p>2) периодический</p> $Z_v^n = V_a - V_{a-n}$ <p>3) среднепериодический</p> $\overline{Z}_v^n = V_a - V_{a-n} / n$ $\overline{Z}_m^n = \frac{M_A - M_{A-n} + M_o^n}{n}$	<p>по объему ствола</p> $\overline{Z}_v = \frac{V}{a}$ <p>по запасу древостоя</p> $\overline{Z}_m = \frac{M_A + \sum M_o}{A}$
--	---

Способы определения абсолютного прироста деревьев по таксационным признакам

Абсолютный прирост деревьев (текущий и средний) может быть вычислен для каждого таксационного показателя. Рассмотрим способы определения его для основных показателей, обуславливающих объем ствола, а также и самого объема, т.е. высоты H , диаметра d , площади сечений g и объема ствола v .

Периодический текущий прирост по высоте H за n лет определяют путем установления на стволе точки, где была величина ствола n лет назад. На срубленных стволах такую точку намечают ориентировочно. Затем в этом месте делают срез ствола, после чего считают число слоев на срезе; если их оказалось n , то точка выбрана правильно и отрезанная длина вершины представляет прирост за n лет. Если первый срез неудачен, то срезы продолжают делать выше и ниже до достижения поставленной задачи. На хвойных молодых стволах с этой целью отсчитывают n мутовок. Полученная длина вершинки представляет искомую величину прироста.

Определение текущего прироста по диаметру производится на различных высотах, но наибольшее значение представляет диаметр на высотах $1,3 \text{ м}$, $\frac{H}{2}$, а также посередине одномерных секций. Годичный текущий прирост по d выражается двойной шириной годичного слоя $Z_d^1 = 2i$, где i – средняя ширина годичного слоя, взятого по периферии ствола по двум или четырем радиусам.

Ввиду малой величины i и трудности ее измерения с требуемой точностью годичный прирост по диаметру вычисляют по методу периодического среднего прироста, допуская, что в течение небольшого периода времени (n лет) годичный текущий прирост есть величина постоянная. Практически измеряют ширину n годичных слоев по радиусу и полученную величину $\sum i$ делят на n , т.е. $i = \sum i : n$. Прирост по радиусу определяют приростным буравом.

Приростный бурав (рис. 75) применяют для измерения ширины годичных колец на стоящем дереве с целью определения интенсивности роста по диаметру и вычисления величины прироста древесины по объему.

Бурав представляет собой стальной полый цилиндр, на одном конце которого имеется винтообразная резьба, другой конец – четырехгранный. Наружная поверхность его цилиндрическая, а внутренняя коническая. На противоположный четырехгранный конец надета ручка, имеющая отверстие и представляющая полый цилиндр. Ручка одновременно является футляром для бурава. Третьей составной частью бурава является плоская зазубренная стальная пластинка (игла), оканчивающаяся с одной стороны зубцами.

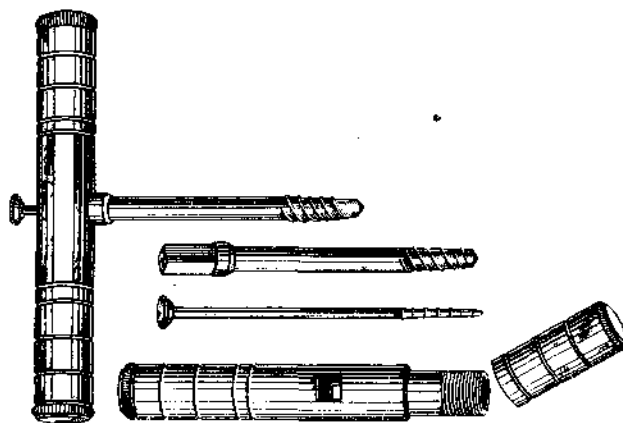


Рис. 75. Приростный бурав

При измерении прироста по диаметру ручку накладывают на бурав и ввинчивают его перпендикулярно оси дерева. По мере углубления бурава режущий его конец вырезает цилиндрический столбик древесины, который свободно перемещается внутрь цилиндра благодаря конической внутренней полости этого цилиндра.

После того как буров войдет в древесину на требуемую глубину, в его полость между внутренней стороной стенки и цилиндром древесины вставляют зазубренную на конце пластинку (иглу), обращенную зубцами к цилиндру срезанной древесины. Затем, не снимая иглы, осторожно поворачивают буров в обратную сторону и извлекают его из дерева вместе с цилиндром древесины. На вынутом цилиндре (керне) подсчитывают число слоев и для определения их толщины используют миллиметровые деления, нанесенные на внешней стороне пластинки.

Для взятия глубоких проб применяют возрастной буров, которым можно извлекать цилиндрики длиной до 20 см, что позволяет, помимо измерения прироста, устанавливать возраст деревьев, имеющих диаметры до 40 см.

Приростные бурава изготавливают из высококачественной стали, при этом нужно следить, чтобы конец бурава был хорошо заточен.

Наибольшее значение имеет определение периодического текущего прироста по диаметру. Для этого на стоящем или срубленном дереве при помощи приростного бурава высверливают по двум концам диаметра цилиндрики древесины, отсчитывают на них n слоев и измеряют ширину годичных колец (рис. 76), получая величины прироста по двум радиусам Δr_1 и Δr_2 ,

Прирост по диаметру составит

$$Z_d^n = D_a - d_{a-n}.$$

Отсюда, можно установить диаметр дерева n лет назад, т.е.

$$d_{a-n} = D_a - Z_d^n.$$

Для более точных исследований Z_d^n берут цилиндрики по концам четырех радиусов, в этом случае

$$Z_d^n = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2 + \Delta r_3 + \Delta r_4}{2}$$

Во всех случаях прирост диаметров измеряют без коры.

Периодический текущий прирост по площади сечения при диаметрах D в данный момент и n лет назад d представляет собой разность площадей сечений указанных диаметров, т. е.

$$Z_s^n = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \approx 0,785 (D^2 - d^2).$$

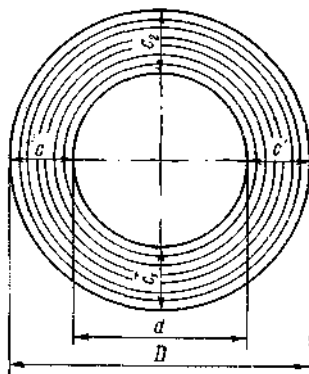


Рис. 76. Схема определения прироста по диаметру ствола за n лет.

Годичный текущий прирост по площади сечения устанавливают таким же способом.

Средний прирост по перечисленным таксационным показателям равен:

$$\overline{Z}_d = \frac{D}{a}$$

Определение текущего прироста по объему срубленного дерева

Наибольшее производственное значение имеет определение периодического текущего прироста дерева по объему.

В соответствии с общей схемой абсолютная величина периодического прироста по объему равна разности абсолютных величин объемов стволов в данный момент и n лет назад, т.е. объему той древесины, на которую увеличился объем ствола.

$$Z_v^n = v_a - v_{a-n}$$

Прирост по объему ствола срубленных деревьев определяют при помощи приближенных и точных методов. В первом случае объемы стволов вычисляют с использованием простых формул, во втором случае при помощи секционных, а также метода анализов хода роста деревьев.

Рассмотрим сначала приближенные методы, из которых простейшим является способ определения объемов срубленных деревьев по простой формуле срединного сечения. Техника применения этого способа показана на рис. 77.

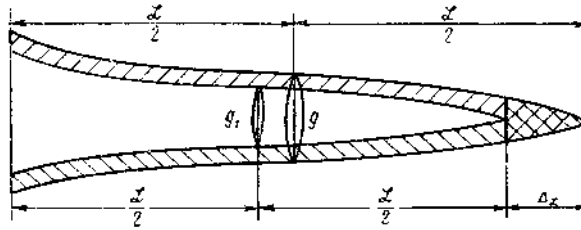


Рис. 77. Определение объемного прироста дерева по простой формуле срединного сечения

Последовательность измерений:

- 1) измеряют общую длину ствола L ;
- 2) измеряют прирост по длине за n лет Δ_L ;
- 3) устанавливают длину ствола n лет назад

$$L_1 = L - \Delta_z$$

- 4) измеряют диаметр ствола на $\frac{L}{2}$ а затем площадь сечения γ ;

5) таким же путем определяют γ_1 на середине L_1 по величине d_1 ствола n лет назад в этой точке, применяя равенство $d = D - Z_d^n$.

По результатам измерений периодический текущий прирост за n лет составит:

$$Z_v^n = V_a - V_{a-n} = \gamma L - \gamma_1 L_1$$

Проф. А.В. Тюрин предложил определять объемный прирост на срубленном стволе по способу боковой поверхности ствола S , вычисленной по диаметру d на половине высоты ствола L .

При этом дополнительно устанавливают при помощи приростного буравчика среднюю ширину n годовичных слоев.

Длина окружности при диаметре на высоте $\frac{L}{2}$ выразится через πd . Боковая поверхность параболоида, к форме которого приравнивается древесный ствол, будет равна $S = \pi d L$. Годичный текущий прирост по объему

$$\Delta_v = Si = \pi d Li = CLi ,$$

где C – длина окружности на высоте $\frac{L}{2}$.

Для наглядности величину Δ_v по методу можно представить в виде доски длиной L , шириной $\pi d = C$ и толщиной i .

Уточнить результаты объемного прироста срубленного ствола можно посредством разделения его на секции (три-четыре) одинаковой длины и вычисления прироста по каждой секции.

Суммируя полученные результаты, получим периодический текущий прирост Z_v^n за исследуемый период.

Определение текущего объемного прироста у срубленного ствола по секционным формулам

Для определения объема стволов в данный момент и n лет назад используют секционные формулы, особенно секционную формулу срединного сечения.

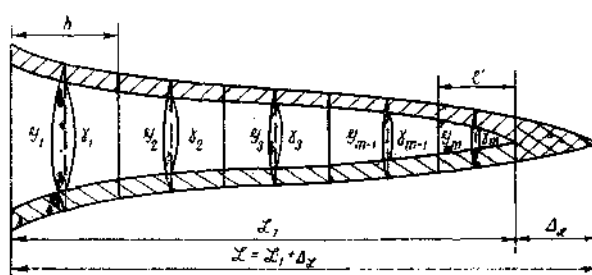


Рис. 78. Определение объемного текущего прироста ствола по секционной формуле срединного сечения

При этом длина секции l одного ствола принимается одинаковой, она зависит от длины ствола. Для крупных стволов обычно $l=2$ м. По мере уменьшения длины ствола секции могут иметь длину 0,5 и 1,0 м, а молодняк до 0,1 м. Общее число секций желательно иметь не менее 10, что позволит использовать для обработки материалов методы математической статистики.

Порядок измерений (рис. 78) следующий. Измеряют общую длину ствола L и устанавливают прирост по длине за n лет, равный Δ_L .

Высота ствола n лет назад $L_1=L - \Delta_L$ размечается от комля к вершине на секции одинаковой длины l , за исключением последней секции, длина которой l' может быть больше или меньше l . Посередине каждой секции измеряют диаметры в данный момент и приросты по диаметру за n лет и по ним вычисляют площади сечений, соответствующие данному моменту, $g_1, g_2, g_3, \dots, g_{m-1}$ и g_m и для периода n лет назад $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_{m-1}$ и γ_m .

Применяя секционную формулу срединного сечения, будем иметь объемы стволов:

в данный момент

$$v = l(g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_{m-1}) + g_m l' + v_{\text{верш}};$$

и n лет назад

$$v_n = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_{m-1}) + \gamma_m l'.$$

Разность приведенных величин $v - v_n = \Delta_v$ и составит текущий прирост по объему за n лет, т. е.

$$Z_v^n = l(g - \sum \gamma) + l'(g_m - \gamma_m) + v_{\text{верш}}.$$

Измерение диаметров стволов без коры производится по двум взаимно перпендикулярным направлениям (в миллиметрах), затем берется среднее значение. Для определения диаметров стволов n лет назад посередине секций прирост по диаметру измеряют по двум взаимно перпендикулярным радиусам.

Принимая ширину n годовых слоев как среднюю из приведенных измерений t и игнорируя разницу между l' и l , вычисляем объемный прирост по формуле

$$Z_v^n = St = \pi l t (d_1 + d_2 + \dots + d_m) + v_{\text{верш}}.$$

Для уточнения величины прироста по формуле берут средние диаметры для данного момента и n лет назад, т. е. $\frac{d + \delta}{2}$, так как расчеты по диаметру в данный момент приводят к некоторому преувеличению прироста.

Для определения текущего прироста срубленных деревьев могут быть использованы теоретические особенности нормальных видовых чисел f_n , т. е.,

$$Z_v^n = f_n (G_{0,1} L - g_{0,1} L_1),$$

где:

$G_{0,1}$ и $g_{0,1}$ – площади сечения на $0,1L$ соответственно теперь и n лет назад;

L и L_1 – длина ствола соответственно теперь и n лет назад.

Величина f_n может быть взята из литературных источников или получена при разработке взятых моделей на пробных площадях. Варьирование незначительно; коэффициент $w = 5 - 8\%$. Учитывая индивидуальную форму стволов, f_n может быть получено по уравнениям.

Определение текущего объемного прироста растущего дерева

Для определения текущего прироста растущего дерева используется способ видовых чисел. Из объема растущего дерева v вычитают объем его n лет назад, выраженный через формулу объема ствола растущего дерева, т.е. $v_n = gHf$.

Разность этих объемов и дает объемный прирост

$$Z_v^n = v_a - gHf .$$

Для старых деревьев с незначительными изменениями высоты и видовых чисел можно принять, что f в данный момент и n лет назад одинаково и может быть вычислено по формуле $v = gHf$, т.е. $f = \frac{v}{gH}$

или $Hf = \frac{v}{g}$.

Площадь сечения g дерева n лет назад получаем по диаметру дерева n лет назад, вычитая из него прирост в данный момент за n лет, т.е. $d = D - Z_v^n$.

Приравнявая $f = f_n$ и оставляя без изменения высоту дерева, получаем искомый прирост по объему растущего дерева

$$Z_v^n = v_a - gHf ,$$

где:

v_a и f – соответственно современный объем и видовое число;

g и H – то же бывшие n лет назад.

Если для определения объемного прироста растущих деревьев необходимо взять много моделей, то, как показали исследования проф. В.К. Захарова, в этих условиях целесообразно брать величину f из таблиц видовых чисел по высотам для соответствующей породы, а высоты h для периода n лет назад – из таблиц хода роста данной породы или по уравнениям связи диаметров, высот и видовых чисел.

Соотношение между текущим и средним приростами

В различные периоды жизни дерева величина текущего и среднего приростов по своей абсолютной величине различна, но эти изменения находятся в определенной зависимости. В первые годы жизни дерева объемный прирост незначителен. С увеличением возраста текущий и средний приросты возрастают, достигая максимальной величины в разное время, после чего величина их уменьшается.

Возьмем два момента времени с промежутком один год: a лет и $a+1$ лет.

Выражая объем ствола через произведение среднего прироста z_v на возраст a , имеем

$$v_{a+1} = z_{a+1}(a+1);$$

$$v_a = z_a a.$$

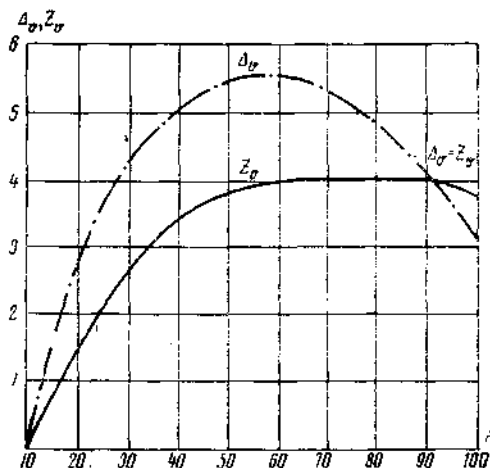


Рис. 79. График соотношений между текущим Δ_v и средним Z_v приростами стволов в насаждении

Разность приведенных выражений дает годичный текущий прирост по объему

$$Z_v^1 = \Delta_{a+1} = z_{a+1}a + z_{a+1} - z_a a,$$

преобразуя это равенство, получим

$$Z_v^1 = \Delta_{a+1} - z_{a+1} = a(z_{a+1} - z_a).$$

Это равенство характеризует соотношения между текущим и средним приростами по объему, оно может иметь три значения в зависимости от знака правой части формулы – плюса или минуса – отвечающие трем периодам роста дерева.

Первый период, когда $z_{a+1} > z_a$, т. е. средний прирост с увеличением возраста возрастает, в этом случае $\Delta_{a+1} > z_{a+1}$, т. е. текущий прирост также повышается и по своей абсолютной величине больше соответствующего среднего прироста.

Второй период $z_{a+1} = z_a$, т. е., несмотря на повышение возраста, средний прирост остался без изменения. В этом случае и текущий прирост равен своему среднему приросту. Этот момент характеризует

кульминацию среднего прироста, затем величина его начинает уменьшаться.

Третий период $z_{a+1} < z_a$, т. е. при данных условиях, несмотря на повышение возраста, текущий прирост также падает и по своей абсолютной величине меньше соответствующего среднего прироста.

Приведенные соотношения между текущим и средним приростами наглядно показаны на графике (рис. 79), где по оси абсцисс отложены возрасты деревьев, а по оси ординат – абсолютные значения Δ_v и z_v .

Пересечение кривых Δ_v и z_v соответствует возрасту количественной спелости деревьев и древостоев, что имеет большое значение в практике лесоустройства [1, 4].

Определение процента объемного прироста деревьев

Абсолютный текущий прирост отдельных деревьев представляет собой незначительную величину и не позволяет судить о росте дерева, а в отношении двух или нескольких деревьев затрудняет сопоставление сравнительной эффективности прироста. Ввиду сказанного, в лесной таксации широко применяется определение величины абсолютного прироста по объему в относительных показателях, т. е. в процентах.

По одной и той же абсолютной величине объемного прироста процент его может быть вычислен разными способами, а именно:

а) способ простых процентов

$$p_v = \frac{Z_v^n}{v_{a-n}} \cdot 100;$$

б) способ сложных процентов

$$p_v = 100^n \sqrt[n]{v_a : v_{a-n}} - 1;$$

в) способ Пресслера

$$p_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}}.$$

Непосредственно определить относительную величину текущего прироста или его процента, как отмечает проф. Г.М. Турский, невозможно, так как величина v_a характеризует состояние элемента для определенного момента времени, а текущий прирост дает характеристику для определенного периода времени, и сравнивать величины, не отнесенные к одному моменту времени, нельзя.

Если имеется истинный годичный прирост $Z_v^1 = v_a - v_{a-1}$, то, разумеется, можно говорить о том, на сколько процентов изменилась в течение данного года изучаемая величина. В этом случае $\frac{Z_v^1}{v_{a-1}} \cdot 100$ даст величину текущего прироста в данном году.

Имея дело с периодическим текущим приростом, предполагают, что изучаемая величина изменяется по закону простых процентов и что этот процент изменения для малого промежутка времени n есть величина постоянная, что в действительности не наблюдается. Несмотря на это, используемый способ простых процентов определяется из пропорции

$$p_v : 100 = \frac{v_a - v_{a-n}}{n} : v_{a-n},$$

откуда

$$p_v = \frac{100}{n} \cdot \frac{v_a - v_{a-n}}{v_{a-n}} = \frac{Z_v^n}{v_{a-n}} \cdot 100.$$

Получаемый процент справедлив только для одного года, если предполагать, что наращение идет по закону простых процентов; однако это не отвечает природе древесного прироста и не может служить мерой роста.

Если предположить, что на протяжении n лет изменение прироста происходит по закону процентов, то для определения процента объемного прироста более уместно было бы применять правила сложных процентов. В действительности, наращения по закону сложных процентов не происходит, так как сам процент на протяжении периода n лет оказывается различным, чего не должно быть по методу сложных процентов.

В результате сказанного, в практике лесной таксации для определения процента прироста преимущественно используется способ Пресслера.

Пресслер предложил использовать метод простых процентов текущего прироста, но при этом следует предполагать, что наращение происходит не на начальную величину v_{a-n} , а на среднюю арифметическую величину между начальными и конечными значениями элемента, т. е. на величину $\frac{v_a + v_{a-n}}{2}$. Тогда процент прироста определится из пропорции

$$\frac{v_a - v_{a-n}}{n} : \frac{v_a + v_{a-n}}{2} = p : 100,$$

откуда

$$p = \frac{200}{n} \cdot \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}}.$$

Эта формула имеет применение в лесной таксации и смежных дисциплинах и дает величины, близкие к истинному относительному приросту, так как можно допустить, что в середине периода величина годового прироста $Z_v^n = \frac{v_a + v_{a-n}}{2}$ и что исследуемый элемент в середине периода n лет имел среднеарифметическое значение, т. е. $\frac{v_a + v_{a-n}}{2}$.

Таким образом, здесь сравнивается текущий прирост и основной элемент, отнесенные как бы к одному моменту времени, что согласуется с теорией процентов.

Основой существующих методов являются соотношения между процентами приростов: по объему, площади сечения и диаметру дерева, т. е. $P_v ; p_g ; p_d$.

Из формулы объема ствола $v = ghf$ следует, что формирование объемного прироста происходит путем прироста перечисленных компонентов объема, т. е. g, h, f . Особое значение при этом придается приросту по диаметру благодаря легкости измерения его на стоящем дереве; прирост по высоте и форме hf или остается вне расчета или учитывается по индивидуальной его величине.

Поэтому особое значение приобретает соотношение $p_v : p_g : p_d$.

Если диаметр d за известный период увеличивается до величины D , то, обозначая процент прироста по d через p_d , получим пропорцию

$$d : D = 100 : (100 + p_d),$$

или, выражая диаметры через соответствующие площади сечений g и G , будем иметь

$$g : G = 100 : (100 + p_g).$$

Если возведем в квадрат члены пропорции и умножим первую его часть на $\frac{\pi}{4}$, то получим

$$\frac{\pi}{4} d^2 : \frac{\pi}{4} D^2 = 100^2 : (100 + p_d)^2,$$

или

$$g : G = 100 : \left[100 + 2p_d + \frac{p_d^2}{100} \right]$$

Отсюда

$$\frac{100}{100 + p_g} = \frac{100}{100 + 2p_d + \frac{p_d^2}{100}}$$

или

$$p_g = 2p_d + \frac{p_d^2}{100}$$

Так как величина $\frac{p_d^2}{100}$ по сравнению с первым членом $2p_d$ незначительна, то, оставляя ее вне расчета, получим

$$p_g = 2p_d$$

т. е. процент прироста по площади сечения равняется удвоенному проценту прироста по диаметру, отвечающему этой площади сечения, а следовательно,

$$p_v = p_g = 2p_d$$

Рассмотренный случай имеет место при отсутствии прироста по высоте и видовому числу, а следовательно, и по видовой высоте Hf .

Разберем второй случай. Предполагая изменение приростов по диаметру, высоте и видовому числу, можно написать

$$p_v = p_g + p_h + p_f = p_g + p_{hf}$$

так как $p_g = 2p_d$, то

$$p_v = 2p_d + p_{hf}$$

Этот случай имеет наибольшую встречаемость в исследованиях прироста.

Рассмотрим третий случай, когда дерево, помимо прироста по диаметру, имеет прирост по H и f , причем прирост по видовой высоте Hf пропорционален приросту по площади сечения.

В данном случае объемы стволов будут относиться уже как кубы диаметров, т. е.

$$v_a : v_{a-n} = d_1^3 : d_2^3$$

Применяя прием, использованный для первого случая, получим отношения

$$v_a : v_{a-n} = 100^3 : \left(100 + p_d \right)^3$$

Преобразовав данное выражение, как и в первом случае, без двух последних чисел будем иметь

$$p_v = 3p_d$$

т. е. процент прироста по объему древесного ствола равняется при некотором допущении тройному проценту прироста по диаметру на высоте 1,3 м.

Вполне понятно, что между рассмотренными двумя последними случаями будем иметь целый ряд промежуточных значений прироста, поэтому проф. Г.М. Турский предложил для всех случаев производить расчет прироста по формуле общего вида

$$p_v = 3p_d$$

Для определения коэффициента k проф. Г.М. Турский предложил исходить из показательного уравнения, характеризующего энергию роста по высоте,

$$\frac{h}{H} = \left(\frac{d}{D} \right)^k.$$

В этом уравнении k характеризует зависимость между ростом в высоту и по диаметру и может служить критерием роста древесного ствола. Если $k = 0$, то $h : H = 1$, т. е. $h = H$, что наблюдается при отсутствии прироста в высоту.

Если $k = 1$, то $h : H = d : D$, что наблюдается при росте в высоту, пропорциональном росту по d ; такой рост называют нормальным, характеризующим идеальное развитие ствола с сохранением подобия формы.

В случае превышения прироста по высоте по отношению прироста по d значение $k > 1$.

Логарифмируя выражение, получим значение величины k

$$\lg h - \lg H = k (\lg d - \lg D),$$

откуда

$$k = \frac{\lg h - \lg H}{\lg d - \lg D}.$$

Значение k изменяется практически в пределах от 0 до 1,3. По мнению проф. Г.М. Турского, величина k довольно хорошо определяется глазомерно.

Определение процента текущего прироста по Г.М. Турскому
 Формула по коэффициенту пропорциональности k проф. Г.М. Турского следующая:

$$p_v = \left(\frac{h}{H} \right)^3 p_d = \left(\frac{d}{D} \right)^{3k} p_d = \left(\frac{d}{D} \right)^{3k} \cdot \frac{200}{n} \cdot \frac{D-d}{D+d}.$$

В табл. 66 приведены данные для нахождения k .

ТАБЛИЦА 66

Определение текущего прироста (по Г. М. Турскому)

Энергия роста в высоту				
прирост отсутствует	слабый	умеренный	хороший	очень хороший
$k = 0$	$k = 0,4$	$k = 0,7$	$k = 1$	$k = 1,3$
$k + 2$	$k + 2 = 2,4$	$k + 2 = 2,7$	$k + 2 = 3$	$k + 2 = 3,3$
$p_v = (k+2)p_d$	$p_v = 2,4 p_d$	$p_v = 2,7 p_d$	$p_v = 3 p_d$	$p_v = 3,3 p_d$

Если $D = 28,4$; за 10 лет $\Delta_d = 3,4$ см; $d = 28,4 - 3,4 = 25$ см, тогда

$$p_v = 3 \cdot \frac{200}{10} \cdot \frac{3,4}{28,4 + 25} = \frac{204,0}{53,4} = 3,8\%$$

Определение процента текущего прироста по диаметру и числу годовичных слоев в единице измерения диаметра (способ Шнейдера)

Для деревьев, прекративших свой рост в высоту, как уже было указано

$$p_v = p_g = 2p_d.$$

Выражая Δ_d через радиус r , будем иметь

$$p_d = \frac{2\Delta_r \cdot 100}{D} = \frac{200\Delta_r}{D},$$

где Δ_r – годичный прирост по радиусу.

Для двух p_d будем иметь

Прирост по радиусу Δ_r за один год, или ширину годовичного слоя, обычно обозначают через i .

Следовательно, последнее равенство можно переписать так:

$$p_v = 2p_d = \frac{400i}{D}.$$

Величина i получается средняя за исследуемый период времени (5–10 лет).

Полученная формула Шнейдера характеризует процент прироста по площади сечения, однако при использовании ее для деревьев с наличием прироста по высоте она будет давать преуменьшенные результаты.

Чтобы избежать этих погрешностей, в формуле коэффициенту при i придается значение переменной величины K (в зависимости от энергии прироста в высоту):

$$p_v = \frac{Ki}{D}.$$

Дифференцированное значение k можно получить, используя в формуле приведенные в табл. 67 значения k .

$$p_v = (k + 2) p_d.$$

При отсутствии прироста по высоте $k = 0$, в формуле в этом случае коэффициент $k = 400$. Следовательно, на одну единицу k приходится $\frac{400}{2} = 200$ ед. k .

Умножая 200 на значение $k + 2$ (табл. 67), получим следующие величины k для формулы

$$p_v = \frac{200(k + 2) i}{D} = \frac{ki}{D}.$$

Таблица 67

Энергия роста по H

Значение k	Прирост				
	отсутствует	слабый	умеренный	хороший	очень хороший
$k + 2 = 2 \dots$	2	2,4	2,7	3,0	3,3
$k = 200(k + 2)$	400	480	540	600	660

Если $D_{\sigma/k} = 28,4$; $i = 0,18$; рост хороший, то

$$p_v = \frac{600 \cdot 0,18}{28,4} = 3,8\%.$$

Таким образом, формула с использованием приведенных значений k может применяться для определения процента текущего прироста при различной энергии роста дерева по высоте.

Определение процента текущего прироста растущих деревьев по относительному диаметру (способ Пресслера)

Как уже отмечалось, при отсутствии прироста в высоту о приросте по объему судят на основе прироста по площади сечения или по диаметру, так как

$$p_v = p_g = 2p_d.$$

Процент прироста по площади сечения p_g можно выразить посредством формулы Пресслера, т.е.

$$p_g = \frac{200}{n} \cdot \frac{g - g_1}{g + g_1}.$$

Площади сечения относятся как квадраты соответствующих диаметров

$$g : g_1 = D^2 : d^2.$$

Подставляя полученные значения в формулу Пресслера, имеем

$$p_v = p_g = \frac{200}{n} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2}.$$

При включении в эту формулу абсолютной величины прироста по диаметру Δ_d за определенный период времени (например, за 5 или 10 лет), что вызывается производственными соображениями, вводится новое понятие – относительный диаметр r , который представляет собой отношение диаметра в данный момент D к его приросту Δ_d за n лет, т.е.

$$r = \frac{D}{\Delta_d},$$

откуда

$$D = \Delta_d r.$$

Выражая диаметр дерева n лет назад через диаметр в данный момент и величину r , имеем

$$d = D - \Delta_d = \Delta_d r - \Delta_d = \Delta_d \left(r - 1 \right).$$

Подставив полученные значения D и d , выраженные посредством относительного диаметра, в формулу Пресслера, получаем формулу для определения процента прироста по объему через относительный диаметр:

$$p_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{r^2 - \left(r - 1 \right)^2}{r^2 + \left(r - 1 \right)^2}.$$

Эту формулу можно использовать для определения процента прироста как срубленных, так и растущих деревьев с тем лишь различием, что в первом случае величина r устанавливается на половине высоты дерева, которое оно имело n лет назад; у растущих же деревьев относительный диаметр устанавливается на высоте 1,3 м.

Рассмотренный способ разработан при отсутствии прироста дерева в высоту, поэтому понятно, что эта формула будет давать уменьшенную величину прироста для деревьев, обладающих приростом по высоте.

Чтобы придать формуле универсальное значение, увеличивают показатель степени при r , который получает таким образом значение переменной величины x и, как показали опытные исследования, изменяется в пределах от 2 до $3^{1/3}$

В этом случае формула приобретает общий вид

$$p_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{r^x - (-1)^x}{r^x + (-1)^x}.$$

Для удобства пользования приведенной формулой Прессле-ром были составлены таблицы значений p_v для разных x , а именно 2, $2^{1/3}$, $2^{2/3}$, 3 и $3^{1/3}$, (т.е. для значений $k = 0, 1/3, 2/3; 1$ и $1^{1/3}$).

В натуре показатель степени x подбирают в зависимости от двух факторов: а) протяженности кроны (от вершины к основанию дерева); б) энергии роста в высоту, устанавливаемой глазомерно при помощи данных табл. 68.

ТАБЛИЦА 68

Величины показателей степени x в формуле Пресслера

Протяженность кроны (от вершины к основанию)	Слабый рост		Умеренный рост		Хороший рост	
	x	группа	x	группа	x	группа
Ниже $1/2 H \dots$	$2^{1/3}$	II	$2^{2/3}$	III	3	IV
Между $1/4 - 1/2 H$	$2^{1/2}$	II $^{1/2}$	$2^{5/6}$	III $^{1/2}$	3	IV $^{1/2}$
Меньше $1/4 H \dots$	$2^{2/3}$	III	3	IV	$3^{1/3}$	IV

К I группе, не включенной в таблицу, относятся деревья, прекратившие рост ($x = 2$). Группа III $^{1/2}$ означает, что надо взять величину среднюю между II и III группами.

В лесотаксационных справочниках приведены две вспомогательные таблицы для определения процента прироста деревьев по относительному диаметру, составленные на основании этой формулы, причем вместо показателей степени x приводятся группы, как это показано в табл. 69.

Одна таблица дана для определения p_v у растущих деревьев (группы II, III, IV и V), а другая (для одной группы) – у срубленных для показателя $x = 2$.

Краткая выдержка из таблицы для определения p_v на растущих деревьях приводится в табл. 69.

ТАБЛИЦА 69

Таблица Пресслера для определения p_v у растущих деревьев (выдержка)

Относительный диаметр, r	n – годичный процент прироста							
	Минувшего периода				Будущего периода			
	II	III	IV	V	II	III	IV	V
8,0	31	35	40	44	27	31	35	39
8,1	31	35	39	44	27	31	35	39
8,2	30	34	39	43	27	30	34	38
8,3	30	34	38	43	26	30	34	38
8,4	29	34	38	42	26	30	33	37

Если диаметр на высоте груди 28,4 см; $\Delta_d = 3,4$ см (за десятилетний период); $r=28,4 : 3,4 = 8,3$; кроны между $1/4$ и $1/2H$; рост хороший; группа $IV^{1/2}$, то

$$p_v = \frac{3,8 + 4,3}{2} = 4,1\% .$$

Для будущего периода

$$p_v = \frac{3,4 + 3,8}{2} = 3,6 .$$

Связь показателей степени x с коэффициентами $(k + 2)$ в формуле Г.М. Турского

$$p_v = \epsilon + 2 \bar{p}_d .$$

При одной и той же теоретической основе взаимосвязи процента прироста по объему p_v с величинами p_g и p_d , с одной стороны, и показателями степени x , с другой, представляется возможным представить в следующем виде:

x	2	$2^{1/3}$	$2^{1/2}$	$2^{2/3}$	$2^{5/6}$	3	$3^{1/6}$	$3^{1/3}$
k	0	$1/3$	$1/2$	$2/3$	$5/6$	1	$1^{1/6}$	$1^{1/3}$
$k + 2$		$2^{1/3}$	$2^{1/2}$	$2^{2/3}$	$2^{5/6}$	3	$3^{1/6}$	$3^{1/3}$

k 400 450 500 550 575 600 625 675

т.е. $K = 200x$

Располагая приведенным рядом показателей, можно вычислить более дифференцированные значения коэффициента K для формулы $p_v = \frac{Ki}{D}$ с учетом, что на единицу k приходится 200 единиц коэффициента K , которые связаны с протяженностью кроны и энергией роста.

Умножая 200 на $(k + 2)$, получаем значения K , соответственно изменяющимся показателям степени x . Результаты таких вычислений с некоторым округлением приводятся в табл. 70.

ТАБЛИЦА 70 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА K ПО ФОРМУЛЕ ШНЕЙДЕРА

Протяжение кроны	Значение коэффициента K в формуле $p_v = Ki : D$, если рост в высоту					
	прекратился	слабый	умеренный	хороший	Очень хороший	выдающийся
Ниже $\frac{1}{2}H...$	400	470	530	600	670	730
Между $\frac{1}{4} : \frac{1}{2}H$	400	500	570	630	700	770
Меньше $\frac{1}{4} H...$	400	530	600	670	730	800

Для устранения погрешностей от субъективной оценки энергии прироста в высоту М. Л. Дворецкий предложил следующие придержки, полученные им при опытной проверке точности способов Шнейдера и Пресслера для стволов сосны, дуба, липы, осокоря, всего 401 ствол (табл. 71).

Формула $p_v = (k + 2)p_d$ получила дальнейшую разработку со стороны советских специалистов в отношении множителя $(k + 2)$.

ТАБЛИЦА 71

Придержки для оценки энергии роста по высоте

Порода	Прирост дерева по высоте за 10 лет, м, при энергии роста
--------	--

	слабой	умеренной	хорошей	очень хорошей
Светолюбивая I–III бонитета: за 10 лет за 1 год	до 1 до 0,1	1,1–2,9 0,11–0,29	3–4 0,3–0,4	4–5 0,4–0,5
Теневыносливая всех бонитетов и светолюбивая IV–V бонитета: за 10 лет за 1 год	до 0,5 до 0,05	0,5–1,9 0,05–0,19	2–3 0,2–0,3	– –

М.Л. Дворецкий придал этому равенству следующий вид:

$$p_v = 2C + 0,7 \bar{p}_d$$

Приведенный множитель при p_d , заменяет коэффициент k в рассмотренных выше формулах.

В формуле Дворецкого коэффициент C означает отношение прироста по диаметру на $1/2$ бывшей n лет назад высоты дерева к приросту за то же число лет по диаметру на высоте груди. Следовательно,

$$C = \frac{\Delta_{d1/2} H}{\Delta_{d1,3}}$$

по существу сводится к сопоставлению средней ширины годичного слоя на указанных высотах.

По исследованию М.Л. Дворецкого установлено, что формулы Пресслера и Шнейдера могут давать тем большие отклонения от истинной величины p_v , чем значительнее расхождения ширины годичного слоя на упомянутых высотах. Значение C в свою очередь находится в зависимости от протяженности кроны и энергии прироста по высоте.

У деревьев с высоко поднятой кроной и наименьшим ее протяжением ($p_{кр}$) наблюдаются более широкие слои в верхней части ствола, чем на высоте груди. В этом случае значение C может составить 1,65, а выражение $2C+0.7$ будет равно $2 \cdot 1,65 + 0,7 = 4$, следовательно, $p_v = 4p_d$.

Наоборот, у деревьев с низко опущенной кроной ширина годичного слоя на высоте 1,3 м больше аналогичной величины в верхней части ствола. При значении $C = 0,65$ формула М.Л. Дворецкого примет вид $p_v = 2p_d$. Имеются также промежуточные значения C между приведенными данными.

Применение формулы М.Л. Дворецкого для срубленных стволов обеспечивает хорошие результаты при установлении текущего объемного прироста [18].

Проф. П.В. Воропанов придает формуле М.Л. Дворецкого вид $p_v = xp_d$, где x – переменная величина, которая обусловлена формой и строением крон, а также классом роста и развития дерева по классификации, разработанной автором, на основе учета физиологической разнокачественности деревьев в одновозрастном насаждении, обусловленной разными условиями внешней среды.



Рис. 80. Вспомогательная таблица для определения категории дерева по форме кроны по соотношению абсолютного среднего Lh^{cp} , и текущего $Lh^{тек}$, приростов по высоте: 1, 2, 3, 4, 5, 6-й категорий деревьев; формы кроны, соответствующие категории дерева:

1 – плоская; 2 – шаровидная; 3 – кубический параболоид; 4 – параболоид 2-го порядка; 5 – конусовидная; 6 – стреловидная. Зависимости $Sh^{тек}$ от Sh^{cp} для категорий деревьев 1, 2, 3, 4, 5, 6-й соответственно составляют $1/4, 2/4, 3/4, 1, 0, 1^{1/4}, 1^{2/4}$.

Он разработал вспомогательную таблицу для значения x в зависимости от категорий деревьев по форме кроны (рис. 80), класса роста и развития деревьев (рис. 81), которая рекомендуется для использования при выборе величины x [17].

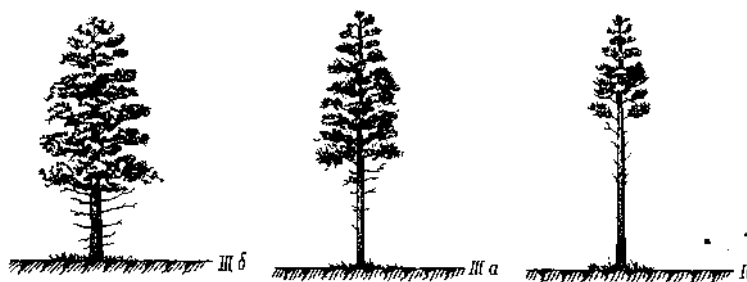


Рис. 81. Вспомогательная таблица для определения класса роста и развития дерева (из верхнего полога) по П. В. Воропанову

На рис. 81 приводятся три класса роста и развития: Шб, Ша и II, формирующие верхний полог насаждений, при этом деревья медленного, низкого развития (II класс) имеют наибольший показатель x .

При заостренной конусовидной форме кроны, что одновременно определяется также наибольшим соотношением текущего прироста по высоте Δ_h и среднего прироста по $H(Z_h)$, текущий прирост по высоте Δ_h составляет $12^{1/4}Z_h$, прирост по диаметру вверху ствола больше, чем по диаметру внизу. Наоборот, деревья среднего и высокого развития (классы Ша – Шб) имеют пониженное значение x . Значение x определяется по данным табл. 72.

ТАБЛИЦА 72

Значения x

Класс роста и развития древостоев	Величина x категории дерева по форме кроны					
	1	2	3	4	5	6
Шб	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7
Ша	2,15	2,50	2,85	3,15	3,50	3,85
II	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0

Если категория дерева по форме кроны 5, класс роста и развития Ша, $x = 3,5$, $d = 22,4$, $d_1 = 19,6$, $n = 10$, то

$$p_d = \frac{200}{10} \cdot \frac{22,4 - 19,6}{22,4 + 19,6} = 1,33;$$

$$p_v = 3,5 \times 1,33 = 4,65\% .$$

В приведенных исследованиях величины p_v на 70 деревьях разных пород и при сопоставлении полученных результатов с показателями формулы М. Л. Дворецкого проф. П. В. Воропанов установил равноценность обоих способов – показатель существенности $t < 3$.

Способ П. В. Воропанова позволяет установить p_v для растущих деревьев, а формула М. Л. Дворецкого – для срубленных.

Точность определения текущего прироста на срубленных и растущих деревьях

Точность результатов, полученных при исследовании прироста, обуславливается: 1) точностью определения объемов v_a и v_{a-n} с применением простых или секционных формул; 2) точностью измерения площадей сечения на срезах, причем самый точный способ – применение планиметров, а при использовании величин диаметров их измеряют без коры по двум взаимно перпендикулярным направлениям в миллиметрах с получением средних значений; 3) длиной секций и их числом.

Лучшие результаты получают при использовании секционных формул, по простым формула результаты весьма приближенные.

ТАБЛИЦА 73

Точность определения текущего прироста в зависимости от числа секций

Число секций	Длина секций, м	Ошибки, %		Колебание ошибок у отдельных стволов	
		систематические	среднеквадратические	от +	до –
21–33	1	+ 0,02	±1,26	3,3	3,1
10–16	2	– 0,62	±1,85	3,5	4,0
5–8	4	– 1,25	±2,74	7,8	8,4
1	–	– 1,10	±9,40	19,8	25,0

М.Л. Дворецкий приводит следующую таблицу точности определения текущего прироста по объему в процентах в зависимости от числа секций и их длины (табл. 73). Данные получены на основании исследования 36 стволов сосны из древостоев Ia бонитета, обмеренных по полуметровым секциям.

Приведенные данные также подтверждают возможность и целесообразность разбивки ствола на 10 равных секций. Поданным М. Л. Дворецкого, для определения процента прироста отдельного ствола с погрешностью $\pm 3\%$ нужно разметить стволы не менее как на 20 секций; при точности $\pm 5\%$ – на 10–16 секций; при точности $\pm 10\%$ – на 5–

8 секций. Для совокупности n деревьев погрешность уменьшается пропорционально \sqrt{n} .

Опытная проверка была повторена на 150 стволах сосны, срубленных в 10 древостоях Ia–I бонитетов в возрасте от 60 до 144 лет и обмеренных по 1-метровым секциям (табл. 74).

ТАБЛИЦА 74

Результаты опытной проверки определения текущего прироста в зависимости от числа секций

Процент ошибок	Число секций				
	10–15	5–8	4	3	2
Систематических	–1,0	–0,9	+0,5	–0,1	+0,7
	1,88	2,74	3,9	5,0	6,1
Среднеквадратических					
Колебания отдельных ошибок	от +5,0	10,5	12,4	15,3	18,3
	до –5,0	8,8	11,7	14,9	16,3

Если при числе секций 10–15 проценты ошибок для отдельных стволов не выходили за пределы $\pm 5\%$, то при трех секциях предел их колебаний достиг практически допустимого предела $\pm 15\%$. Значит, для определения абсолютной величины текущего объемного прироста замерять линейный прирост следует не менее чем в трех точках ствола.

Общим недостатком способов Пресслера, Шнейдера и Турского является субъективная оценка энергии роста деревьев в высоту, что обуславливает принятие того или иного коэффициента, влияющего на точность конечных результатов.

Коэффициент варьирования процентов текущего прироста деревьев по объему изменяется в пределах 25–35% и более, поэтому для получения точности в пределах $\pm 5\%$ потребовалось 40 наблюдений, что практически затруднительно. Для практических целей приходится довольствоваться точностью $\pm 10\%$ и в данном случае ограничиться 10–15 измерениями p_v .

Анализируя рассмотренные формулы определения текущего прироста растущих деревьев, необходимо отметить их методический недостаток: установленный на высоте 1,3 м прирост по $d_{1,3}$, а следовательно, и средняя ширина годичного слоя i на всем протяжении ствола

остается неизменной и равной ширине на высоте 1,3 м. Неправильно и частное приравнение i на высоте 1,3 м и $0,5H$.

По исследованиям кафедры лесной таксации БТИ, ширина годичного слоя i по 10 секциям стволов сосны и ели вдоль ствола выявила S-образный характер кривой, если откладывать на оси абсцисс относительные высоты, а на оси ординат величины i . М. Л. Дворецкий установил пять типичных форм кривой изменения ширины годичных слоев по длине ствола.

Если на таком графике провести линию, параллельную оси абсцисс, от точки ординат, отвечающей величине предварительно вычисленной средней ширины i , до пересечения с кривой и опустить перпендикуляр на ось абсцисс, то получим относительную высоту, отвечающую средней ширине годичного слоя i . Для сосны было получено $0,65H$, для ели $0,69H$.

В. В. Загребев в своих исследованиях установил зависимость ширины годичного слоя с относительными высотами и возрастом, выразив эту зависимость формулой

$$H_{от} = 0,421 + 0,00246A.$$

Им составлена вспомогательная таблица, по данным которой можно установить, на какой относительной высоте величина i является средней для всего ствола по возрастам от 30 до 120 лет.

Для этих же возрастов В.В. Загребев установил связь между

$$i_{cp} : i_{1,3} = K$$

откуда $i_{cp} = i_{1,3}K$ и выразил связь K с возрастом уравнением

$$K = 0,68 + \frac{33,7}{A}.$$

На основе этого уравнения получены следующие значения K по возрастам:

Возраст	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Значение K	1,75	1,47	1,30	1,19	1,11	1,05	1,01	0,97	0,94	0,91

Таким образом, лишь в возрасте 80–100 лет средняя ширина годичного слоя дерева близко совпадает с $i_{1,3}$. Для деревьев более молодых возрастов можно ожидать систематическую погрешность со знаком минус, если допускать равенство этих двух величин.

Исследование ширины годичных слоев по длине ствола представляет довольно сложную и недостаточно изученную задачу ввиду

многочисленности факторов внутренней и внешней среды, оказывающих влияние на изменчивость этой величины.

Установленные М. Л. Дворецким пять типичных форм ширины годовичных слоев по длине ствола свидетельствуют о сложности данного вопроса.

Исследования В. В. Загреева выявили определенные связи между $i_{\text{ср}}$ и $i_{1,3}$ и, кроме того, он вносит некоторое уточнение в определение p_v на растущих деревьях. Рассмотренный вопрос нуждается в дальнейших исследованиях.

Лекция 17. Таксация прироста древесного ствола

Рост и развитие деревьев различных пород в разные периоды их жизни обуславливаются их биологическими и экологическими особенностями и условиями среды их произрастания. Особое значение приобретает вмешательство хозяйственной деятельности человека: гидротехнические мелиорации, рубки ухода и т. п., а также влияние внешних факторов физико-климатического порядка, засуха или чрезмерно обильные осадки и, наконец, другие вредные влияния – нападение энто-фитовредителей, влияние пожаров и т. п.

Перечисленные факторы отражаются на изменении всех таксационных признаков дерева по периодам роста: по высоте, диаметру, площади сечения, объему, приросту и т. д.

С целью получения количественных показателей влияния перечисленных недостатков на рост дерева производится анализ хода роста дерева, для чего производится детальное исследование изменений таксационных признаков деревьев через определенные отрезки времени (5–10 лет) с оформлением полученных результатов в виде специального формуляра: «Анализ древесного ствола».

Проф. Добровлянский В. Я. дает следующее определение понятия анализа древесного ствола.

Анализ ствола можно назвать дешифрированием летописи, которую каждое дерево заготовило для любознательного лесовода.

Эта летопись точно и правдиво отмечает ход роста дерева в течение всей его долгой жизни, если только гниль древесины не разрушила более старых страниц этой летописи.

Вполне здоровое дерево, подобно хорошо сохранившейся рукописи, открывает нам все страницы своей подробной истории, и только стремление к сокращению работы побуждает нас обыкновенно читать эту историю по периодам, ограничиваясь изучением хода роста в течение пятилетий или десятилетий, взамен изучения его из года в год.

Весь процесс исследования хода роста дерева складывается из двух частей: а) полевые операции по отбору и обмеру деревьев и б) камеральная обработка полевых материалов. В обоих случаях заполняется соответствующая часть формуляра анализа дерева.

Полевые операции. В соответствии с целями анализа выбирается соответствующий участок леса, в отношении которого в бланк формуляра заносится детальная характеристика насаждений. Из со-

става древостоя выбираются одно или несколько типичных деревьев обычно среднего диаметра или максимального.

До срубki отобранных деревьев в формуляре отмечают:

а) диаметр на 1,3 м от шейки корня по двум взаимно перпендикулярным направлениям С : Ю и В : З в миллиметрах – в коре и без коры, с проведением горизонтальной черты на стволе;

б) устанавливают класс роста дерева;

в) измеряют проекцию кроны;

г) отмечают на стволе режущим инструментом или мелом продольную черту, указывающую стороны света север–юг, это необходимо в дальнейшем для возможности измерения диаметров на выпиленных кружках по направлениям С : Ю и В : З;

д) отмечается направление, расстояние, порода, диаметр четырех-пяти смежных деревьев, которые оказывали влияние на рост и развитие выбранного дерева.

После записи перечисленных данных приступают к спиливанию дерева у самой шейки корня и обрубке его сучьев.

В отношении сваленного дерева поступают следующим образом:

а) измеряется общая его высота, а также высота до первых мертвых и живых сучьев. Для вычисления коэффициентов формы отмечают места на 1/4; 1/2 и 3/4 длины ствола и измеряются диаметры в коре и без коры;

б) с целью определения объемов по секционным формулам ствол размечается на секции обычно одинаковой длины, причем отмечают середины секций. Часто длина первой секции принимается в 2,6 м;

в) выпиливаются кружки посередине секции толщиной 2–3 см; при всех условиях выпиливаются дополнительно кружки у шейки корня и на высоте груди 1,3 м;

г) на кружках отмечают точки С : Ю;

д) производится маркировка кружков на нижней стороне, отмечая порядковый их номер, начиная от шейки корня, в числителе, в знаменателе – отмечается высота, на которой спилен кружок, например:

$\frac{№1}{0}$, $\frac{№2}{1,3}$, $\frac{№3}{3,6}$, $\frac{№4}{5,6}$ и т. д., последний кружок спиливается на

конце последней секции, отмечается буквой *b* и будет представлять основание вершинки дерева.

Спиленные кружки доставляются к месту дальнейшей их незамедлительной обработки, во избежание растрескивания и усушки, которые обычно ведут к искажению результатов.

Камеральная, обработка заключается в следующем:

а) на верхней стороне кружков проводятся два диаметра в направлениях С : Ю; В : З;

б) на нулевом срезе по каждому радиусу проводится подсчет годовичных слоев от центра к периферии по пяти- или десятилетиям, отмечая таковые чертой и подписывая 5; 10; 15 или 10; 20; 30 и т. д.

В последнем отсчете у самой периферии будет число слоев меньше 5 или 10. Общее число слоев на нулевом срезе будет указывать возраст дерева;

в) на всех остальных кружках подсчет слоев и отметка их по четырем радиусам с надписями ведется в обратном направлении, от периферии к центру, причем сначала откладывается неполное пятилетие или десятилетие;

г) на каждом кружке обязательно подсчитывается общее число годовичных слоев n и отмечается на срезе;

д) по окончании подсчета годовичных слоев на торцевых срезах и сделанных отметках по периодам, приступают к измерению их диаметров по двум направлениям $\frac{C}{Ю}$ и $\frac{B}{З}$ в мм.

Замеры диаметров на каждой высоте среза записываются в форму бланка с вычислением средних диаметров из двух измерений.

Следующей операцией обработки материала является анализ хода роста в высоту с построением кривой высот по принятым периодам (5 или 10 лет).

С этой целью используются данные подсчета общего числа годовичных слоев на каждом срезе n и соответствующей высоте от шейки корня.

Цифровой пример в табл. 75 характеризует анализ роста сосны: возраст 65 лет; высота 26,3 м, диаметр на 1,3 м в коре 28,7 см, без коры 26,7 см.

Длина первой секции 2,6 м, остальные 11 секций по 2 м, длина вершинки 1,7 м.

Как уже отмечалось ранее, ствол дерева в процессе роста ежегодно покрывается по периферии новым слоем древесины на всем протяжении ствола и, следовательно, увеличивается по высоте и диаметрам.

При таком наложении число годовичных слоев на поперечном срезе будет убывать снизу вверх.

Разность между числом слоев у шейки корня A и на определенной высоте h_n показывает, что дерево достигло этой высоты в возрасте $A-n$ лет.

Такие расчеты хода роста в высоту приведены в табл. 75.

В нашем примере дерево имело высоту 11,6 м в возрасте $65-41=24$ года.

Таблица 75

№	Высота среза	0	1,3	3,6	5,6	7,6	9,6	11,6	13,6	15,6	17,6	19,6	21,6	23,6	25,4	26,3
1	Число слоев на данном срезе	65	60	56	52	49	44	41	37	32	28	24	18	12	5	0
2	Ствол достиг высоты сечения в возрасте (лет)		5	9	13	16	1	24	28	33	38	41	47	53	60	65
3	Высота ствола в возрасте (лет)	65	60	50	40	30	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Высота ствола, м	26,3	25,4	22,6	19,1	14,4	9,2	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–

На основании приведенных в табл. 75 данных строится график высот (рис. 82), при этом на оси абсцисс откладываются возрасты 5, 9, 13, 16 и т. д., а на оси ординат – высоты срезов 1,3,; 3,6; 5,6 и т. д., соединив вершины ординат, получают кривую хода роста по высоте в зависимости от возраста.

Затем на графике проводятся ординаты высот по принятым ступеням возраста (в нашем примере через 10 лет) и их величина, взятая по масштабу, заносится в последнюю строчку таблицы. В результате получаем высоты ствола через пяти- и десятилетние периоды времени.

В целях наглядности проведенного анализа строится продольный разрез древесного ствола по десятилетним периодам с указанием на нем высот выпиленных кружков и указанием высот ствола по десятилетиям (рис. 83).

Полученный описанным способом анализ хода роста ствола по высоте позволяет получить объемы ствола по принятым десятилетним периодам.

Результаты дальнейшего анализа хода роста ствола (табл. 76) ставят своей задачей проанализировать изменение прироста по отдельным таксационным признакам дерева $h, d; v, f$, а также и соотношения между ними, имеющие теоретическое и прикладное значение.

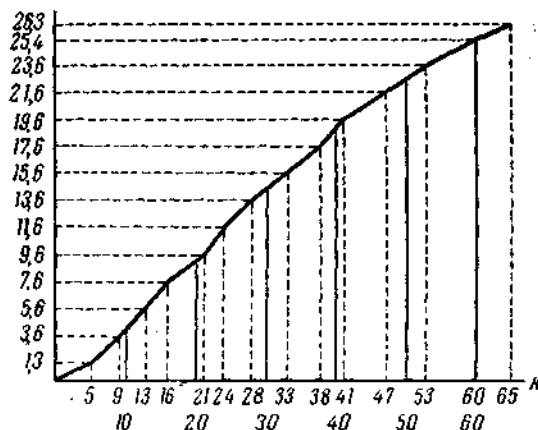


Рис. 82. График хода роста дерева по высоте в зависимости от возраста

Заканчивая рассмотрение метода анализа хода роста дерева, уместно указать на точность определения объемного прироста этим методом.

Допустим, что при измерениях сомножителей объема дерева были допущены погрешности p_g, p_h, p_f . Из теории погрешностей получаем, что погрешность суммы произведения нескольких величин

$$P_v = \sqrt{P_g^2 + P_h^2 + P_f^2}.$$

Практический опыт и теоретическое обоснование указывают, что при тщательном проведении анализа ствола погрешность определения прироста p_v по приведенной формуле составляет в среднем $\pm 3 - 4\%$, что считается наиболее точным способом определения объемного прироста на срубленных стволах.

Прирост насаждений, сущность его и зависимость от различных факторов

Насаждение как совокупность деревьев не остается неизменным на протяжении всего периода их роста и развития.

Изменяются во времени все таксационные признаки насаждения: средняя высота и диаметр, сумма площадей сечений, число стволов на единице площади, запас древостоя и другие таксационные признаки.

Рассматривая изменение во времени запаса древостоя, мы сталкиваемся с наличием двух одновременно происходящих в природе процессов: а) прирост древесины, откладываемый на всех растущих деревьях в составе насаждения и б) процесс отпада как по естественным причинам, так и в порядке изъятия части запаса в результате лесохозяйственных и других мероприятий.

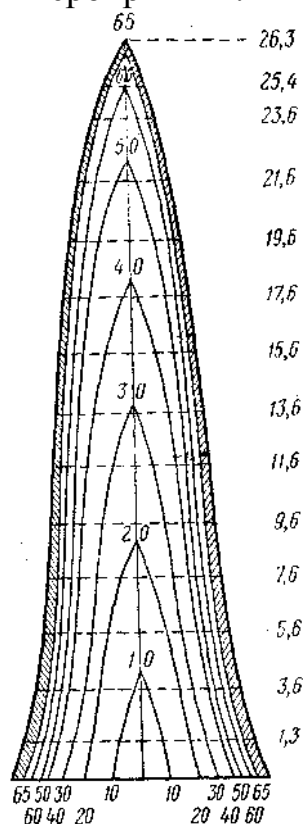


Рис. 83. Схема продольного разреза древесного ствола по периодам роста

Таблица 58

Пе-	Ход роста по Н, м	Ход роста по Д	Объем в см ³	Прирост по объему, дм ³	Видо вые	Текущий прирост	Проценты текущего прироста
-----	-------------------	----------------	-------------------------	------------------------------------	----------	-----------------	----------------------------

	высота	Прирост по высоте	Диаметр на 1,3 м	Прирост по диаметру		средний	Текущий			По диаметру Pd	По площади сечения Pg	По высоте Ph	По объему Pv	По видовому числу Pf	Сумма процентов прироста Pg+Ph+Pv	
10	4,2		5,7		0,0072	0,7	0,7	0,685								
20	9,2	0,50	13,0	0,73	0,0678	3,4	6,1	0,556	-0,013	7,8	13,7	7,4	16,0	-2,1	19,0	
30	14,4	0,52	16,9	0,39	0,1703	5,6	10,2	0,528	-0,003	2,6	5,1	4,4	8,6	-0,5	9,0	
40	19,1	0,47	20,3	0,34	0,3140	7,8	14,4	0,508	-0,002	1,8	3,6	2,8	5,9	-0,4	6,0	
50	22,6	0,35	22,8	0,25	0,4889	9,7	17,5	0,528	+0,002	1,1	2,3	1,7	4,3	+0,4	4,4	
60	25,4	0,28	25,6	0,28	0,6623	11,0	17,3	0,506	-0,002	1,1	2,3	1,2	3,0	-0,4	3,1	
65	26,3	0,18	26,7	0,22	0,7290	11,2	13,3	0,495	-0,002	0,8	1,6	0,7	1,9	-0,4	1,9	
В коре			28,7		0,7942			0,467								

Вышеизложенные причины усложняют методы определения абсолютного прироста насаждений по запасу.

В дальнейшем изложении будем рассматривать текущий прирост насаждения как сумму объемных приростов, составляющих насаждение деревьев и, следовательно, как величину положительную.

Отпад же – это объем древесины, изъятой из запаса насаждения как в процессе естественного отпада, так и по другим причинам.

По аналогии с приростом деревьев определяется возраст насаждений, действительный и хозяйственный.

Действительный возраст насаждений искусственного происхождения определяется по возрасту отдельных деревьев без каких-либо затруднений.

Насаждения же естественного, семенного происхождения, как правило, являются разновозрастными и возраст их, как уже отмечалось, характеризуется классами возраста различной продолжительности.

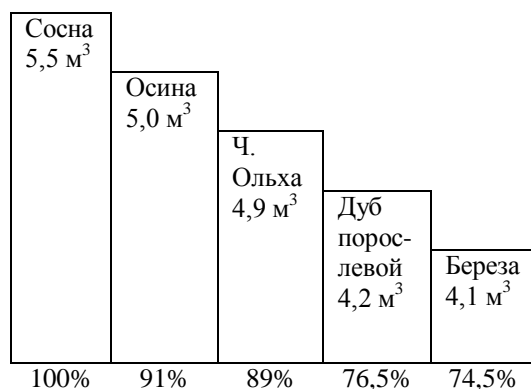
Принадлежность насаждения к определенному классу возраста определяется средним возрастом взятых с этой целью моделей или подсчетом числа годовичных слоев на свежесрубленных пнях.

По исследованиям В.К. Захарова, варьирование возраста перестойных сосновых деревьев в Беловежской Пуще на 42 пробных площадях с числом моделей 417 выразилось через среднее квадратическое отклонение $\sigma(12,5-13,1)$, коэффициент варьирования $w = 10 - 15\%$.

Хозяйственный возраст как средний из взятых моделей определяется способом ранее описанным.

Абсолютная величина текущего и среднего прироста насаждений обуславливается многими факторами, из которых особое значение приобретают: биологические особенности древесных пород, происхождение (семенное, порослевое), условия местопроизрастания, полнота насаждений, техника ведения лесного хозяйства, влияние стихийных факторов (пожары, засуха, нападение энтофитовредителей и проч.).

Влияние биологических особенностей древесных пород на величину среднего прироста насаждений одинакового возраста (60 лет) при одном и том же II бонитете иллюстрируется следующими данными, взятыми из таблиц хода роста насаждений.



Влияние возраста насаждений на изменение абсолютной величины таксационных признаков соснового насаждения II бонитета (по таблице проф. Тюрина А. В.) видно из показателей, приведенных в табл. 77.

Таблица 77

Возраст	20	40	60	80	100	120	140
Средний прирост м³/га	5,1	6,2	6,5	6,1	5,5	5,0	4,5
Средний диаметр d	7,2	14,2	20,6	26,0	30,6	34,3	36,6
Средняя высота H	7,2	14,0	19,5	23,4	26,2	28,0	29,1
Запас в м³/га	38	173	357	517	640	725	—

Средний прирост по объему возрастает до 60 лет, после чего начинает спадать, что же касается средних диаметров, высот и запасов, то эти признаки непрерывно увеличиваются с увеличением возраста.

Влияние условия местопроизрастания (классов бонитетов) можно проиллюстрировать для сосновых насаждений 100-летнего возраста, в отношении среднего объемного прироста и средних значений диаметра и высоты нижеследующими цифровыми данными (табл. 78).

Таблица 78

Бонитеты	I ^a	I	II	III	IV	V	V ^a
Средний прирост z_v м ³ /га	8,6	6,9	5,5	4,3	3,4	2,6	1,9
То же в процентах	124%	100%	79,5%	62,3%	49,3%	37,6%	27,5%
Средний d , см	40,0	35,5	30,6	26,1	21,3	16,4	11,9
Средняя высота H	33,6	29,9	26,2	22,5	18,7	15,1	11,5

Из приведенных данных видно, что по сравнению с продуктивностью I бонитета – 100%, бонитет V^a составляет лишь 27,5, т. е. примерно в 4 раза меньше, наоборот, – I^a бонитет выше первого по продуктивности на 24%, наблюдается непрерывное падение продуктивности по мере снижения класса бонитета и наоборот (I^a_{бон}).

Разностороннее положительное влияние на величину прироста насаждений оказывают проводимые различные лесохозяйственные мероприятия, как, например, рубки ухода, мелиорации, введение подлеска, люпина, осушка, орошение и проч.

Наоборот, значительно снижают прирост насаждений стихийные явления: пожары, засуха, нападение энто- и фитовредителей и проч.

Лекция 18. Таксация прироста древостоев. Способы таксации прироста по запасу древостоев

Определение текущего объемного прироста насаждений методом повторных обмеров

В зависимости от применяемых способов текущий прирост насаждений может быть определен с различной точностью. Наиболее достоверные величины можно получить на постоянных пробных площадях путем повторных пересчетов деревьев через определенные периоды (5–10 лет) и детального учета величины общего отпада за исследуемый период с его приростом. Этот процесс можно выразить формулой:

$$M_A = M_{A-n} + Z_m^n - M_o^n$$

т. е. наличный запас M_A складывается из запаса древостоя n лет назад (M_{A-n}), увеличенному текущим приростом Z_m^n и уменьшенному на величину отпада M_o^n . Отсюда текущий периодический прирост равен

$$Z_m^n = M_A - M_{A-n} + M_o^n$$

Изменение запасов насаждения за n лет будет:

$$\Delta_m^n = M_A - M_{A-n}$$

Приведем цифровой пример на определение текущего прироста насаждений по данным повторной таксации на постоянной пробной площади в Негорельском учебно-опытном лесхозе БЛТИ В.С. Мирошников, 1980г.).

По таксации 1950 г. характеристика древостоя: состав 6Е 4С, возраст 50 лет, средняя $H = 25$ м, бонитет I^a ; полнота 0,85, запас 507,4 м³/га. За пятилетний период слабыми рубками ухода изъято запаса 24,6 м³.

По данным повторной таксации 1955 г. имели: состав 7ЕЗС; возраст 55 лет; средняя $H = 26$ м; полнота – 0,85; запас – 563 м³. Текущий прирост равен

$$\overline{Z_m^n} = \frac{M_{55} - M_{50} + M_o^n}{n}$$

или

$$\overline{Z}_m^n = \frac{563 - 507,4 + 24,6}{5} = \frac{80,7}{5} = 16,14 \text{ м}^3 \text{ в год}$$

Средний прирост рассмотренных насаждений в 1950 и 1955 гг. составил соответственно 10,1 и 11,1 м³/га.

Располагая данными абсолютного прироста насаждений по материалам повторных перечетов через n - летний период и величиной отпада, процент прироста P_v определяется по формуле Пресслера:

$$P_v = \frac{200}{n} = \frac{M_A - M_{A-n} + M_o^n}{M_A + M_{A-n}}$$

Используя ранее приведенные данные по результатам повторной таксации постоянной пробной площади в Негорельском учебно-опытном лесхозе (БССР), будем иметь

$$P_v = \frac{200}{5} \cdot \frac{563 - 507,4 + 24,6}{563,0 + 507,4} = 3,02\%$$

Определение текущего прироста насаждений по моделям

Используя приближенные методы определения текущего прироста насаждений путем закладки временных пробных площадей и однократной их таксации, необходимо учитывать, что за исследуемый период n лет часть стволов из общего их количества по разным причинам выпала из состава древостоя и осталась вне учета.

О величине прироста насаждения, представленного на пробной площади, можно судить, исходя из объемного прироста средних модельных деревьев, взятых по ступеням или классам толщины. Умножая прирост моделей на число стволов ступени или класса толщины получим объемный прирост по наличному, приуменьшенному числу стволов.

Исчисленный таким образом суммарный прирост по ступеням или классам толщины, будет составлять абсолютный прирост насаждения по объему, который можно выразить формулой:

$$Z_m^n = \Delta_1 n_1 + \Delta_2 n_2 + \Delta_3 n_3 + \dots + \Delta_n n_n,$$

где Z_m^n – прирост насаждения по объему за n лет; $n_1; n_2; n_3 \dots n_n$ – число стволов по ступеням толщины по данным перечета в данный момент; $\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3 \dots \Delta_n$ – объемный прирост отдельных моделей по ступеням толщины за n -летний период.

В графической форме описанный способ определения текущего прироста можно выразить в виде графика (рис. 84).

По оси абсцисс отложены квадраты диаметров взятых моделей на высоте груди. По оси ординат объемы этих моделей в данный момент v_a и n лет назад v_{a-n} .

Отрезки ординат $\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3 \dots \Delta_n$ представляют текущий прирост срубленных моделей по объему. В данном случае, использован ранее рассмотренный способ прямой объемов Копецкого, т. е. линейный характер изменения объемов стволов по ступеням толщины в данный момент и n лет назад, а следовательно, и текущего прироста Δ_v .

Сглаживание ординат производится обычным способом.

В целях устранения погрешностей от неточного подбора диаметров средних моделей по ступеням толщины, а также в случае взятия нескольких моделей для каждой ступени, формула приобретает вид:

$$Z_m^n = \frac{\Sigma \Delta_1}{\Sigma g_1} G_1 + \frac{\Sigma \Delta_2}{\Sigma g_2} G_2 + \frac{\Sigma \Delta_3}{\Sigma g_3} G_3 + \frac{\Sigma \Delta_n}{\Sigma g_n} G_n,$$

где $G_1; G_2; G_3 \dots G_n$ – суммы площадей сечения деревьев по ступеням толщины; $\Sigma g_1; \Sigma g_2; \Sigma g_3 \dots \Sigma g_n$ – суммы площадей сечений взятых моделей по ступеням толщины; $\Sigma \Delta_1; \Sigma \Delta_2; \Sigma \Delta_3 \dots \Sigma \Delta_n$ – суммарный объемный текущий прирост взятых моделей за n лет.

Разделив полученную величину Z_m^n на продолжительность периода n лет, получим значение годового периодического прироста насаждения.

Располагая абсолютной величиной текущего прироста насаждения за один год или за n лет, можно определить и процент текущего прироста по формуле:

$$P_M = \frac{Z_m^n \cdot 100}{M_A}.$$

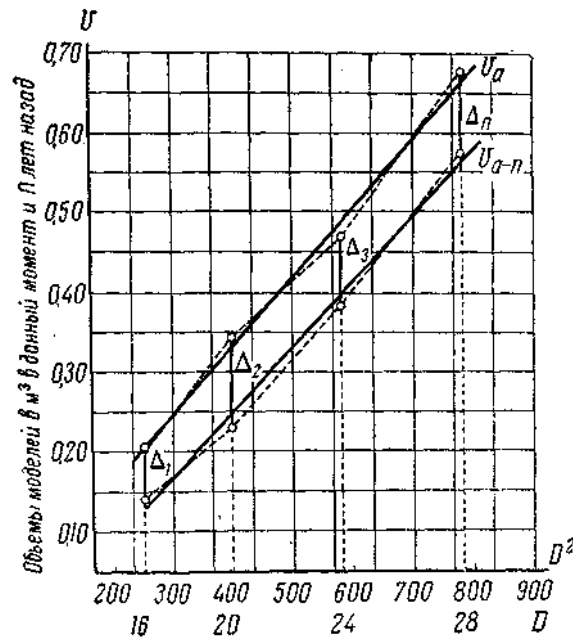


Рис. 84. График определения текущего прироста насаждения по способу модельных деревьев

Определение процента текущего прироста насаждений возможно провести и без срубki моделей на заложенных пробных площадях. Техника определения и теоретическое обоснование такого способа заключается в следующем: производится пересчет деревьев по породам, ступеням толщины, с вычислением как общего запаса древостоя M , так и запасов по отдельным ступеням $M_1; M_2; M_3 \dots M_n$.

Для определения процента прироста по ступеням толщины берутся средние модельные деревья (без рубки), на которых определяется процент прироста p_v одним из рассмотренных выше способов.

Располагая запасами древостоя по ступеням толщины, а также процентами прироста, абсолютный текущий прирост как сумма абсолютных приростов по ступеням, т. е.

$$Z_m^n = \frac{M_1 p_1}{100} + \frac{M_2 p_2}{100} + \frac{M_3 p_3}{100} + \dots + \frac{M_n p_n}{100} = \frac{\sum M p}{100}$$

Располагая абсолютной величиной прироста насаждений Z_m^n , а также растущим запасом M , легко определить и относительный его прирост P_m

$$P_m = \left(Z_m^n \times 100 \right) / M$$

Преобразуя полученное выражение, получим:

$$p_m = \frac{M_1 p_1 + M_2 p_2 + M_3 p_3 + \dots + M_n p_n}{M}$$

т. е. процент прироста насаждения, определенный на временной пробной площади, равняется средневзвешенному проценту прироста модельных деревьев, взятых по ступеням толщины. Таким образом, рассмотренный способ позволяет одновременно установить величину как абсолютного, так и относительного текущего прироста насаждения.

Численность подлежащих взятию модельных деревьев устанавливается на основе коэффициента варьирования процентов текущего прироста растущих деревьев, который по исследованиям Н.П. Анучин в среднем составляет 25–30%. Поэтому, задаваясь точностью $p = 5\%$, нужно было бы взять число моделей 35–40, при точности 10% можно ограничиться 10–15 моделями, которые целесообразно распределить пропорционально числу стволов по ступеням толщины.

Достоверность определения процента текущего прироста насаждений по способу модельных деревьев (без рубки) ставится отдельными авторами под сомнение (проф. Третьяков Н. В.). Он утверждает, что этим способом могут быть получены лишь ориентировочные показатели, пригодные для сравнительной оценки эффективности двух или нескольких сравниваемых древостоев.

Исследования проф. Науменко И. М., проведенные на большом экспериментальном материале (использовано 2327 пробных площадей и около 15 тыс. моделей, заложенных в основном в процессе лесостроительства), показали практическую равноценность обоих способов, дающих одинаковые результаты, лишённые односторонних погрешностей.

Исследования В.К. Захарова, О.А. Трулля подтверждают основные выводы проф. И.М. Науменко

В качестве одной из иллюстраций (табл. 79) приводятся результаты исследования процентов текущего прироста древостоя на вышеотмеченной постоянной пробной площади елово-соснового древостоя в возрасте 55 лет с использованием разных формул при числе моделей 40 и 20.

Сравнительному исследованию были подвергнуты три формулы: Г.М. Турского, Пресслера и Шнейдера, оказавшиеся по оценкам статистических показателей равноценными (коэффициент достоверности t меньше единицы), тем не менее формулы Г.М. Турского пока-

зали лучшие результаты; в табл. 61– p_v или $M \pm m$ взяты по этой формуле. Сопоставление проведено с числом моделей 20 и 40. Как видно из таблицы, результаты получены равноценные, следовательно, можно ограничиться взятием 20 моделей. Отклонение от P_v по результатам повторной таксации в данном примере не превысило +7,2 %.

Таблица 79

Порода	Число наблюдений	Средний p по моделям ($M \pm m$)	σ	w	p	t	P_v по данным повторной таксации	Отклонение P_v от результатов повторной таксации в процен.
Ель	40	3,22 ±0,11	0,73	22,6	3,57	0,05	3,23	-0,4
То же	20	3,21 ±0,14	0,69	21,6	4,49			-0,6
Сосна	40	2,77 ±0,12	0,76	27,0	4,26	0,71	2,58	+7,2
То же	20	2,64 ±0,14	0,62	23,5	5,26			+2,2

Такие исследования на других объектах показали, что способ модельных деревьев обеспечивает точность результатов по сравнению с данными повторной таксации в пределах $\pm 10\%$ и, следовательно, может быть рекомендован для применения в практических условиях.

Проф. Науменко И. М. на основании материалов процента текущего прироста моделей составил для использования в производстве таблицы объемного текущего прироста насаждений в $\text{м}^3/\text{га}$ по породам в зависимости от бонитета, возраста и полнот [26].

По мнению автора таблиц, для отдельного насаждения текущий прирост по ним будет определяться с погрешностью до $\pm 25\%$, но для совокупности участков погрешность будет уменьшаться пропорционально корню квадратному из числа объектов исследования.

О.А. Труль выполнил большие исследования прироста деревьев и древостоев основных лесообразующих пород в Беларуси. Он составил таблицы относительного текущего прироста по запасу древостоя (P_M) в зависимости от породы, класса бонитета, среднего диаметра древостоя и средней ширины годичного слоя [24]. Эти таблицы удобно применять для определения прироста древостоев на уровне хозяйственной секции, лесничества, лесхоза.

В.Ф. Багинский и Терехова составили таблицы абсолютного текущего прироста древостоев Беларуси в зависимости от породы, возраста и относительной полноты [28].

Для разрешения отдельных лесохозяйственных вопросов встречается необходимость располагать относительным текущим приростом насаждений для суждения о сравнительной энергии роста двух или более объектов, не прибегая к закладке пробных площадей.

Такие задачи разрешаются путем определения процентов прироста на взятых модельных деревьях, используя при этом формулу:

$$p_v = \frac{K \sum id}{\sum d^2}.$$

При выводе этой формулы исходят из отсутствия прироста по высоте; в этом случае прирост по объему принимают пропорциональным приросту по площади сечения.

Если взять все деревья насаждения, то будем иметь

$$p_v = \frac{p_1 g_1 + p_2 g_2 + p_3 g_3 + \dots + p_n g_n}{\sum g},$$

где $p_1; p_2; p_3 \dots p_n$ – процент прироста по объему отдельных деревьев; $g_1; g_2; g_3 \dots g_n$ – площади их сечений.

Заменяя в формуле g через $\frac{\pi d^2}{4}$, получим ее в другом виде:

$$p_v = \frac{p_1 d_1^2 + p_2 d_2^2 + p_3 d_3^2 + \dots + p_n d_n^2}{\sum d^2},$$

Наконец, заменяя проценты прироста P через $\frac{Ki}{d}$ и принимая коэффициент K одинаковым для всех, как среднюю величину, получим:

$$p_v = \frac{K \sum (i_1 d_1 + i_2 d_2 + i_3 d_3 + \dots + i_n d_n)}{\sum d^2} = \frac{K \sum id}{\sum d^2}.$$

Величина коэффициента K берется из таблицы, исходя из энергии роста в высоту и протяженности кроны, как среднее значение для взятых моделей. Модели в натуре выбираются по способу случайной выборки в количестве 12–15, что обеспечит точность p_v в пределах $\pm 10\%$.

Анализируя зависимость относительного прироста насаждений от различных факторов природного характера, необходимо отметить некоторые его различия, в частности: от возраста, условий местопроизрастания и полноты насаждения.

Процент текущего прироста насаждений по возрастам непрерывно падает по мере увеличения возраста. Эту зависимость можно выразить уравнением гиперболы:

$$p_v = \frac{a}{A} + b.$$

По исследованиям проф. Захарова В.К., путем использования модельных деревьев, процент текущего прироста сосновых насаждений I, II и III бонитетов при их средней полноте – 0,7 Негорельского учебно-опытного лесхоза (БЛТИ) наглядно показывает падение процента прироста с увеличением возраста (рис. 85).

Связь процента прироста с возрастом насаждений выразилась следующим уравнением гиперболы:

$$p_v = \frac{212,7}{A} - 0,1.$$

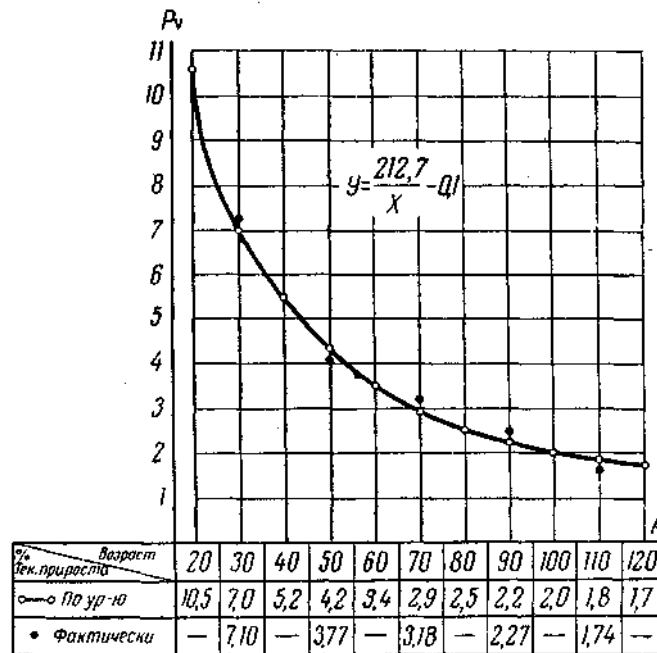


Рис. 85. График изменения процентов приростами сосновых насаждений (I, II и III бонитетов) в зависимости от возраста

В границах одинакового возраста процент текущего прироста насаждений остается без изменений при различных условиях место-произрастания, выраженных классами бонитетов.

По данным Тарашкевича А. П., проценты текущего прироста нормальных сосновых насаждений по таблицам хода роста Варгаса по бонитетам и возрастам показаны в табл. 60.

На основании данных таблицы можно отметить: а) непрерывное падение p_v с возрастом для всех бонитетов и б) стабильность процента прироста в пределах одинаковых возрастов. Средние значения p_v для всех бонитетов в зависимости от возраста графически выражаются кривой типа гиперболы.

Таблица 60

Бонитеты	Проценты текущего прироста по возрастам										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
I	4,1	3,0	2,2	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1
II	4,4	3,3	2,5	1,8	1,5	1,1	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2
III	4,2	,35	2,5	1,9	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2
IV	4,8	3,3	2,4	1,7	1,2	0,9	0,5	0,4	0,2	0,1	–
V	4,7	3,4	2,1	1,6	1,3	0,8	0,5	–	–	–	–
В среднем	4,4	3,3	2,3	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2

Влияние полноты насаждений на текущий прирост носит двойной характер: 1) с падением полноты уменьшается как абсолютный прирост, так и относительный в сопоставлении с нормальным приростом при полноте единицы и 2) под влиянием большого доступа солнечной энергии по мере уменьшения полноты насаждения, величина прироста изменяется не пропорционально уменьшению полноты, а с некоторым превышением на световой прирост. По исследованиям Гергардта установлено, что с понижением полноты текущий прирост (абсолютный и относительный) увеличивается против редуцированного на полноту нормального.

Для учета такого светового прироста предложены следующие формулы: 1) для теневыносливых пород:

$$p_m = p_{\text{нор}}(2-b).$$

Пример: имеем еловое насаждение с полнотой $b=0,5$, фактический процент прироста $p_{\text{фак}} = p_{\text{нор}}(2-0,5) = 1,5 p_{\text{нор}}$, т. е. реальный прирост в 1,5, раза выше нормального; 2) для пород светолюбивых:

$$p_{\text{фак}} = p_{\text{нор}}(1,7-0,7b).$$

Для соснового насаждения с полнотой $b=0,5$ будем иметь

$$p_{\text{фак}} = p_{\text{нор}}(1,7-0,7 \cdot 0,5) = 1,35 p_{\text{нор}}$$

Из приведенных примеров можно видеть, что породы теневыносливые более энергично реагируют на изреживание насаждений, чем породы светолюбивые.

Для определения редуцированного абсолютного текущего прироста насаждений Δ_{red} , Гергардтом предложены две аналогичные формулы: 1) для теневыносливых пород: $b(2-b)$; (193), 2) для светолюбивых: $\Delta_{red}=\Delta_{нор}(1,7-0,7b)$.

Подставляя в приведенные формулы значение полноты 0,5, будем иметь по первой формуле: $\Delta_{red}=0,75 \Delta_{нор}$ и по второй формуле: $\Delta_{red}=0,675 \Delta_{нор}$.

Наблюдается также большое реагирование на прирост теневыносливых пород.

Значение $p_{нор}$ и p_{red} получается из соответствующих таблиц хода роста нормальных насаждений.

Подставляя в приведенные формулы вместо b соответствующие полноты, будем получать редуцированные величины: p_v и Δ_v .

Влияние светового прироста наглядно проявляется в таблицах текущего прироста насаждений, разработанных проф. Науменко И. М. Приводим пример из упомянутых таблиц в отношении соснового насаждения 40 лет I-го бонитета, (табл. 81).

Таблица 81

<u>Полноты</u>	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Текущий прирост—м ³ /га							
Нормальный прирост Δ_v редуцированный на полноту	$\frac{10,0}{100\%}$	$\frac{9,0}{100\%}$	$\frac{8,0}{100\%}$	$\frac{7,0}{100\%}$	$\frac{6,0}{100\%}$	$\frac{5,0}{100\%}$	$\frac{4,0}{100\%}$
Фактический прирост	10,0	9,2	8,5	7,8	7,2	6,3	5,4
Процент увеличения нормального прироста	-	2,2	6,2	11,4	20,0	26,0	37,5

На рис. 86 приводится график процента повышения редуцированного нормального прироста насаждения по полнотам.

Данные табл. 81 и график (рис. 86) свидетельствуют о повышении реального объемного прироста насаждений по мере падения их полнот, а также отражают величину светового прироста.

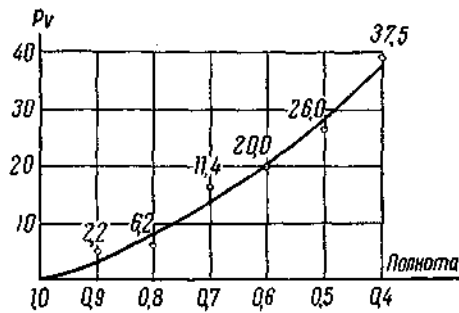


Рис. 86. График изменения процентов светового прироста насаждения в зависимости от полноты

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА НАСАЖДЕНИЙ

Как уже отмечалось, текущий прирост насаждений определяется тремя величинами: запасами в данный момент, n лет назад и величиной отпада по формуле: $Z_m^n = M_a - M_{a-n} + M_o^n$.

Следовательно, погрешности в определении перечисленных величин скажутся и на величине объемного прироста.

При тщательной таксации запасов на постоянных пробных площадях погрешность их не должна выходить за пределы $\pm 5\%$.

Срубленная древесина в виде отпада может быть протаксирована с большей точностью $\pm 3\%$.

Применяя методы теории погрешностей, конечный результат совместного влияния ошибок можно получить по формуле:

$$P_m = \sqrt{P_{m_a}^2 + P_{m_{a-n}}^2 + P_{m_o}^2}.$$

Подставляя в формулу вышеприведенные нормы погрешности перечисленных составных частей текущего прироста, получим

$$p_m = \sqrt{5^2 + 5^2 + 3^2} = 7,7\%.$$

Принимая для всех членов подкоренных величин одинаковую погрешность по $\pm 5\%$, получим значение

$$p_m = \sqrt{75} = 8,7\%.$$

Таксация насаждения с погрешностями по $\pm 10\%$ для каждого из трех членов увеличила бы

$$p_m \text{ до } \sqrt{300} = 17,3\%.$$

Ориентируясь на приведенные примеры и ранее сказанное о точности таксации запасов на корню, нужно признать, что погрешность определения текущего прироста насаждения допустима до $\pm 10\%$ и должна расцениваться как достаточно высокая.

СРЕДНИЙ ПРИРОСТ НАСАЖДЕНИЯ

При исчислении среднего прироста насаждений по любому таксационному признаку пользуются формулой: $z_t = \frac{T}{A}$, где T – абсолютная величина таксационного признака; A – возраст насаждений.

Для определения процента среднего прироста по таксационным признакам применяется только одна формула:

$$p_z = \frac{100}{A}.$$

Вывод этой формулы основан на следующем: если средний прирост в возрасте A лет обозначить через z , а величину таксационного признака через T , то по простым процентам будем иметь процент среднего прироста $p_z = \frac{z}{T} \cdot 100$, но так как $z = \frac{T}{A}$, подставив его в последнее выражение, получим:

$$p_z = \frac{T \cdot 100}{T \cdot A} = \frac{100}{A}, \text{ т. е формулу}$$

Таким образом, процент среднего прироста насаждений по любому таксационному признаку зависит только от возраста. Так, например, процент среднего прироста насаждения и дерева в возрасте $A = 50$ лет по всем таксационным признакам составит:

$$p_t = \frac{100}{50} = 2\%.$$

При таксации насаждений помимо действительного возраста часто приходится проводить расчеты по среднему возрасту насаждений A_{cp} .

При наличии совокупности насаждений разного возраста установление среднего возраста A_{cp} производится по следующей формуле:

$$A_{cp} = \frac{F_1 a_1 + F_2 a_2 + F_3 a_3 + \dots + F_n a_n}{\Sigma F},$$

где $a_1; a_2; a_3 \dots a_n$ – средние возраста по классам возраста; $F_1; F_2; F_3 \dots F_n$ – площади, занимаемые насаждениями по отдельным классам возраста; ΣF – общая площадь всех насаждений.

При исчислении среднего возраста A_{cp} разновозрастных насаждений, подвергнутых перевету деревьев по отдельным группам возраста, применяется следующая формула:

$$A_{cp} = \frac{G_1 a_1 + G_2 a_2 + G_3 a_3 + \dots + G_n a_n}{\Sigma G},$$

где $a_1; a_2; a_3 \dots a_n$ – возрасты отдельных групп насаждений; $G_1; G_2; G_3 \dots G_n$ – сумма площадей сечений деревьев по группам возраста; ΣG – общая сумма площадей сечений деревьев всего насаждения.

Вместо множителей $G_1; G_2; G_3 \dots G_n$ можно брать запасы насаждений отдельных разновозрастных групп $M_1; M_2; M_3 \dots M_n$.

В практике лесоустройства встречается необходимость определения суммарного среднего прироста комплекса насаждений одной породы, представленных различными классами возраста.

Этот расчет проводится по следующей формуле:

$$\Sigma Z_v = \frac{M_1}{a_1} + \frac{M_2}{a_2} + \frac{M_3}{a_3} + \dots + \frac{M_n}{a_n},$$

где $M_1; M_2; M_3 \dots M_n$ – запасы насаждений по классам возраста; $a_1; a_2; a_3 \dots a_n$ – средние возрасты по классам возраста.

Рассмотренные формулы определения среднего прироста насаждений и среднего возраста можно использовать также с контрольной целью.

Лекция 19. Таксация лесного фонда и инвентаризации лесных ресурсов

Лесной фонд – это земельные площади, являющиеся объектом лесного хозяйства. В соответствии с административно-территориальным делением лесного хозяйства СССР на союзные, областные и краевые управления, а внутри их на лесхозы (леспромхозы) и лесничества, дифференцируется и лесной фонд, включая следующие категории земельных площадей.

Лесная площадь, предназначенная для выращивания леса:

а) покрытая лесом; б) не покрытая лесом – редины, гари, необлесившиеся лесосеки, прогалины, пустыри и несомкнувшиеся культуры.

Нелесная площадь:

а) угодья – пашни, сенокосы, пастбища (выгоны), воды (озера, реки, водоемы); б) площади специального назначения – дороги, просеки, питомники, усадьбы, электротрассы; в) неудобные земли – болота, пески, овраги, крутые склоны, скалы, осыпи, гольцы.

Лесной фонд различается по его роли в народном хозяйстве и режиму пользования им. В зависимости от этого леса классифицируют на три группы: Первая группа – это леса защитного значения (водоохранного, почвозащитного и др.), вторая эксплуатационные леса малолесных районов, одновременно имеющие и защитную ценность.

В лесах этой группы рубки главного пользования допускаются в пределах годичной расчетной лесосеки, не превышающей величину среднего прироста. Остальные леса эксплуатационного значения включены в третью группу, в которой допускаются все виды рубок главного пользования. В третьей группе выделяют резервные леса, которые не подлежат освоению в предстоящий ревизионный период.

Для планового ведения лесного хозяйства весь лесной фонд должен быть качественно и количественно учтен. Такую характеристику лесного фонда по всем показателям на основе наземной, воздушной или комбинированной таксации дает так называемая лесоинвентаризация, составляющая важнейшую и наиболее трудоемкую часть работ по лесоустройству. Основным документом, определяющим порядок проведения лесоинвентаризационных работ, является «Лесостроительная инструкция».

Лесной фонд должен учитываться в полном соответствии с назначением лесов и условиями развития лесного хозяйства в каждом уст-

раиваемом объекте. Чем выше хозяйственная ценность объекта и благоприятнее экономические условия развития лесного хозяйства в нем, тем подробнее и точнее должна быть инвентаризация леса, и наоборот. Степень подробности лесоустроительных работ определяется разрядом лесоустройства (табл. 86)

Таблица 86

Средние показатели, характеризующие разряды лесоустройства

Разряд лесоустройства	Квартал		Расстояние между квартальными просеками и таксационными визирами, м		Примерная площадь среднего таксационного выдела, га	Нормальный километраж таксационных ходов, км/1000 га	
	размеры, км	площадь, га	с применением аэрофотосъемки	без применения аэрофотосъемки		с применением аэрофотосъемки	без применения аэрофотосъемки
Ia	0,5·0,5	25	500	125	1–2	78	100
I	{ 1,0·0,5 1,0·1,0	50	500	125	3–5	60	90
		100	500	125	3–5	60	90
II	{ 1,0·1,0 2,0·1,0	100	500	250	6–15	45	50
		200	500	250	6–15	35	45
III	{ 2,0·2,0 4,0·2,0	400	1000	500	16–35	17	25
		800	1000	500	16–35	14	23
IV	{ 4,0·4,0 8,0·2,0	1600	2000	1000	36–80	8	13
		1600	2000	1000	36–80	7	11

Это – разряды лесоустройства, применяемые в лесах I, II, III групп бывшего СССР.

Каждый разряд характеризуется величиной квартала, таксационного выдела, нормой таксационных визиров, протяженностью таксационных ходов и масштабом плано-картографического материала (табл. 87).

Между группами лесов и разрядами лесоустройства существует тесная связь. Так, хозяйства, состоящие из лесов первой группы, как правило, подлежат устройству по I–Ia разряду, второй группы – по I–II, третьей – по III–IV и резервной – по IV разряду. Все работы по инвентаризации лесов ведутся, как правило, с использованием материалов аэрофотосъемки.

Таблица 87

Зависимость масштаба и площади планшетов от разряда

лесоустройства

Масштаб и площадь	Разряд лесоустройства			
	Ia	I-II	III	IV
Масштаб	1:5000-1:10000	1:10000	1:25000	1:50000
Площадь планшета	625-2500	2500	15625	62500

Инвентаризация лесного фонда включает подготовительные, полевые лесотаксационные и камеральные работы.

При подготовительных работах определяют границы объекта лесоустройства, данные по лесорастительных и экономическим условиям, материалы прошлого лесоустройства, обосновывают категории защитности лесов, выполняют аэрофотосъемку лесов и подготавливают фотоабрисы кварталов.

При проделении полевых лесотаксационных работ выполняют таксацию леса глазомерным, глазомерно-измерительным, выборочным и перечислительным методами таксации. Данные таксации записывают в карточку таксации.

Камеральные работы заключаются в обработке данных лесоинвентаризации и таксации лесного фонда в системе СОЛИ (система обработки лесоустроительной информации), получении материалов, характеризующих лесной фонд лесхоза и лесничества, расчет размера главного и промежуточного пользования, проектирование лесохозяйственных мероприятий, разработка «Проекта организации и ведения лесного хозяйства лесхоза» на последующих 10-летний ревизионный период.

Материалы аэрофотосъемки являются технической основой лесоустроительных работ. Аэрофотосъемка проводится за год до начала лесоустроительных работ. Применяются в основном цветные спектрально-зональные аэрофотоснимки М 1:10 000. На аэрофотоснимке оформляется фотоабрис квартала (рис. 89).

На лицевой стороне фотоабриса квартала содержится: границы рабочей площади, просеки, визиры, границы квартала, выделов, номера кварталов, дороги, канавы, реки, пикетаж.

На каждом аэрофотоснимке в пределах отграниченной рабочей площади таксатор, как правило, до выезда на полевые работы, производит камеральное стереоскопическое дешифрирование границ таксационных выделов (контурное таксационное дешифрирование). Категорически запрещается приступать к натурной таксации без предварительного контурного дешифрирования аэрофотоснимков.



Рис. 89. Фотоабрис квартала

На фотоабрис мягким карандашом наносятся контуры лесосек, отведенных в рубку после проведения аэрофотосъемки, с отметкой на оборотной стороне года вырубki леса для каждой лесосеки. Кроме того, на оборотной стороне фотоабриса отмечаются контуры участков лесных культур, в том числе и не получивших фотоизображения, а также реконструированных молодняков, с указанием их площади и года производства. На абрис, изготовленный на кальке, указанные участки и сведения о них наносятся за период, прошедший с момента прошлого лесоустройства.

Проверка и уточнение границ таксационных выделов, предварительно установленных камеральным путем и нанесенных на абрис, производится в лесу при таксации.

Порядок подготовки и оформления аэрофотоснимков для проведения таксации леса методом камерального измерительно-аналитического дешифрирования определяется специальными техническими указаниями.

Все планшеты, имеющие смежества с другими землепользователями, должны быть заверены отделом землеустройства района, на территории которого производились лесоустроительные работы.

При таксации леса территория каждого лесного квартала разделяется на первичные лесохозяйственные учетные единицы – таксационные выделы.

Таксационный выдел представляет собой ограниченный участок лесной или нелесной земли государственного лесного фонда, однородный по таксационной характеристике, отличающейся от таксационных характеристик смежных участков на величину, предусмотренную нормативами, требующий проведения на всей площади одинаковых хозяйственных мероприятий.

Каждый таксационный выдел имеет характеристику в таксационном описании и изображается на лесоустроительных планшетах и планах лесонасаждения, в ГИС «Лесные ресурсы».

Разделение квартала на таксационные выдела производится в первую очередь по их различию в категориях земель.

К лесным землям относятся земельные участки, пригодные и предназначенные для выращивания леса. Лесные земли разделяются на покрытые лесом, не покрытые лесом, несомкнувшиеся лесные культуры, лесные плантации и питомники.

К покрытым лесом землям относятся земли, занятые молодняками с полнотой 0,4 и выше и насаждениями других возрастных групп с полнотой 0,3 и выше, а также участки, занятые кустарниками, на которых не могут быть созданы насаждения древесных пород без проведения специальных лесомелиоративных работ, или на которых организуются специальные кустарниковые хозяйства.

К не покрытым лесом лесным землям относятся земли занятые:
– вырубками;

– лесосеками, отведенными и переданными по лесорубочным билетам в сплошную рубку на год производства полевых лесоустроительных работ;

– пустолями и прогалинами, то есть участками с отсутствием или единичными экземплярами деревьев и лесовозобновления;

– рединами – насаждениями с полнотой 0,1–0,2, кроме молодняков;

– гарями – участками леса, поврежденными пожарами до степени прекращения роста;

– погибшими насаждениями – участками леса с засохшими на корню деревьями в результате воздействия энтомо- и фитовредителей, промышленных выбросов, вымокания, рекреационной нагрузки и других причин, а также участками сплошных ветровалов (снеговалов) и буреломов (снеголомов).

Участки земли, занятые молодняками, имеющими полноту 0,1 – 0,3, относятся к той категории земель, на которой эти молодняки возникли.

При таксации выделяются следующие категории нелесных земель:

– земли, не пригодные для выращивания леса без проведения специальных мелиоративных мероприятий – болота, пески, безлесные крутые склоны и другие;

– угодья и земли специального назначения – пашни, сенокосы, пастбища, выгоны, воды, лесные дороги, просеки и противопожарные разрывы, трассы линий электропередач и телефонные линии, усадьбы, сады, плодоваягодные плантации, карьеры, мелиоративные канавы, газопроводы и др.

Минимальная площадь таксационного выдела по разрядам лесоустройства приведена в таблице 86. В Беларуси применяются I^a, I, II разряды лесоустройства.

Разделение покрытых лесом земель на таксационные выделы производится при различии в следующих таксационных признаках насаждений: происхождении, строении, составе, возрасте, полноте, классе бонитета, средних диаметре и высоте, товарности, типе леса, наличии подроста, обеспечивающего лесовозобновление главными породами.

По происхождению насаждения делятся на естественные семенные и порослевые и искусственные – лесные культуры, переведенные в установленном порядке в покрытые лесом земли.

Отнесение естественных насаждений смешанного происхождения к категории семенных и порослевых производится по преобладанию в них деревьев того или иного происхождения.

К лесным культурам относятся насаждения, созданные посадкой или посевом. Они разделяются на сомкнувшиеся (переведенные в покрытые лесом земли) и несомкнувшиеся (не переведенные в покрытые лесом земли).

Земли, занятые несомкнувшимися лесными культурами, учитываются как отдельная категория лесных земель.

По строению насаждения разделяются на простые – одноярусные и сложные – многоярусные; одновозрастные и разновозрастные.

По составу насаждения разделяются при разных основных элементах леса и при разнице в коэффициентах состава на 2 единицы и более.

По возрасту насаждения разделяются, если они относятся к различным группам возраста, а в пределах указанных групп – при различии их средних возрастов на период, превышающий класс возраста.

За возраст насаждения принимается средний возраст его основного элемента леса, а для лесных культур последнего десятилетия – фактический возраст, определяемый по году их производства.

Товарность определяется в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях. По товарности насаждения разделяются при различии основного элемента леса на один класс товарности.

Отдельно выделяются участки леса, пораженные болезнями и гнилями, с выходом деловой древесины 20,% и менее.

На выдела по остальным таксационным показателям насаждения разделяются при разнице:

- по средней высоте основного элемента леса – на 10% и более;
- по полноте основного яруса на 0,2 и более;
- по продуктивности на один класс бонитета и более;
- по среднему диаметру основного элемента леса – на 4 см и более.

В отдельные выделы выделяются насаждения, имеющие под пологом леса лесные культуры или удовлетворительный жизнеспособный подрост хозяйственно ценных пород, а также участки, имеющие сходные таксационные характеристики, но нуждающиеся в различных хозяйственных мероприятиях, или очередностях (приемов) их проведения.

Таксация леса должна производиться с хозяйственно необходимой точностью определения таксационных показателей насаждений.

Требования точности лесотаксационных работ регламентируются нормами предельно допустимых ошибок определения таксационных показателей насаждений и заданным уровнем достоверности.

В зависимости от разряда лесоустройства, ценности и хозяйственной значимости насаждений установлены следующие нормативы точности определения таксационных показателей насаждений (табл. 88).

Таблица 88

Нормативы точности определения таксационных показателей по разрядам лесоустройства и категориям насаждений

№ пп	Категории насаждений	Разряды лесоустройства	Допустимые случайные ошибки определения таксационных показателей выдела ±				
			средних для яруса		средних для основного элемента леса		количества подростов на 1 га, %
			запаса на 1 га, %	высоты, %	коэффициента состава, ед.	диаметра, %	
1.	Все насаждения, назначаемые в предстоящем ревизионном периоде в рубки главного пользования	I–II	10	7	1	10	20
		III	10	8	1	10	25
2.	Насаждения, назначаемые в предстоящем ревизионном периоде в прореживание и проходные рубки	все	15	8	1	10	25
3.	Молодняки, назначаемые к осветлениям и прочисткам, насаждения, назначенные к реконструкции	все	20	10	1,5	10	–

Окончание табл. 88

4.	Все насаждения от IV класса бонитета и выше, не назначаемые в предстоящем ревизионном периоде к	I	15	8	1	10	25
		II–	20	10	1,5	12	30
		III					

	хозяйственным воз- действиям						
5.	Малоценные и низко- бонитетные насажде- ния, не намечаемые к хозяйственному воз- действию	I и II III	20 25	10 12	1,5 2	12 15	30 30

Примечания к таблице 88.

1. При недостаточном наличии спелых насаждений нормативы точности по п. 2 распространяются также на приспевающие насаждения, переходящие в течение предстоящего ревизионного периода в спелые, исключая участки леса, где рубки главного пользования и лесовосстановительные рубки запрещены.

2. В насаждениях, где средняя высота менее 15 м или средний диаметр менее 20 см, или средний запас на 1 га от 70 м³ и менее, допустимыми по соответствующему показателю считаются ошибки, не превышающие соответственно: $\pm 1 \text{ м} \pm 2 \text{ см} \pm 10 \text{ м}^3$.

3. Допустимой ошибкой в определении относительной полноты для всех категорий насаждений при всех разрядах лесоустройства устанавливается $\pm 0,1$.

4. Допустимыми ошибками определений среднего бозраста основного элемента леса считаются при возрастах: до 40 лет ± 5 лет; от 41 до 100 лет ± 10 лет; старше 100 лет ± 20 лет.

Особое внимание должно быть уделено правильной таксации насаждений, находящихся на грани приспевающей и спелой возрастных групп для обоснованного их отнесения к указанным группам.

5. Предельно допустимой величиной систематической ошибки определения любого из таксационных показателей устанавливается $\pm 5\%$.

При таксации леса по любому разряду лесоустройства к недопустимым ошибкам относятся неправильное определение класса товарности древесины, класса бонитета, типов леса, отсутствие или неправильное назначение вида мероприятия, главной породы лесовосстановления, назначения процента выборки древесины выше или ниже пределов, установленных наставлениями и правилами.

В соответствии с установленными нормативами точности применяются следующие методы таксации: перечислительный, глазомерно-измерительный, глазомерный, дешифровочный и выборочная таксация леса.

Все насаждения, назначаемые на предстоящий ревизионный период в рубки главного пользования, лесовосстановительные рубки, а также для проведения прореживаний и проходных рубок, независимо от разряда лесоустройства, таксируются глазомерно-измерительным, выборочным или перечислительным методом.

При I разряде лесоустройства глазомерно-измерительным методом таксируются также все другие насаждения, за исключением молодняков и малоценных насаждений других возрастных групп.

При лесоустройстве по II разряду все насаждения, за исключением указанных выше таксируются глазомерным методом с частичным применением глазомерно-измерительной таксации.

Карточка таксации леса

Все данные таксации независимо от применяемого метода записываются в карточку таксации, которая наряду с фотоабрисом является основным полевым лесоустроительным документом.

Форма и содержание карточки таксации регламентированы ОС-Том 56-22—74 «Формы полевой документации. Карточка таксации». Карточка таксации заполняется на каждый таксационный выдел, включая категории земель, обозначаемые на планово-картографических материалах лесоустройства немасштабными условными знаками. В карточку таксации записываются все таксационные показатели и характеристики, определение которых обязательно для конкретной категории земель или насаждений в соответствии с приведенными в Инструкции требованиями и правилами таксации.

Таксация насаждений производится по элементам леса с выделением ярусов при их выраженности, а в разновозрастных насаждениях – по поколениям. Каждый элемент леса характеризуется средним возрастом, высотой, диаметром, а для приспевающих, спелых и перестойных насаждений, а также насаждений, назначаемых в рубки ухода за лесом и санитарные рубки, запасом и классом товарности древесины. Градации определения значений таксационных показателей приведены в таблице 89.

Выделение ярусов в древостоях производится при следующих условиях:

- полнота каждого яруса должна быть не менее 0,3;
- разница в средних высотах ярусов должна составлять не менее 20%.

При высоте яруса от 4 до 8 м он выделяется, если его средняя высота составляет не менее 1/4 высоты верхнего яруса. Во всех остальных случаях нижний полог насаждения таксируется подростом.

Основным считается ярус, имеющий наибольшее хозяйственное значение.

Разновозрастные древостой, образующие один вертикально сомкнутый полог, в котором невозможно установить границы ярусов, таксируются по поколениям.

Разделение древостоя одной породы на поколения в пределах группы возраста производится при различии их на 2 и более классов возраста. При этом разница средних диаметров древостоев поколений должна составлять не менее 4 см, а участие поколения в составе древостоя – не менее двух единиц. Преобладающим считается поколение, имеющее больший запас древесины.

Породный состав простого насаждения или яруса в сложном насаждении устанавливается по процентному соотношению запасов составляющих древесных пород (элементов леса) и записывается формулой, в которой приводятся сокращенные обозначения древесных пород и доля участия каждой древесной породы в составе, выражаемая в виде коэффициента (целого числа), каждая единица которого соответствует 10% доли участия ее в общем запасе.

Древесные породы, запас которых составляет до 5% от общего запаса насаждения (яруса), записываются в формулу состава со знаком «+».

В молодняках до 10 лет состав определяется по соотношению числа стволов. Если в пологе молодняка имеются подлесочные породы, они в формулу состава не вводятся, но учитываются при определении полноты.

Для основных лесообразующих древесных пород устанавливаются следующие сокращенные обозначения: сосна – С, ель – Е, пихта – П, лиственница – Л, кедр – К, дуб – Д, бук – Бк, граб – Г, ясень – Я, клен – Кл, ильм – Ил, вяз – В, берёст – Бр, саксаул – Су, береза – Б, осина – Ос, Ольха – Ол, липа – Ли, тополь – Т, ива – Ив.

Важнейшей задачей таксации является правильное определение преобладающей и главной пород и отнесение таксируемого насаждения к хвойному, твердолиственному или мягколиственному группам пород.

Порода считается преобладающей, если она составляет наибольшую долю в общем запасе насаждения (яруса).

Главной породой в насаждении считается порода, наиболее отвечающая целям хозяйства.

Главной породой в таком насаждении (ярусе) считается хозяйственно-ценная порода, имеющая наибольший запас, а при равновеликих запасах – большую хозяйственную ценность.

Средний возраст определяется и записывается в карточке таксации для каждой составляющей породы, если разница в их возрасте составляет один класс и более. При относительной (в пределах класса возраста) одновозрастности нескольких составляющих пород или всего насаждения, он соответственно определяется и записывается по группам древесных пород или насаждению в целом.

В разновозрастных насаждениях, где поколения выделить нельзя, указываются нижний и верхний пределы возраста, а средний возраст устанавливается по возрасту преобладающего числа деревьев.

Класс бонитета определяется по происхождению, среднему возрасту и средней высоте основного элемента леса. В молодняках до 10 лет класс бонитета устанавливается по условиям местопроизрастания (типу леса). При таксации леса должна обеспечиваться увязка бонитетов с типами леса или типами условий местопроизрастания.

Типы леса и типы условий местопроизрастания устанавливаются по схемам, разработанным для лесорастительного района, в границах которого находится устраиваемый объект.

Относительная полнота определяется отдельно для каждого яруса насаждения глазомерно или по данным определения сумм площадей сечения с помощью полнотомера или путем пересчета деревьев на круговых площадках постоянного радиуса или ленточных пересчетов.

Для насаждений высотой до 3 м полнота определяется по степени сомкнутости полога. Для молодняков естественного происхождения, не вступивших в стадию смыкания, полнота насаждения определяется по количеству древесных растений в пересчете на 1 га. Если оно соответствует нижнему пределу удовлетворительной оценки возобновления, полнота принимается условно равной 0,4.

В приспевающих, спелых и перестойных смешанных и сложных насаждениях общий запас древесины на 1 га определяется как сумма запасов, определенных по группам составляющих древесных пород.

В молодняках и средневозрастных насаждениях запас определяется по преобладающей породе, средневзвешенной высоте и полноте яруса.

Сухостой, валеж и единичные деревья учитываются при лесоустройстве по I–II разрядам при наличии их на 1 га 5 м^3 и более, а по III разряду – минимальный подлежащий учету их объем устанавливается первым лесоустроительным совещанием.

При описании подроста под пологом леса и возобновления на не покрытых лесом лесных землях определяются следующие таксационные показатели:

- породный состав по соотношению числа жизнеспособных экземпляров;
- возраст (средний);
- средняя высота;
- количество экземпляров в тыс. шт. на 1 га;
- размещение (равномерное или куртинное).

Вырубки, гари и редины, имеющие удовлетворительное возобновление, таксируются насаждениями.

При описании подлеска указываются основные виды кустарников и степень их густоты. Градации густоты устанавливаются региональными нормативами в пределах групп кустарниковых пород. Там, где отсутствуют нормативы, для оценки густоты подлеска принимаются следующие придержки: густой – более 5 тыс. кустов на 1 га, средней густоты – 2–5 тыс. кустов и редкий – до 2 тыс. кустов.

Покров характеризуется основными видами трав, в первую очередь индикаторами условий местопроизрастания. В карточке таксации указывается до трех видов наиболее представленных в покрове ягодников, лекарственных и других ценных трав. Для лекарственных травянистых растений и ягодников указывается вид и процент проективного покрытия.

Почва описывается с указанием механического состава, степени оподзоленности, влажности. При наличии эрозии указывается ее вид и степень развития. В горных условиях дополнительно описывается мощность почвы и процент выхода коренных горных пород на поверхность.

Положение характеризуется расположением участка относительно элементов рельефа местности (пойма, водораздел, плато, ложбина, склон и т. д.) и формами рельефа (ровный, слабоволнистый, холмистый, бугристо-холмистый).

Для лесных культур ревизионного периода и несомкнувшихся культур старших возрастов указываются категория земель, на которых созданы лесные культуры, способы подготовки почвы и производства

лесных культур, схема размещения посадочных мест и смешения пород, приживаемость несомкнувшихся культур и полнота сомкнувшихся культур, оценка их качества, причины неудовлетворительного состояния или гибели.

Лесные культуры, созданные в порядке реконструкции насаждений естественного происхождения, если они не сомкнулись в ряду, относятся к категории несомкнувшихся лесных культур. В этом случае описание культур в карточке таксации ставится на первое место, а насаждения естественного происхождения — на второе, с отнесением выдела в категорию несомкнувшихся лесных культур.

Сомкнувшиеся лесные культуры, созданные в порядке реконструкции насаждений, значительно отличающиеся по высоте от древесных пород естественного происхождения, также описываются отдельно. На первое место ставится описание лесных культур, на второе — описание насаждений естественного происхождения, с отнесением выдела в категорию лесных культур.

При описании поврежденности насаждений указывается год и вид повреждения, процент поврежденных деревьев, степень повреждения, основные виды энтомо- и фитовредителей или животных, вызвавших повреждение.

Поврежденные насаждения, в которых жизнеспособная часть составляет полноту 0,1–0,2, относятся к рединам, а при полноте , менее 0,1 — к другим соответствующим категориям не покрытых лесом земель (гари, буреломы, ветровалы, снеговалы и т. п.). При описании таких выделов в них отдельно указывается таксационная характеристика жизнеспособной и погибшей части древостоев. При этом, для погибшей части древостоя, сохранившей товарные качества древесины, указываются состав, возраст, средняя высота, запас ликвидной древесины на 1 га, а также по каждой породе средний диаметр и класс товарности.

Комплект карточек таксации с характеристиками всех таксационных выделов квартала, сгруппированных по категориям защитности и заключенных в обложки, заполняемые отдельно для каждой категории защитности, а также в целом для всего квартала, представляют собой исходные данные для составления на ЭВМ таксационного описания и проектных мероприятий.

В лесопарковой части зеленой зоны, кроме обычных таксационных показателей насаждений и характеристики не покрытых лесом лесных и нелесных земель, при таксации определяются: тип ландшафт-

та, класс эстетической и санитарной оценки, проходимость, устойчивость (степень дигрессии), наличие малых архитектурных форм и видовых точек [29].

Таблица 89

Единицы измерения и градация определения значений таксационных показателей насаждений

Таксационный показатель насаждения	Единица измерения и градация определения значений таксационных показателей насаждений	
	при производственной таксации	при исследовательских и обследовательских работах
Средняя высота древостоя (яруса) и элементов леса: а) при средней высоте до 5,0 м б) при средней высоте более 5,0 м	0,5 м 1,0 м	0,1 м
Средний диаметр элементов леса: а) при среднем диаметре до 32 см б) при среднем диаметре более 32 см	2 см 4 см	0,1 м
Запас сырораствующего леса древостоя (яруса): а) при запасе на 1 га до 50 м ³ б) при запасе на 1 га более 50 м ³ в) для саксаульников и кустарников	5 м ³ 10 м ³ 1 м ³	1,0 м ³
Запас единичных деревьев, сухостоя и захламленности а) при лесоустройстве по I–II разрядам б) при лесоустройстве по III разряду	5 м ³ 10 м ³	1,0 м ³
Полнота древостоя (яруса)	0,1 ед.	0,01 ед.
Сумма площадей сечения деревьев на высоте 1,3 м на 1 га	0,5 м ²	0,1 м ²
Доля участия (коэффициент состава) элементов леса (пород) в составе древостоя (яруса) и подроста	10%	1%

Окончание табл. 89

Возраст элементов леса: а) в хвойных молодняках до 10 лет, лиственных молодняках до 5 лет и культурах всех возрастов, год происхождения которых известен б) в насаждениях до 100 лет в) в насаждениях свыше 100 лет	 1 год 5 лет 10 лет	1 год
--	----------------------------------	-------

Бонитет	1 класс	1 класса
Класс товарности	1 класс	1% выхода деловой древесины
Средняя высота подроста: а) при высоте до 0,5 м б) при высоте более 0,5 м	0,1 м 0,5 м	0,1 м
Средний возраст подроста	5 лет	1 год
Количество подроста на 1 га	0,5 тыс. шт.	0,1 тыс. шт.
Количество пней на 1 га вырубке	100 шт.	1 шт.

Для вырубок и гарей определяются год рубки леса или пожара, вид пожара (верховой, низовой, подземный). На вырубках указывается количество пней на 1 га (в том числе – сосновых), их средний диаметр и степень разрушения для определения возможности и способов механизации лесовосстановительных работ и выявления пневого осмолы.

Для полностью погибших древостоев, сохранивших товарные качества древесины, определяются состав, возраст, средняя высота, полнота, класс бонитета, тип леса, запас ликвидной древесины на 1 га. Для каждой древесной породы определяются также средний диаметр и класс товарности.

Определение количественных значений таксационных показателей насаждений производится в единицах измерения и с градацией, указанными в табл. 89.

Для болот указываются тип болота (верховое, переходное, низинное), тип растительности (осоковое, сфагновое, тростниковое и т. д.), проходимость (мощность торфяного слоя), наличие клюквы, ее урожайность, характеристика произрастающей древесно-кустарниковой растительности.

При таксации дается описание всех дорог, проходящих через квартал.

Для каждой дороги указывается назначение (лесохозяйственная, лесовозная или общего пользования), тип (железная дорога широкой или узкой колеи, автомобильная дорога с искусственным покрытием, грунтовая дорога круглогодичного или сезонного действия, постоянная канатная дорога, лежневая дорога, лесоспуск), ширина трассы и ширина земляного полотна, протяженность и состояние дороги. Указывается также наличие и состояние мостов и других дорожных сооружений.

Дороги должны быть отражены на планово-картографическом материале.

Нумерация таксационных выделов на полевых абрисах производится в целом для квартала, независимо от входящих в него категорий защитности лесов. Выделы последовательно нумеруются арабскими цифрами с северо-западного угла квартала к юго-восточному.

Лекция 20. Таксация лесного фонда при лесоустройстве

Глазомерно-измерительный метод таксации основан на сочетании натурной глазомерной таксации леса с выборочной измерительной и перечислительной таксацией, данные которой являются основой для таксационной характеристики выдела. При этом в обязательном порядке в выделе, таксируемом закладкой реласкопических площадок или путем перечета деревьев на круговых площадках, определяется сумма площадей сечений на 1 га. Круговые перечетные площадки закладывают только в насаждениях, где из-за подроста или подлеска вести учет деревьев полнотомером затруднено.

Количество закладываемых таксационном выделе реласкопических площадок или круговых перечетных площадок зависит от требуемой точности таксации, величины выдела, полноты насаждения и определяется по таблице 90.

Систематическое равномерно-статистическое размещение реласкопических и перечетных площадок производится по заранее составленной схеме, нанесенной на абрис или аэрофотоснимок. Центры площадок закрепляются в натуре кольями с указанием номера площадки.

Во избежание выхода круговых площадок за пределы таксируемого выдела, перенос их центров в натуру начинают от твердо опознанной на фотоабрисе точки с помощью компаса. Не допускается произвольный снос центра площадки от намеченной точки, независимо от точности соблюдения направления и определения расстояния до нее от исходного пункта или предыдущей площадки.

Таблица 90

Количество закладываемых реласкопических и перечетных площадок постоянного радиуса при глазомерно-измерительном методе таксации

Площадь выдела, га	Количество закладываемых при таксации реласкопических и перечетных площадок постоянного радиуса (шт.)					
	при точности определения запаса $\pm 10\%$			при точности определения запаса $\pm 15\%$		
	0,3-0,5	0,6-0,8	0,9-1,0	0,3-0,5	0,6-0,8	0,9-1,0
1	6	4	2	4	2	2

2	7	5	3	4	3	2
3	8	6	4	5	4	3
4	9	7	5	5	4	3
5	10	8	6	6	5	4
6-7	12	9	7	7	5	4
8-10	14	10	8	8	6	5
11-15	15	11	9	9	7	5
16-20				10	8	6
21-30				12	9	7
31-40				14	10	8
41-50				15	12	9

На реласкопических площадках определение сумм площадей сечений производится угловым шаблоном-пол-нотомером, призмой или зеркальным реласкопом для каждого яруса отдельно.

Учет деревьев полнотомером производится по составляющим породам с разделением деревьев каждой породы по технической годности на деловые, полуделовые и дровяные.

Данные всех измерений на реласкопических площадках записываются в карточку таксации. Заполнение всех разделов карточки производится при таксации в лесу.

Запас насаждения или яруса на 1 га определяется как сумма запасов составляющих пород, которые вычисляются по формуле:

$$M = G \cdot H \cdot F,$$

где: M – запас древесины на 1 га, м³;

G – среднее арифметическое значение суммы площадей сечений на 1 га, м² по данным измерений на круговых площадках.

$H \cdot F$ – видовая высота древостоя, м.

Перед закладкой круговых перечетных площадок постоянного радиуса определяется их радиус, величина которого зависит от полноты и среднего диаметра древостоя. В среднем на одной площадке должно быть не менее 15 деревьев.

Придержкой для выбора радиуса круговых перечетных площадок могут служить данные таблицы 91.

Таблица 91

Рекомендуемые радиусы круговых перечетных площадок в зависимости от среднего диаметра и полноты насаждений (м)

Полнота	Средний диаметр насаждений				
	до 16	20	24	28	32 и выше
0,3-0,4	11,3	11,3	13,8	17,8	17,8

0,5-0,6	9,8	11,3	11,3	13,8	13,8
0,7-0,8	9,8	9,8	11,3	11,3	11,3
0,9-1,0	9,8	9,8	9,8	11,3	11,3
Радиус (м) и площадь (м ²) круговых площадок					
	Радиус	9,8	11,3	13,8	17,8
	Площадь	300	400	600	1000

Перечет деревьев на площадках ведется по элементам леса с подразделением деревьев по технической годности на деловые, и дровяные.

Данные перечетов деревьев на круговых площадках, заложенных в выделе, суммируют и производят их обработку общепринятым для пробных площадей методом.

При глазомерном методе таксации все таксационные показатели насаждения выдела определяются глазомерно на основе навыков, приобретенных на коллективной и индивидуальной тренировках, и личного производственного опыта таксатора, с использованием элементов измерительной таксации в целях корректировки отдельных показателей.

Таксационная характеристика выдела составляется на основе его натурального осмотра в целом или по частям.

Для обеспечения нормативной точности глазомерной таксации насаждений в пунктах таксации должны производиться 1–2 замера сумм площадей сечений и измерения высот и диаметров средних деревьев.

Устанавливается следующее минимальное количество описаний (пунктов таксации) выдела в зависимости от его величины по разрядам лесоустройства (таблица 92).

Таблица 92

Минимальное количество описаний участков	Площадь выдела в га по разрядам лесоустройства		
	I	II	III
1	до 3	до 5	до 12
2	3-10	5-20	12-40
3	11 и более	21 и более	41 и более

Каждое новое таксационное описание выдела производится при устойчивом изменении одного или нескольких таксационных показа-

телей по сравнению с предыдущим пунктом таксации не менее чем на одну градацию, установленную для определения показателя.

При отсутствии существенных изменений повторные описания крупных выделов по таксационному ходу производятся не реже, чем через 500 м при III разряде и через 250 м – при II-м разряде лесоустройства или путем захода в межвизирное пространство.

Общая таксационная характеристика выдела по данным двух и более пунктов таксации составляется в лесу сразу после завершения его полного осмотра и таксации в натуре, с учетом величины частей выдела, характеризующихся каждым описанием. Вопрос о разделении предварительно оконтуренного на аэрофотоснимке выдела на два или более или объединении смежных выделов с близкими характеристиками решается также в лесу.

Дешифровочный метод таксации основан на аналитико-измерительном дешифрировании качественных и количественных характеристик насаждений по их изображению на аэрофотоснимках.

Обязательными условиями применения дешифровочного метода таксации являются:

- обеспеченность объекта лесоустройства качественными аэрофотоснимками масштаба не мельче 1 : 10 000.

- специальная подготовка таксаторов по дешифрированию аэрофотоснимков;

- обеспечение каждого исполнителя работ стереоскопом и другими приборами.

При таксации выделов методом дешифрирования таксационные показатели насаждений определяются путем анализа и сравнения фотоизображения дешифрируемого выдела с фотоизображением выделов, протаксированных глазомерным или глазомерно-измерительными методами. Анализируются и используются также данные прежнего лесоустройства.

При необходимости применяется измерительное дешифрирование таксационных показателей.

В карточке таксации и в таксационном описании делается отметка, что выдел протаксирован дешифровочным методом.

По данным инвентаризации лесного фонда лесоустройство (ГЛПУ «Белгослес») представляет лесхозу (лесничеству) следующие материалы:

1. Проект организации и ведения лесного хозяйства лесхоза (лесничеств) на последующий 10 – лет период.

2. Данные по характеристике лесного фонда в виде таблиц распределения лесного фонда по категориям земель, площадей и запасов насаждений по группам лесов, категориям защитности, группам возраста, преобладающим породам, классам бонитета и типам леса, полнотам и другие.

3. Расчет лесосек главного пользования, рубок ухода и санитарных рубок, прочих рубок с ведомостями и набором участков на ревизионный период.

4. Материалы по лесовосстановлению, лесозащите и охране лесов, другие лесохозяйственные мероприятия.

5. Таксационное описание. Планово картографические материалы (лесостроительные планшеты, планы лесонасаждений, схема лесхоза и другие).

Основные материалы лесоустройства обрабатываются в системе СОЛИ [9]. Лесостроительные планшеты М 1:10000 создаются в системе FORMOD в электронном виде с привязкой к аэрофотоснимкам и топографической основе. Лесостроительные планшеты и поведельная база данных в электронном виде используются для создания ГИС «Лесные ресурсы» [10, 12].

Данные инвентаризации лесного фонда широко используются в лесостроительном проектировании, в планировании и ведении лесного хозяйства, в автоматизированной системе управления лесным хозяйством (ИСУЛХ), в подготовке лесосечного фонда, мониторинге и контроле состояния лесов [1, 12, 14].

КАРТОЧКА ТАКСАЦИИ (Для учета таксационной характеристики земельного участка)

№ ЛЕС. ВР.

Номер участка		Площадь участка (га)		Категория земель	Специальная категория	Рельеф	Зона		Широта простречки			Почвенная запись помероприятий		
Вид	Степень	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	1-я	% в	2-я		3-я	
Г	Список пород	Средний диаметр	Теплота	Угол наклона	Объем вырубной	Удельный вес	Температура	Запасы на 1 га в лес. т. е. б. м.					Средний диаметр	
Д	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Шифр	Породы	Возраст	Запас	Всего	В т. ч. сосны		
Ж	Породы	Возраст	Н (м)	Д (см)	Класс товарности	Вид, сорт, сортность	Показатели	Запасы на 1 га	Средняя толщина	Н (м)	Д (см)	Класс товарности	Вид, сорт, сортность	Запасы на 1 га
И	Породы	Возраст	Н (м)	Средний диаметр	Класс	Состояние в породе			Подкласс	Состояние на участке			Всего	
И	Породы	Возраст	Н (м)	Средний диаметр	Класс	Порода 1	Порода 2	Порода 3	Подкласс	Густота	Возраст	Порода 1	Порода 2	Порода 3
И	Категория земель	Предела	Земельный	Почва	Почва	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ (заполняется по требованию)								
И	Шифр	1	2	3	4	5	6	Шифр	1	2	3	4	5	6
И	КОМПЛЕКТ ДЕРЕВЬЕВ													
И	Круговые комочки (по Биттерлиху)													
И	Порода	Возраст	Н (м)	Д (см)	Длина диаметра	Шифры								
И						1	2	3	4	5	6	7	8	9

Пункт таксации	ОПИСАНИЕ УЧАСТКА (Согласно ввозу по породам и сортам записанным)										Средние										
Мест. местность											Н (м)	Д (см)	Класс товарности			Вид, сорт, сортность					
											Показатели			Запасы		Возраст		Температура		Литоральные	
											Классы			Виды		Сортности		Запасы		Возрасты	
											Сортности			Виды		Сортности		Запасы		Возрасты	
											Виды			Сортности		Запасы		Возрасты		Литоральные	

**Карточка
обследования естественного возобновления леса**

Область, край, АССР _____ Лесостроительное предприятие _____
Л/х предприятие _____ Экспедиция _____
Лесничество _____ Партия № _____
Квартал № _____ Выдел № _____ Площадь, га _____ Категория земель _____

Характеристика категории земель

1. Состав насаждения _____ 2. Возраст, лет _____ 3. Кл. бонитета _____
4. Полнота _____ 5. Тип леса, ТУМ _____ 6. Рельеф _____
7. Почвы _____ 8. Экспозиция, крутизна _____
9. Степень задернения _____ 10. Захламленность, м³/га _____
11. Класс пожарной опасности _____ 12. Подрост: Состав _____
тыс. шт./га _____ Высота, м _____ Возраст, лет _____
13. Подлесок: Состав _____ тыс. шт./га _____ Высота, м _____
14. Тип вырубki (гари) _____

Характеристика хозяйственной деятельности

15. Способ рубки _____ 16. Ширина лесосеки, м _____
17. Срок примык., лет _____ 18. Способ трелевки _____
19. Способ очистки лесосеки _____ 20. Наличие хозяйственно-ценных деревьев
на обследуемом участке (шт./га по породам), всего _____
из них семенников _____, недорубов _____ 21. Размещение имеющихся
деревьев (равномерное, куртинное) _____ 22. Выполненные
мероприятия, их давность (лет), эффективность _____

Характеристика и результаты учетных работ

23. Кол-во учетных площадок на участке, шт. _____ на 1 га _____
24. Размер учетной площадки, м² _____ 25. Обследовано, м² _____
% _____ 26. Характеристика обследованного возобновления (подроста):
Состав _____ Ср. возраст, лет _____ ср. высота, м _____
тыс. шт./га _____ Полнота _____ Размещение и состояние _____
27. Процент сохранности хозяйственно-ценного подроста при рубке _____
28. Выводы и оценка: _____
29. Хозяйственное распоряжение _____

Исполнитель _____ Дата обследования _____

Проверил _____

Лекция 21. Обработка данных таксации лесного фонда на ЭВМ. Актуализация лесного фонда

Проекты по актуализации и прогнозу динамики лесного фонда выполняются по материалам базового и непрерывного лесоустройства с учетом текущих изменений, происшедших в лесном фонде за счет рубок леса, приема-передачи земель, создания лесных культур, стихийных явлений. Данные по учету лесного фонда в отдельных предприятиях имеют различную давность, поэтому они приводятся к одной дате, т. е. актуализируются.

Актуализация предполагает внесение изменений по прошедшим разнообразным лесохозяйственным мероприятиям (по рубкам главного пользования, промежуточным, рубкам ухода, прочим рубкам и т.д.), стихийным явлениям природы (ураганы) и прогнозирование таксационных показателей на определенный период.

Система актуализации лесного фонда создана как автоматизированная система на ЭВМ на основе банка данных «Лесной фонд Республики Беларусь».

Актуализация выполняется двумя способами:

1. Пovyдельная актуализация.
2. Актуализация лесного фонда каждого лесхоза по итогам таблиц классов возраста.

Пovyдельная актуализация лесного фонда должна проводиться по каждому таксационному выделу лесного предприятия. Для этого в банке данных организуется файл (отдельный массив записей) таксационного выдела: основной файл, файлы рубок, лесовосстановления и прочих изменений.

Внесение текущих изменений и организация файла проводятся по сведениям, полученным от лесхозов. После внесения текущих изменений осуществляется прогнозирование роста по регрессионным моделям.

Регрессионная модель прогнозирования древостоев по диаметру и высоте имеет вид

$$\lg P_H (P_D) = b_0 + b_1 \lg A + b_2 \lg^2 A + b_3 \lg H 100.$$

Прогноз запаса древостоев выполняется по следующей регрессионной модели

$$\lg P_M = b_0 + b_1 \lg A + b_2 \lg^2 A + b_3 \lg H 100.$$

Сумма площадей сечения древостоя получается через запас и видовую высоту, которая оценивается по уравнению

$$HF=b_0+b_1H+b_2HD^2+b_3H100.$$

где P_H – процент среднепериодического прироста древостоя по средней высоте и диаметру (P_D); P_M – процент среднепериодического текущего запаса древостоя; A – средний возраст древостоя; M – запас древостоя; $H100$ – индекс класса бонитета; H , D – средние высота и диаметр; b_0 – b_3 – коэффициенты регрессии.

Связь между зависимыми переменными и коэффициентами регрессии для сосновой хозсекции представлена в табл. 97.

Показатели регрессионных моделей прогноза роста древостоя показывают, что модели объясняют 94–99% вариационной зависимости переменной с абсолютной ошибкой до 1% прироста. Модели, предсказывающие видовую высоту, характеризуются относительной ошибкой +/- 5–10%. Коэффициенты регрессии значимы на 5–10-процентном уровне значимости и модели достоверны по F-критерию Фишера.

Таблица 97

Регрессии прогноза диаметров, высот и запасов древостоев

Зависимая переменная	Коэффициенты регрессии				Детерминация	Стандартная ошибка	Критерий Фишера
	b_0	b_1	b_2	b_3			
$\lg P_H$	1,9067	-0,4152	-0,2512	-0,1955	0,954	0,11	1751,8
$\lg P_D$	1,7597	-0,4002	-0,2156	-0,1275	0,960	0,09	2028,8
$\lg P_M$	2,3102	-0,2026	-0,9096	-0,0415	0,939	0,12	1283,7

Более простым является второй способ актуализации лесного фонда по итогам распределения площадей и запасов насаждений хозсекций по классам возраста в разрезе древесных пород. Для актуализации необходим период времени. Модели прогноза процесса среднепериодических (за год) текущих изменений запасов древостоев (в коре) имеют вид

$$\lg P_M=b_0+b_1\lg A+b_2\lg M.$$

Регрессия включает запасы древостоев как фактические, показывает относительную полноту насаждения или степень их изреживания. С увеличением возраста древостоя процент текущих изменений запасов уменьшается, а с уменьшением среднего запаса древостоев на 1 га увеличивается.

Регрессия объясняет 94–98% вариации процента текущих изменений запасов древостоев.

Актуализация лесного фонда имеет особое практическое значение при ведении повыделенного банка данных, лесном кадастре, в геоинформационной системе «Лесные ресурсы».

Лекция 22. Методы исследования хода роста насаждений. Моделирование хода роста и производительности насаждений на ЭВМ

Математическое моделирование роста леса на ЭВМ является относительно новым направлением в лесотаксационной науке. Как в большинстве новых направлений, первоначальное внимание было сконцентрировано на решении узких, специальных вопросов, а не в широком смысле на перспективу применения моделей в системе управления лесными ресурсами. Системный подход к моделированию роста леса на ЭВМ связан с пересмотром идей и способов моделирования.

Модели роста и производительности насаждений требуются для различных аспектов контроля и управления лесами: таксации насаждений, оценки вариантов ухода за лесом, прогнозирования продуктивности древостоев, оценки производительности условий произрастания. Главное же назначение математических моделей роста насаждений – обеспечить данными для анализа и проверки многочисленных гипотез относительно различных вариантов ведения лесного хозяйства (лесопользования, лесовосстановления, рубок ухода, лесомелиорации и т. д.). Совместно с моделями оптимизации лесохозяйственных мероприятий модели роста насаждений дают ключевую информацию при принятии правильных решений в управлении лесами.

Первоначально исследователи пытались связать отдельные цели (назначения) моделирования роста леса, а не основные принципы моделирования, что привело к несколько путанной классификации направлений моделирования. Тем не менее практически все модели имеют одну общую цель: в некоторой точке или точках времени (возрасте) можно получать данные о состоянии насаждения. D. Munzo (1974) указывает на три основных принципа в моделировании роста насаждений [11].

Первый принцип предполагает, что основной единицей моделирования является отдельное дерево и его части. Для разработки модели роста насаждения необходимы данные таксации частей древесного ствола, измерений коры, оценки биологической конкуренции деревьев и их пространственного размещения на площади в системе координат.

Второй принцип предполагает, что основная единица моделирования – отдельное дерево. Переменными в модели представлены так-

сационные признаки деревьев без учета их пространственного размещения и данных таксации частей древесного ствола.

Третий принцип моделирования предполагает, что основной единицей моделирования является древостой и модели строятся для совокупности насаждений по их средним таксационным показателям.

Модели первого типа создаются на основе информации о росте отдельных деревьев в насаждении: индекс условий произрастания, фактор конкуренции деревьев, измерения ширины и длины кроны, расстояние между деревьями, анализ хода роста древесного ствола, текущий прирост по диаметру и высоте по 5-летиям вдоль ствола, положение дерева в системе координат. Это направление получило развитие в Северной Америке. Модели Newnham (1964), Lee (1967), Lin (1969, 1974), Bella (1970), Mitchell (1967), Arney (1974) и другие, хотя отчасти различные в деталях, являются подобными в принципе [5, 6]. Каждая модель основывается на постулате: размер конкуренции, которой подвергается дерево, пропорционален той части круга, что перекрывается кругами конкуренции соседних деревьев. Круг конкуренции обычно определяется как некоторая функция диаметра дерева на 1,3 м. Фактическое количество перекрытия (т. е. конкуренция) выражалось различными авторами в единицах площади окружности или углов. Newnham проверил влияние различных пространственных распределений на отпад. Lin показал, что конкуренция, которой дерево подвергалось последние 5 лет, является полезной переменной в модели роста дерева. Bella дал итеративный алгоритм для определения пределов влияния конкуренции. Arney показал возможность использования для имитационной модели насаждения текущего прироста каждого дерева по 5-летиям.

J. Lin (1974) разработал имитационную модель для прогноза текущего прироста древостоя. В насаждении проводится перечислительная таксация, измеряются положение деревьев в системе координат, текущий прирост каждого дерева по высоте и диаметру и т. д. Функции связи текущего прироста с показателями имеют вид

$$Z_d^T = f(SI, A, d, GSI, \Delta GSI);$$

$$Z_h^T = f(SI, A, d),$$

где Z_d^T , Z_h^T – абсолютный текущий годичный прирост дерева по

диаметру и высоте соответственно; SI – индекс условий местопроизрастания – показатель их потенциальной производительности; A – возраст дерева, лет; GSI – индекс растущего пространства или площадь питания дерева; ΔGSI – текущее изменение индекса растущего пространства, d – диаметр дерева, см.

Индекс GSI вычисляется путем оценки угла между деревом и его конкурентами. Методический подход заключается в установлении связей между шириной кроны и диаметром деревьев, растущих на открытом пространстве (индекс $GSI=0$), и угнетенных ($GSI=100$), которые показывают соответствующий угол (рис. 95).

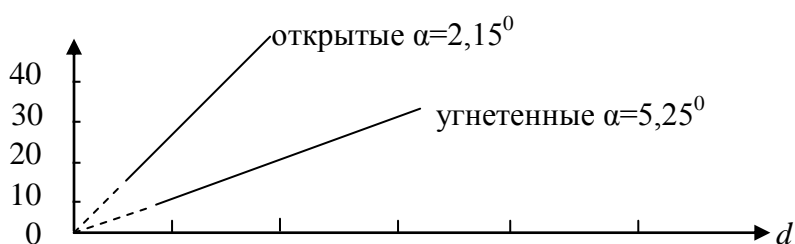


Рис. 95. Связь между шириной кроны и диаметром деревьев, растущих на открытом пространстве, и угнетенных

Между прямыми линиями на рис. 95 находятся пределы растущего пространства дерева. Таким образом, если угол между деревом и его конкурентом меньше $2,15^\circ$, то конкуренция отсутствует ($GSI=100$), если угол равен или больше $5,25^\circ$, то конкуренция максимальная и индекс $GSI = 0$.

Индекс вычисляется на ЭВМ с использованием карты пространственного распределения деревьев по площади насаждения. Для отдельного дерева растущее пространство делится на 4 части (рис. 96). В квадрате северо-запад конкуренция равна нулю (нет соседних деревьев), т. е. индекс $GSI = 100$. В квадрате северо-восток угол конкуренции уменьшается в 5 раз, т. е. $GSI = 25 - 5 = 20$. В квадрате юго-восток угол конкуренции $5,25^\circ$, т. е. конкуренция составляет 25 и индекс $GSI = 25 - 25 = 0$.

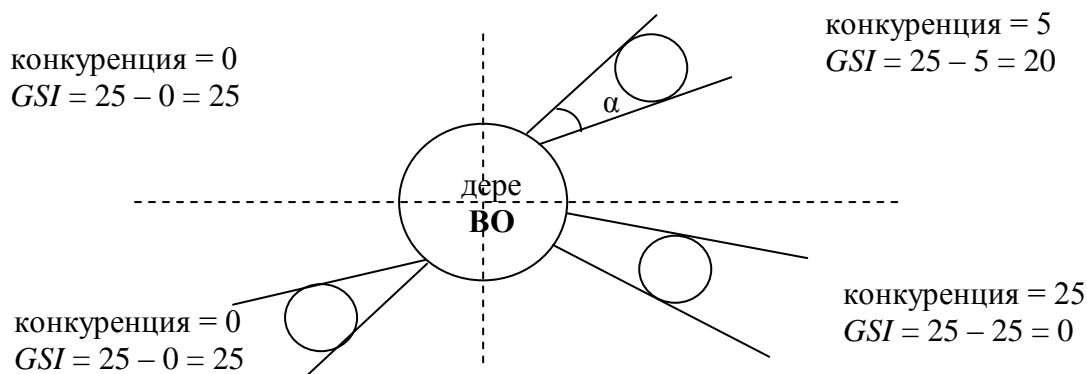


Рис. 96. Оценка индекса растущего пространства

Прогноз текущего прироста на 18 лет по имитационной модели сравнивался с данными перечислительной таксации древостоев на пробных площадях. Результаты показывают максимальные отклонения по среднему диаметру древостоя от +4,5 до -5,0 см, средней высоте от +3,6 до -3,4 м.

Модели данного типа дают весьма детальную информацию о строении древостоя, и главное их назначение – проверить влияние различных лесохозяйственных программ, таких, как схемы посадки, рубок ухода и удобрений на рост леса. Однако самым большим препятствием к практическому применению этих моделей является требование информации о пространственном распределении деревьев и данных таксации частей древесного ствола. Такая информация дорогостоящая и не всегда имеется в наличии. Трудно также измерить биологическую конкуренцию деревьев. Значительным недостатком является большой объем внешних запоминающих устройств и вычислительных работ на ЭВМ. Применение крупномасштабной аэрофото съемки позволит более эффективно выполнять картирование деревьев по пробе, но это не уменьшит стоимости таксации частей ствола и трудности практического применения данного типа моделей.

Модели второго типа разрабатываются с использованием зависимостей относительного прироста по высоте, диаметру и объему от таксационных показателей дерева и насаждения, факторов окружающей среды (среднее расстояние между деревьями, температура и длина сезона роста, величина осадков и т. д.). В этих моделях широко используются функции распределения деревьев по диаметру, высоте и другим признакам. Моделирование режимов рубок ухода выполняется имитацией строения древостоев по диаметру с прогнозированием прироста по площади сечения, вырубаемой части, по числу деревьев и

площади сечения. Моделирование прироста и отпада древостоя отличается от простых регрессионных моделей роста (Lemon, Shumaker 1962), где периодический текущий прирост по диаметру является функцией фактора конкуренции, условий местопроизрастания и объема дерева. Наибольшее распространение эти модели получили в Скандинавских странах. Сторонники «аналитического» способа моделирования хода роста насаждений концентрируют внимание на развитии математической теории и совместимости функций прироста и общей производительности насаждений (Turnbull, Pienaar 1973, Clutter 1963, 1972). С другой стороны, сторонники эмпирического изучения «лучшей» функции прироста обычно применяют регрессионный анализ с подбором наиболее подходящей регрессии без строгого внимания к математической элегантности и совместимости функций прироста и производительности (Golding 1972, Vuokila 1973, Stage 1973).

A. Sullivan и J. Clutter (1972) предложили систему уравнений, составляющих алгебраически логическую модель хода роста одновозрастных насаждений по сумме площадей сечения и запасу. Цель – получить совместные модели роста и производительности насаждений. Прогнозирование запаса древостоя выполняется по модели.

$$M_2 = b_0 + b_1 H_{100} + b_2 A_2^{-1} + b_3 \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \ln G_1 + b_4 - \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) + b_5 \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) H_{100}.$$

Прогнозирование суммы площадей сечения древостоя:

$$\ln G_2 = \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \ln G_1 + b_1 \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) + b_2 \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) H_{100}.$$

Прогнозирование общей производительности насаждений:

$$M = b_0 + b_1 H_{100} + b_2 A^{-1} + b_3 \ln G,$$

где A_1, A_2 – возраст древостоя в настоящий момент и через « n » лет; G_1 и G_2 – соответственно сумма площадей сечения древостоя теперь и через « n » лет; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – коэффициенты регрессий; H_{100} – индекс условий местопроизрастания, определяемый верхней высотой в возрасте 100 лет; M – общая производительность.

Проверка моделей 1–3 на данных таксации древостоев (102 постоянные пробные площади) подтвердила логическое постоянство и адекватность моделей.

Y. Vuokila (1980) при моделировании роста и производительности сосновых насаждений Финляндии использовал функции относительного текущего прироста деревьев и древостоев по диаметру, вы-

соте и объему [7]. Независимыми переменными в моделях явились: показатели среднего дерева древостоя (диаметр, высота, возраст, объем); таксационные показатели древостоя (диаметр, верхняя высота, возраст, площадь сечения, запас, процент отпада по площади сечения); переменные окружающей среды (среднее расстояние до соседних деревьев, средняя температура сезона роста, число дней с температурой более +16°C). Рубки ухода прогнозируются по программам рубок ухода (способ, интенсивность и повторяемость рубок) на ЭВМ, применяя динамику строения древостоев по диаметру с помощью бета-функции [11].

Модели второго типа требуют меньше информации и могут быть полезны при создании системы принятия решений и оценке альтернативных вариантов ведения лесного хозяйства. Серьезный недостаток этих моделей – отсутствие надежности в прогнозировании текущего прироста древостоев и имитации роста насаждений.

Дальнейшим развитием моделей второго типа явились модели роста леса в виде случайного стохастического процесса (Т. Suzuki 1971, 1974; L. Peden и др. 1973; Н. Bruner, J. Moser 1973). Информация собирается в виде данных периодических таксаций насаждений на стационарах. За период роста (1 год) дерево может остаться в данной ступени толщины или перейти в другое состояние: следующую ступень толщины, из растущего состояния в сухостой, отпад или вырубленную часть. Процесс роста леса рассматривается в виде непрерывно-временной модели описания вероятностей перехода дерева из одного состояния в другое А. Маркова. Т. Suzuki и J. Umemura (1974) условные переходные вероятности описывают дифференциальным уравнением А.Н. Колмогорова [8]. L. Peden и др. (1973) применили модель А. Маркова.

Это направление моделирования роста насаждений является попыткой еще глубже и точнее описать процесс роста леса. Основная цель – прогнозирование роста насаждений. Трудность в создании моделей – большой объем опытных данных и вычислительных работ на ЭВМ.

Модели третьего типа широко используются в различных странах в виде таблиц хода роста. Современные ЭВМ позволяют разработать сложные регрессионные модели. К сожалению, ценность таких регрессионных моделей в условиях пассивного эксперимента невелика, поэтому работа идет по созданию имитационных моделей роста

леса, использующих регрессионные модели связи таксационных признаков древостоев [11].

Модели (таблицы) роста и производительности насаждений получили широкое распространение в нашей стране. Н.Н. Свалов выполнил детальный обзор и анализ методов составления таблиц хода роста, разработал новый метод их составления, включающий случайный отбор исходных данных, классификацию насаждений по верхней высоте и производительности древостоев, моделирование уровней полноты и производительности древостоев [10].

Большое преимущество регрессионных моделей – в возможности использовать массовую лесоустроительную информацию, получаемую в процессе инвентаризации лесов, в их простоте и меньшем объеме вычислений на ЭВМ.

В СССР развивался биофизический подход к теории роста леса (Г.М. Хилыми, 1955; И.А. Тересков, М.И. Терескова, 1980), решались задачи прогнозирования древесных запасов и экологической обусловленности динамики биологических систем (И.Я. Лиёпа, 1980), применения математических методов для оценки биологических закономерностей роста и продуктивности насаждений (П.В. Воропаев, 1966; В.М. Иванюта, 1969; Г.Л. Кравченко, 1972; И.В. Карманова, 1976; В.В. Кузьмичев, 1977). Особый подход применяется к моделированию хода роста разновозрастных насаждений (П.М. Верхунов, 1976; В.Ф. Лебков, 1967; И.В. Семечкин, 1967; Э.Н. Фалалеев, 1983; В.Г. Кузнецова, Д.П. Столяров, 1981). В.В. Загребев изучил общие закономерности и географические особенности роста насаждений и разработал модели или всеобщие таблицы роста основных насаждений СССР по классам бонитета.

Хотя сейчас имеются четкие различия между тремя типами моделей роста леса, со временем они уменьшаются и рассмотренные принципы моделирования будут дополнять друг друга.

Моделирование роста леса в значительной степени зависит от наличия достаточно надежной и полной лесоводственной информации. Сбор этой информации – весьма трудоемкий и дорогостоящий процесс. Однако в противоположность распространенному мнению огромный банк долговременных наблюдений на постоянных пробных площадях является необязательным. Относительно малое число проб, особенно полезных для создания системы принятия решения, в сочетании с временными выборочными пробами (выборочная лесоинвентаризация) и анализами хода роста древесных стволов могут обеспе-

чить данными для разработки приемлемых функций роста насаждений.

Общая математическая модель временного ряда хода роста древостоев может быть представлена в виде

$$V(t) = V(t) + U_t,$$

где $V(t)$ – детерминированная компонента; U_t – случайная составляющая.

Детерминированную компоненту, или систематическую составляющую, можно рассматривать как некоторую лесорастительную норму, выявляющуюся в исследованиях массовых процессов роста насаждений. Это – оптимальная лесорастительная норма роста по высоте, диаметру, запасу и т. д., к которой стремится древостой в данных лесорастительных условиях. Случайная составляющая U_t , подчиняющаяся некоторому вероятностному закону распределения, представляет колебания (отклонения) в росте вокруг лесорастительной нормы. Эти отклонения возникают в условиях произрастания отдельных насаждений, различий в биологической конкуренции деревьев в древостое, влияния окружающих объектов, ошибок измерений и т. д. В принципе при повторении ситуации целиком функция $V(t)$ должна была бы оставаться одной и той же (при одинаковых условиях), а случайные составляющие оказались бы различными как разные реализации случайного процесса роста леса.

Существующие таблицы хода роста насаждений представляют собой модели, в которых влияние возраста древостоев проявляется только в детерминированной $V(t)$ составляющей с той или иной степенью надежности и достоверности. Это – классическая ситуация регрессионных моделей, где предполагается, что течение времени никак не отражается на случайной составляющей, т. е. предполагается, что математическое ожидание (среднее значение) случайной составляющей тождественно равно нулю, дисперсия равна некоторой постоянной величине, а значения U_t в различные моменты времени некоррелированы. Такое определение приводит к тому, что всякую зависимость от времени приходится включать в систематическую составляющую $V(t)$. Регрессия (линейная или криволинейная) обычно может быть использована для аналитического выравнивания опытных данных, однако использовать ее для экстраполяции или прогноза роста древостоев следует весьма осторожно, так как вопрос о качестве приближения систематической составляющей данной регрессией не может быть решен исходя лишь из значений, полученных в результате

наблюдений. Наконец, мы проводим исследования в условиях так называемого пассивного эксперимента, где эксперимент ведет природа (древостой растет под влиянием факторов окружающей среды) с учетом хозяйственной деятельности человека. Это обстоятельство объясняет одну из причин низкой работоспособности регрессионных моделей, полученных в условиях пассивного эксперимента при сильной корреляции входных переменных и искажениях в оценках коэффициентов регрессии [8, 9, 11].

Для математического описания детерминированной составляющей, или тренда, временного ряда роста древостоев $V(t)$ применяются различные функции (К.Е. Никитин, 1963; Л. Странд, 1964; М. Продан, 1968; Н.Н. Свалов, 1974; Я.А. Юдицкий, 1982). Это – параболы 2–3 порядков, уравнения типа Корсуня, модель логарифмического типа Бакмана и т. д. М. Продан (1965) и Е. Ассман (1970) указывают два основных признака кривых роста деревьев и древостоев:

1) кривые роста являются асимптотическими, т. е. при неограниченном увеличении возраста кривые имеют асимптоту – прямую, параллельную оси абсцисс;

2) текущий прирост кривой роста возрастает и достигает максимума в точке перегиба кривой, а затем уменьшается и медленно падает до нуля, т. е. до полного распада кривой. Максимум прироста варьирует от древесной породы и условий произрастания. Если эти принципы процесса роста насаждений удовлетворяются математической моделью, то такая модель вполне подходит для моделирования производительности древостоев.

Число функций роста, предложенных в разное время исследователями, несколько сотен и увеличивается с каждым годом. Анализ значительного их количества проведен В. Пешелем (Peshel, 1938), а техника расчетов параметров дана в работе М. Продана (1961). Все формулы Пешелем разделены на две группы: 1) полученные путем формально-математических построений; 2) сконструированные на основе энергетических представлений. После анализа уравнений первой группы Пешель пришел к заключению, что хорошие результаты достигаются применением формулы Леваковича (Lewacowic, 1935):

$$Y = a / (1 + \frac{b}{x})^c .$$

Отмечает он также формулу Корсуня (Korsun, 1935):

$$Y = ae^{b \ln x + c \ln^2 x} .$$

Во второй группе Пешель выделил функцию Хугерсхофа (Hugershof, 1936):

$$Y = ax^2 e^{-cx}.$$

В 1878 г. Коллер предложил формулу выравнивания хода роста древостоев по высоте: $Y = ax^b e^{-cx}$. Японский лесовод Теразани в 1915 г. предложил простую S-образную функцию роста: $Y = ae^{-b/x}$. В. Корф (Korf, 1939) использовал для описания хода роста деревьев уравнение $Y = ae^{k/(1-n)x^{n-1}}$. И. Шимек (Shimek, 1967) при исследовании хода роста древостоев рекомендует более сложную функцию роста: $Y = ae^{k/(1-a)x^{1-\alpha}\beta x}$.

В настоящее время исследователи роста и производительности древостоев стремятся разработать гибкую теорию роста насаждений. Это означает переход от чисто эмпирического и индуктивного подхода к дедуктивному методу исследования. В эмпирических уравнениях значения коэффициентов используются для оценки факторов, влияющих на рост леса, но они не имеют биологического смысла.

Ход роста деревьев и древостоев представляет аналогичный процесс. Он выражается S-образной кривой роста (рис. 97). В первый начальный период роста кривая медленно возрастает, затем идет второй период интенсивного роста до максимума прироста. Достигнув какой-то максимальной величины, прирост снижается, но кривая роста возрастает. Наконец, прирост падает до нуля, рост прекращается, и кривая роста приближается к асимптоте, параллельной оси X (возрасту). Интенсивность роста и S-образность кривой зависят от биологических особенностей древесной породы, лесорастительных условий роста.

Кривые роста быстрорастущих пород (осина, береза) имеют слабовыраженную S-образность в молодом возрасте, медленно растущие (ель, дуб) характеризуются ясной S-образностью.

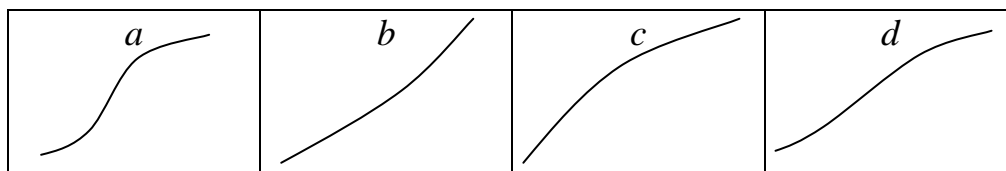


Рис. 97. Типы кривых роста: *a* – кривая роста деревьев; *b* – экспоненциальная; *c* – мономолекулярная; *d* – логистическая

Большинство математических моделей, применяемых для описания биомассы единичного растения и в культурах, основаны на функциях роста.

Наиболее простой формой роста является «чистый», так называемый экспоненциальный рост с постоянной относительной скоростью. Размеры растения определяются по формуле

$$W_t = W_0 e^{kt},$$

где t – время роста от начала наблюдения, когда размеры (масса, например) особи были W_0 ; e – основание натуральных логарифмов; k – скорость роста.

Прологарифмировав это выражение, имеем линейную форму: $\ln W_t = \ln W_0 + kt$. Впервые математический принцип экспоненциального роста сформулировал Г. Бакман. Он указал, что рост по экспоненте происходит по правилу сложных процентов. Экспоненциальный закон роста не может продолжаться бесконечно, так как это должно привести к размерам гигантов-растений. Экспоненциальный рост наблюдается в начальный период роста деревьев; экспонентой выражается зависимость объемов деревьев от их диаметров.

В биологической литературе, посвященной изучению относительного роста растений и животных, часто встречается степенная функция роста: $Y = \beta x^\alpha$, получившая название формулы простой аллометрии. Само понятие «аллометрия» означает неравномерный рост. Оказалось, что соответствие размеров особей данного вида в фиксированном возрасте удовлетворительно описывается степенной функцией роста.

В 50-х годах японскими исследователями (Shinozaki, Kira, 1956) были предложены обобщенные ростовые функции. П. Берталанффи (Von Bertalanffy, 1938) сформулировал научную гипотезу, согласно которой прирост (интенсивность роста) по объему организма (dV/dt) выражается разностью между анаболическим (ηV^c) и катаболическим (γV) темпами роста:

$$dV/dt = \eta V^c - \gamma V,$$

где η, γ – параметры; V – объем биомассы.

Анаболический темп роста пропорционален площади поверхности организма, катаболический – объему биомассы. Аллометрическая константа (c) характеризует особенности вида растения и окружающей среды, т. е. отражает измерительные связи между размерами рас-

тения. Интегрируя дифференциальное уравнение, получим обобщенную функцию роста П. Бергаланффи:

$$V(t) = A \left[1 - e^{-k(t-t_0)} \right]^{\frac{1}{1-c}},$$

где A – асимптота по объему: $A^{1-c} = \eta/\gamma$; $K = \gamma(1-c)$; t_0 – начало роста.

F. Richards (1959), изучая рост растений, и Charman (1961) – рост рыб, пришли к выводу, что аллометрическая константа ограничивает область применения функции роста, и предложили параметр (m). Отсюда появилась обобщенная функция роста Ричардса–Чэпмена, которая широко используется в биометрии, в том числе при моделировании роста леса:

$$W = A(1 - be^{-kt})^{1/(1-m)},$$

где W – значение таксационного признака во время t ; A – максимальное значение признака; b, k, m – параметры роста.

Кривая роста определяется параметрами роста:

1) параметр роста A , представляющий предельное значение таксационного показателя, когда неограниченно увеличивается время, т. е. древостой прекращает прирост и отмирает. Точка перегиба кривой определяется $W = Am^{1/(1-m)}$.

Кривая роста является асимптотической к горизонтальной асимптоте, т. е. прямой $W=A$ (рис. 98). Из этого следует, что если $A = \text{const}$, то четвертый параметр (m) является основным, характеризующим расположение точки перегиба на кривой роста;

2) параметр роста « b » с биологической точки зрения не имеет большого значения, так как определяет только выбор начала отсчета. Для кривых бонитировочных шкал параметр (b) всегда должен быть равен 1,0 (теоретически), так как все эти кривые проходят через начало координат. Если начало отсчета времени (возраста) принято в возрасте посадки леса, то кривые роста не проходят через начало координат;

3) параметр роста (k) выражает скорость роста, при которой значение зависимой переменной следует линейной функции:

$$\ln \left[\frac{W}{A} \right]^{1-m} = \ln b - kt.$$

Значение (k/m) есть средняя относительная скорость роста совокупности в виде временного ряда, в которой все классы возраста (5 – 10-летние периоды) представлены с одинаковой вероятностью. Это отношение есть также взвешенная средняя скорость роста на весь пе-

риод роста. Параметр роста (k), таким образом, имеет три различные интерпретации: а) площадь под кривой равна $\frac{A^2 k}{(2m+2)}$ и зависит от параметров кривой A, k, m ; б) средняя высота (ордината) кривой равна $\frac{Ak}{(2m+2)}$; в) функция скорости роста (прирост) зависит от функции роста и обратно: $dW/dt = nW^m - k_1 W$. Если функция роста аппроксимирована по наблюдениям, параметры (n) и (k_1) функции скорости роста получают значения: $k_1 = k/(1-m)$; $n = k_1 A_1^{1-m}$.

Параметр $Ak/(2m+2)$ – средневзвешенная абсолютная скорость роста в течение всего периода развития .

Абсолютная скорость роста равна

$$\frac{dW}{dt} = \frac{kW}{1-m} \left[\left(\frac{A}{W} \right)^{1-m} - 1 \right].$$

Коэффициент kW есть выражение экспоненциального роста с постоянной относительной скоростью. Такой рост можно рассматривать как основную тенденцию живых организмов к росту и усложнению. Выражение $\left(\frac{A}{W} \right)^{1-m} - 1$ характеризует отклонение величины относительной скорости роста от экспоненциального роста, или меры эффективности факторов, тормозящих увеличение признака (объема W).

Функция роста Ричардса выражается кривыми разной формы в зависимости от параметров A, k, m (рис. 98).

Четыре параметра $b, m, k/m, Ak/(2m+2)$ определяют семейство кривых функции роста Ричардса–Уэпмена, которая является обобщением многих функций роста: мономолекулярной, Гомперца, Дракина–Вуевского, логистической. При значениях параметра (m) от 0 до 1 кривые существуют между мономолекулярной и функцией Гомперца. При значениях $m=1-2$ типы кривых распространены от функции Гомперца до логистической.

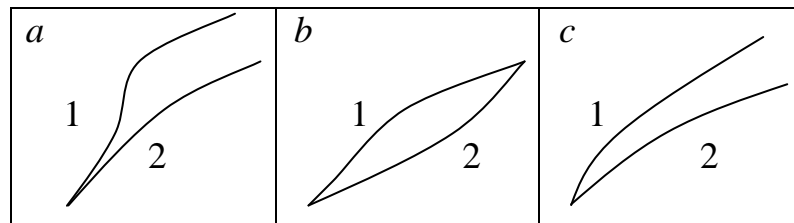


Рис. 98. Функция Ричардса различной формы:

$a-A=100; m=0,5; k=0,1$ (кривая 1); $k=0,05$ (кривая 2);
 $b-A=50; m=0,8; k=0,1$ (кривая 1); $k=0,05$ (кривая 2);
 $c-A=100; m=0,0; k=0,1$ (кривая 1); $k=0,05$ (кривая 2)

Мономолекулярная функция роста получается из функции Ричардса при $m=0$, т. е. в виде

$$W = A(1 - be^{-kt}).$$

Эта функция роста растений создана как аналог химической реакции, где A – количество исходной субстанции; W – количество вещества, которое исчезает через время t . При характеристике биологических объектов A – предельная величина особи; W – размеры растения во время t . Скорость роста характеризуется величиной $dW/dt = k(A - W)$, т. е. мономолекулярная функция не имеет точки перегиба, прирост уменьшается линейно с увеличением возраста.

Эта модель показывает хорошее совпадение с экспериментальными данными при характеристике заключительных этапов роста, когда снижается абсолютная скорость роста растений.

Мономолекулярная функция относится к типу кривых с ограниченным ростом и известна как закон Э.А. Митчерлиха (1957), выражающий зависимость между урожаем и факторами среды, определяющими рост растений:

$$dY/dx = C(A - x),$$

где Y – урожай; A – константа, обозначающая предельный урожай, к которому стремится (Y) при $x \rightarrow \infty$ и постоянстве остальных факторов; X – уровень испытываемого фактора.

Белорусские исследователи В.Н. Дракин и Д.И. Вуевский разработали функцию роста, отражающую S-образную закономерность хода роста древостоев по высоте. В основе ее создания лежит предложенная авторами научная гипотеза: скорость роста насаждения по высоте, начиная от нуля, возрастает до некоторого максимума, после чего стремится к нулю при неограниченном увеличении возраста. Функция Дракина–Вуевского имеет вид

$$W = A(1 - e^{-kt})^m.$$

Практически белорусские ученые В.Н. Дракин и Д.И. Вуевский еще в 1940 году, т. е. задолго до Ричардса (1959) и Уэмпмена (1961), разработали обобщенную функцию роста при параметре $b=0$, когда кривые роста проходят через начало координат. Из формулы (33) вид-

но, что при $b = 0$, $W = 0$, т. е. соблюдается условие, которое необходимо для характеристики хода роста древостоя по высоте, диаметру, суммам площадей сечения и другим таксационным показателям. Положительным свойством этой функции является то, что при $m > 1$ она имеет точку перегиба и S-образный вид. При $m < 1$ или $m = 1$ точка перегиба отсутствует и кривая обращена выпуклостью вверх. Отсюда функция Дракина–Вуевского применима для математического описания хода роста как быстрорастущих, так и медленно растущих древесных пород.

Решение обобщенной функции роста Ричардса дано W. Stevens. Функция может быть записана в виде

$$W^{1-m} = A^{1-m} - A^{1-m} b e^{-kt}.$$

Обозначим

$$Y = W^{1-m} - \beta = b A^{1-m}$$

$$\alpha = A^{1-m} p^x = e^{-kt}.$$

Тогда уравнение можно записать

$$Y = \alpha + \beta p^x.$$

Оценка параметров уравнения производится способом наименьших квадратов при предположении, что все наблюдения (измерения) даны с равными весами. Решение обобщенных логических зависимостей на ЭВМ получил D. Causton. По-видимому, расчет функций роста на компьютере должен способствовать более широкому их использованию в исследованиях лесоводов и биологов. Предпочтительным для нелинейного оценивания параметров функции роста Ричардса является метод D. Markquardt (1966).

Обобщенная функция роста Ричардса находит широкое применение в моделировании роста и производительности древостоев.

A. Rawat и F. Franz детально исследовали функцию Ричардса для математического описания роста насаждений 10 основных древесных пород ФРГ и Индии и пришли к выводу, что эта асимптотическая нелинейная регрессия хорошо подходит для моделирования и построения системы кривых роста насаждений.

Для создания системы полиморфных кривых роста древостоев четыре параметра отдельных кривых роста (A , b , k , m), предварительно оцененных по опытным наблюдениям, выравниваются в зависимости от класса бонитета с использованием полинома:

$$Y = b_0 + b_1 H_{100} + b_2 (H_{100}) + b_3 (H_{100}) + b_4 (H_{100}),$$

где Y – зависимая переменная (параметр функции Ричардса); H_{100} – индекс класса бонитета.

В результате получены системы кривых роста и производительности древостоев (рис. 99, 100).

Функция абсолютной скорости роста показывает динамику текущего прироста древостоев, его кульминацию для различных условий местопроизрастания.

Я.А. Юдицкий выполнил детальный анализ функций роста леса, разделив их на функции, полученные из дифференциальных уравнений, и эмпирические функции. Он показал, что общим дифференциальным уравнением типа A является $Y' = \beta(n^\alpha - Y^\alpha)Y$

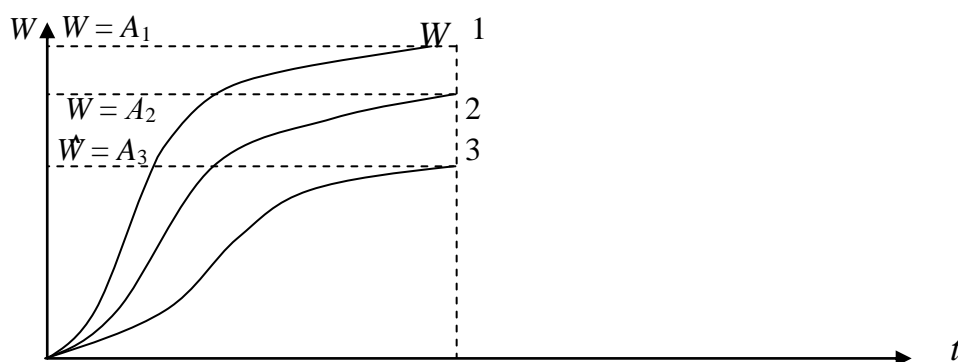


Рис. 99. Функция роста Ричардса, аппроксимированная к трем кривым роста по высоте

На рис. 99 три полиморфные кривые роста, три горизонтальные асимптоты ($W=A_1$; $W=A_2$; $W=A_3$) и точки перегиба. Кривые роста являются S -образными и характеризуют биологическую особенность роста древесных пород.

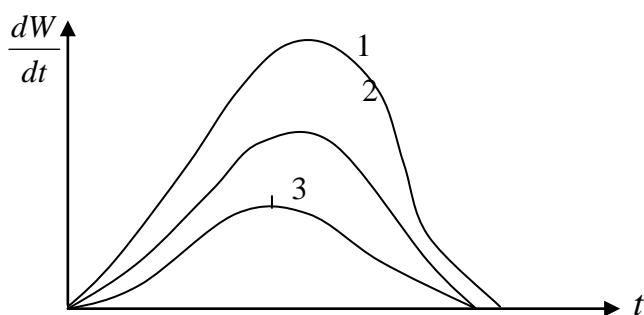


Рис. 100. Функция абсолютной скорости роста по высоте

Решение уравнения включает как частные следующие случаи модели роста: экспоненциальную, логистическую, Хильми (для запаса), Мичерлиха, Шарфа, Ричардса при различных соотношениях параметров. График функции Y , удовлетворяющий, имеет S -образную форму и ограничен прямыми $Y=0$ и $Y=n$. Решениями типа Б общего дифференциального уравнения

$$Y' = \left(\frac{a}{A^{\alpha+1}} - b \right) Y$$

являются ростовые функции Шмальгаузена, Корфа, Терзаки, Коллера, Хутерсфора, Шимека. Показано, что Y , удовлетворяющий (43), возрастает, достигает максимума при $A=A^*$, а потом убывает. Таким образом, при возрасте $A < A^*$ решение уравнения может применяться для аппроксимации таксационных показателей, возрастающих с возрастом, а при $A > A^*$ – убывающих.

Я.А. Юдицким предложена новая функция роста:

$$Y = b_1 \Phi \left(\frac{A - b_3}{b_2} \right) + b_4,$$

где $\Phi(x)$ – функции Маркова; b_1, \dots, b_4 – параметры.

Проблема времени является центральной в научном прогнозировании биологических явлений. Обязательное требование к любому биологическому процессу – это определение временных интервалов предсказываемого явления или состояния системы. Конструктивный подход к изучению проблемы биологического времени разработан Гастоном Бакманом, опубликовавшим в 1925 году первую работу такого направления в трудах Латвийского университета.

Проанализировав известные функции роста организмов (Фюрхюльста, Гопметца, Бестиена, Хеслина и др.), Г. Бакман выявляет их недостаточную адекватность. S -образная кривая, которой обычно аппроксимировали рост организмов, не отражает характерную особенность их роста, а именно ту особенность, что период снижения скорости роста обычно более длителен, чем период ее возрастания. Поэтому половины своих конечных размеров организм достигает после наступления максимума роста. Это явление он объясняет логарифмическим характером биологического времени, т. е. биологическое время рассматривается как логарифмическая функция физического. Основой функции Г. Бакмана есть постулат о том, что логарифм скорости роста пропорционален квадрату логарифма времени. Отсюда выводится функция роста:

$$\lg Y = b_0 + b_1 \lg A + b_2 \lg^2 A .$$

А.М. Мауринь выполнил детально исследование функции роста Г. Бакмана, определив время максимальной скорости роста, продолжительности жизни, точки перегиба и другие особенности функции.

При выборе подходящих функций роста для математического описания хода роста и производительности древостоев следует исходить из точности исходных данных, их объема и времени обработки на ЭВМ, требуемой точности и надежности результатов, практического применения модели.

В моделировании хода роста насаждений и разработке имитационных моделей строения и производительности древостоев широко используются множественные регрессионные модели. Математическое описание функций системы (биогеоценоза, насаждения и т. д.) в целом и функций связи отдельных элементов системы можно выполнить в виде обобщенного дискретного полинома Колмогорова–Габо́ра:

$$Y = b_0 + \sum b_4 x_n + \sum \sum b_{n_1 n_2} x_{n_1} x_{n_2} + \dots + \sum b_{n_1} x_{n_1}^m$$

При двух факторах (x_1, x_2) линейная модель первой степени имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 ,$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты регрессии.

Линейная модель второй степени имеет уже 11 членов:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 + b_4 x_1^2 + b_5 x_2^2 + b_6 x_1^2 x_2 + b_7 x_1 x_2^2 + b_8 x_1^2 x_2^2 + b_9 x_1 x_1^2 x_2^2 + b_{10} x_2 x_1^2 x_2^2 .$$

Количество членов уравнения быстро растет с увеличением числа аргументов (факторов). Так, модель второй степени при 4 факторах включает 70 членов. Объем наблюдений возрастает также с увеличением числа переменных, так как число наблюдений должно быть в 5–7 раз больше числа факторов. При разработке модели необходимо провести эксперимент объемом 50–70 наблюдений. Для формального решения задачи объем наблюдений с ростом числа аргументов становится практически необозрим.

В уравнении можно выделить три качественно отличные части: 1) линейную – с коэффициентом при аргументах в степени единица ($b_1 x_1$ и $b_2 x_2$); 2) нелинейную – с коэффициентами при аргументах в степени

$m > 1$ ($b_4 x_1^2$ и $b_5 x_2^2$); 3) неаддитивную – с коэффициентами при произведениях аргументов по два, три и более ($b_3 x_1 x_2$, $a_6 x_1^2 x_2$ и т. д.).

Практика применения регрессионного анализа показывает, что нет необходимости рассматривать в уравнениях слишком высокие степени и произведения многих аргументов. На линейную часть уравнения часто приходится наибольшая информация (70–90%), а вклад нелинейной и неаддитивной частей сравнительно невелик. Следовательно, сначала необходимо описать объект системой множественных линейных регрессионных моделей, а затем оценить, насколько улучшается аппроксимация функции, если дополнительно вводятся в уравнение нелинейные и неаддитивные члены.

Функции роста леса являются одним из видов моделей хода роста, выражающих наиболее вероятные линии изменения важнейших таксационных показателей (признаков) древостоев в зависимости от возраста древостоев.

Анализ функций роста обычно проводится средней высоты (H), среднего диаметра (D) и запаса (M) древостоя, имеющие S-образные кривые хода роста. Закономерности изменения этих признаков можно проследить на обобщенной кривой хода роста, изображенной на рис. 101.

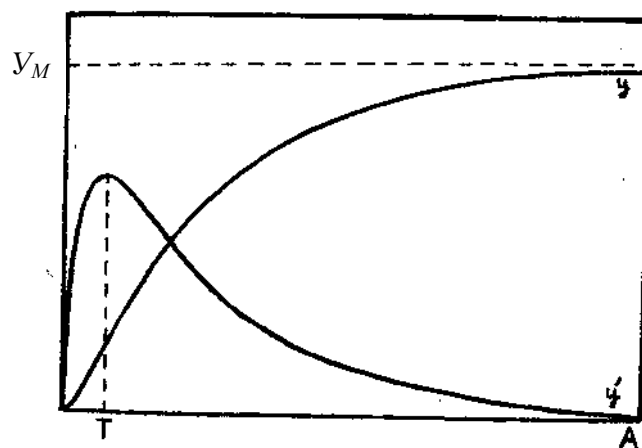


Рис. 101. Обобщенные кривые хода роста (y) и прироста (y'):
 T – возраст точки перегиба (максимума текущего прироста);
 A – возраст; Y_M – предел признака y

На рисунке видно, что обобщенная кривая хода роста (y) исходит из точки начала координат, имеет точку перегиба и приближается

к асимптоте, параллельной оси возраста. Эти закономерности называются общими закономерностями хода роста древостоев.

Закономерности хода роста выявляются более четко при анализе не самой величины y , а ее текущего прироста y' , который является первой производной функции роста и называется часто скоростью роста. Обобщенная кривая прироста представлена также на рис. 101. Она имеет асимметричную колоколообразную форму: исходит из точки начала координат, возрастает быстро до максимума и затем, медленно снижаясь, приближается к оси возраста.

Исходя из общих закономерностей роста, проиллюстрированных на рис. 71, можно к функциям роста предъявить следующие требования (в области $A \geq 0$).

1. Функция роста $y(A)$ должна исходить из точки начала координат, $y(0) = 0$.

2. Функция роста $y(A)$ должна быть возрастающей, т. е. $y'(A) \geq 0$.

3. Функция роста $y(A)$ должна приближаться к асимптоте, параллельной оси возраста, $\lim y(A) = y_m$.

4. У функции роста должна существовать одна точка перегиба.

5. Текущий прирост $y'(A)$ должен исходить из точки начала координат, $y'(0) = 0$.

6. Текущий прирост $y'(A)$ должен иметь справа и слева от его максимума T по одной точке перегиба, $\exists A_1, A_2: A_1 < T < A_2 \wedge y''(A_1) = 0 \wedge y''(A_2) = 0$.

Так как известных функций роста уже свыше полусотни, возникает вопрос об их классификации. В работе Пешеля функции роста разделены на две группы: формально-математические и «законы роста». В свете современных представлений о биофизике леса такая классификация не оправдана. Нецелесообразным с точки зрения данной работы является и различие функций роста дерева и древостоя. Хотя процессы роста дерева и древостоя описываются разными механизмами, для их аппроксимации применяют, как правило, одни и те же функции роста.

Своеобразная классификация функций роста сделана Тодоровичем. В этой работе каждый класс функций представлен одной общей формулой, объединяющей находящиеся там функции роста. Таким образом, все их многообразие описывается Тодоровичем одиннадцатью общими функциями разного вида. К настоящему времени классификация Тодоровича имеет существенные недостатки. Некоторые

функции роста (например, функция Леваковича) принадлежат одновременно к разным классам, а в некоторых группах существуют только разработанные Тодоровичем функции, не имевшие практического применения до сих пор. К тому же в последние десятилетия опубликовано множество новых функций роста, которые выходят за рамки классификации Тодоровича.

Опыт Тодоровича показывает: множество функций роста леса настолько разнообразно, что их группировка по внешнему виду на несколько непресекающихся подмножеств, имеющих примерно одинаковое число функций, практически невозможна. Но в то же время у многих функций роста заметны одинаковые конструктивные единицы, указывающие на некоторое сходство между ними. Поэтому А. Кивисте отказался от конструирования громоздких общих формул для разных классов функций, а выделил в качестве основы группировки некоторые более характерные выражения (преобразования), применяемые в формулах функций роста. С учетом принципа от простого к сложному были выполнены следующие преобразования, упорядоченные на 7 уровней:

- 1) преобразования, линейные по параметрам $b_0 + b_1 f_1(A) + b_2 f_2(A) + \dots$;
- 2) дробные преобразования $f_1 \left[\frac{a}{b + f_2(A)} \right]$;
- 3) степенные преобразования $k_0 f(A)^{k_1}$;
- 4) экспоненциальные преобразования $\exp \left[f(A) \right]$;
- 5) преобразования Митчерлиха $1 - \exp \left[-f(A) \right]$;
- 6) степенно-показательные преобразования $f_1(A)^{f_2(A)}$;
- 7) особые преобразования.

Основой данной классификации функций роста (ФР) является примененное преобразование наивысшего уровня. Для иллюстрации классификации он представлен рис. 102, где изображена принадлежность роста к разным группам в зависимости от преобразований, примененных в них. На этом рисунке видно, что почти все функции роста содержат линейное преобразование, но в группу функций линейного преобразования входят только функции, линейные по всем ее параметрам. Функции второй группы содержат дробное преобразование и могут содержать также линейные.

Данная классификация, как и другие классификации ФР, имеет недостатки. Один из них состоит в том, что некоторые функции, имея

различный внешний вид, могут входить в разные группы. Во избежание этого недостатка в работе А. Кивисте при представлении ФР наиболее точно сохранен их первоначальный вид.

Функции роста леса, линейные по параметрам, широко используются при составлении таблиц хода роста древостоев (ТХР). К ним относятся полиномы, гиперболы и логарифмические кривые. Они не соответствуют требованиям ФР.

Функции дробных преобразований (II группа) являются простейшими ФР, но удовлетворяют большинству требований к ФР. Наиболее известной функцией роста из этой группы является функция Хосвельда: $y = A^2 / (c_0 + b_1 A + b_2 A^2)$, которая часто называется функцией Корсуня. С другой стороны, эти ФР не имеют явной точки перегиба и удобной точки актуализации.

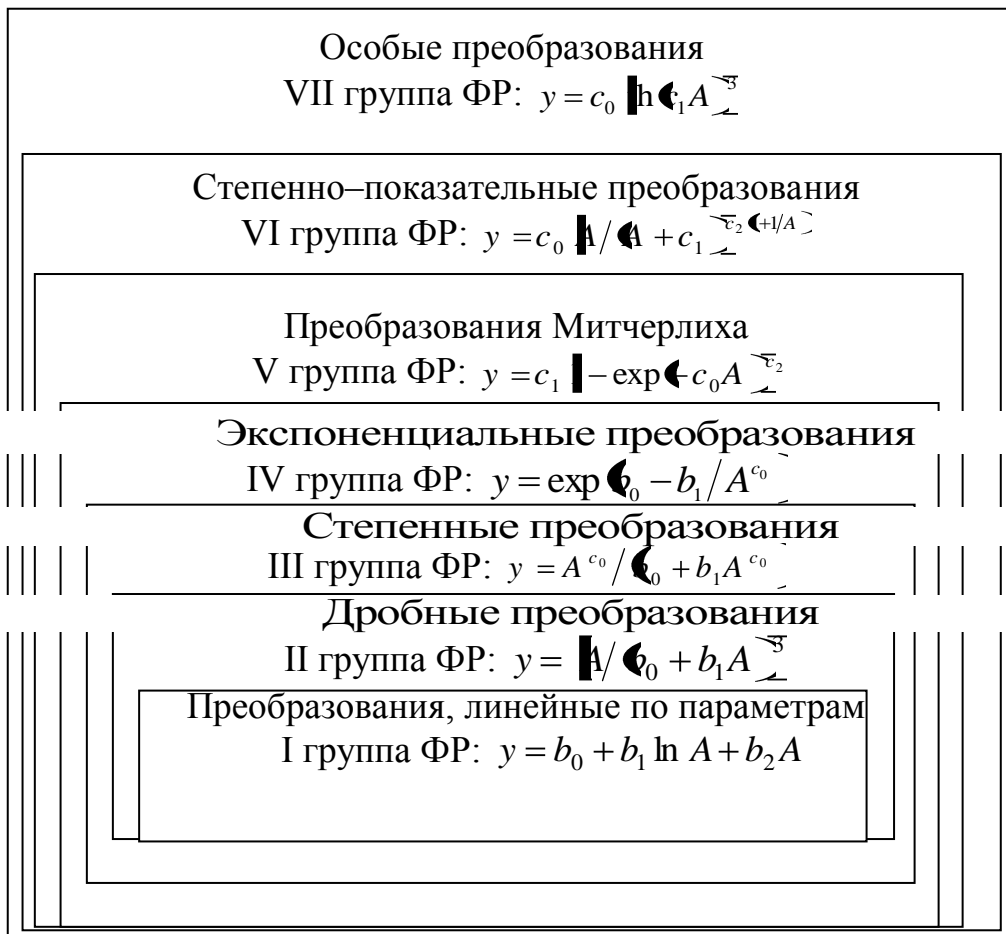


Рис. 102. Стандартные преобразования и классификация функций роста

Функции степенных преобразований имеют в своем составе неизвестный параметр в качестве степени. Большинство ФР этой группы соответствуют требованиям к ФР, но не имеют биофизической основы. Наиболее известна в лесной таксации функция Леваковича:

$$y = c_1 \left[\frac{A}{C_0} + A \right]^{\frac{1}{C_2}}.$$

Функции экспоненциальных преобразований имеют общий вид: $y = \exp \left[f_1(A) \right]$. К этой группе относятся функции Теразаки, Корфа, Гомперца, которые используются в биологии и лесной таксации.

Функции преобразования Митчерлиха соответствуют требованиям, предъявляемым к ФР. Наиболее известными из них являются функции Митчерлиха, Дракина–Вуевского, Ричардса–Чэпмана.

Степенно-показательные функции имеют общий вид: $y = \left[f_1(A) \right]^{f_2(A)}$. Основание $f_1(A)$ и показатель степени $f_2(A)$ являются функциями, зависящими от возраста A и содержащими неизвестные параметры. В этой группе функций роста наиболее известны функции Д. Тодоровича. Функции роста отвечают требованиям к ФР, но являются сложными в вычислениях.

В седьмую группу классификации собраны ФР, отличные от предыдущих и имеющие в своем составе нестандартные S-образные элементарные функции (arctan, функция Маркова и т. п.). Функции роста леса данной группы малоизвестны в лесной таксации. Функция гиперболического тангенса $y = c_0 \operatorname{th} \left(c_1 A \right)$ применялась В. Д. Севостьяновым для моделирования биофизики чистых древостоев в Беларуси [29]. Функции роста леса этой группы необычны и относительно сложны в применении.

В своей работе А. Кивисте выполнил детальный анализ 75 функций роста, представленных в семи группах классификации (рис. 102), и рекомендовал наиболее подходящие из них для моделирования хода роста древостоев по высоте, диаметру и запасу. В приложении к работе дана информация по аппроксимации данных к изученным функциям роста с применением ЭВМ.

Рост и развитие лесного насаждения зависят от его генетических и физиологических характеристик, экологических условий существования. Наиболее значительный фактор, определяющий рост растений, – это питание как источник минеральных и органических соединений, необходимых организму, и как энергетическая основа его жизнедея-

тельности.

Источником энергии для всех видов растений является физиологически активная радиация солнечного излучения (ФАР). Фотосинтез представляет собой универсальный способ усвоения радиации. Количество усвоенной растениями энергии измеряется по запасу органического вещества в ценозе.

Существует много различных эмпирических и феноменологических подходов к характеристике лесных насаждений. Но в то же время существует и более общий биофизический подход, связанный с энергетикой роста биологических объектов. В СССР такое направление развивали Г.Г. Винберг (1966, 1975) и его последователи. В отношении лесных насаждений энергетический подход к теории роста применен Г.Ф. Хильми. Исследование роста лесных фитоценозов в зависимости от поступающей и усваиваемой энергии ФАР весьма перспективно в отношении оценки динамики запаса насаждений, анализа процесса естественного изреживания, зависимости их роста от температуры, влажности, структуры и состава почвы и других параметров внешней среды.

Для характеристики роста надземной биомассы насаждения можно использовать систему единиц: длина (L), время (T), энергия (E). Введем обозначения: (V) – общая производительность насаждения, или объем надземной биомассы, произведенной на единице площади [V] = $L^3/L^2 = L$; λ_0 – физиологически активная радиация (ФАР), падающая на единицу площади в единицу времени

$$\lambda_0 = E\lambda^{-2}T^{-1},$$

где λ – эффективная доля ФАР, т. е. часть от полной радиации, пошедшая на прирост биомассы $\lambda = \eta\lambda_0$ ($\eta = \lambda/\lambda_0$ – коэффициент полезного действия ФАР); γ – количество энергии, сосредоточенной в единице объема органической массы древостоя [γ] = EL^{-3} ; t – число лет активного роста биомассы.

Г.Ф. Хильми (1957) выдвинул основную гипотезу, которая заключается в том, что скорость изменения запаса есть функция потока свободной энергии насаждения и нормы энергии, расходуемой насаждением при увеличении его запаса на единицу:

$$\frac{dv}{dt} = \varphi(\lambda_0) - \beta v,$$

где $\beta = \lambda_1/v$; λ_1 – часть энергии, затрачиваемой насаждением на поддержание жизнедеятельности его биомассы (без прироста).

Согласно методам теории размерности, запишем:

$$\frac{dv}{dt} = C\gamma^x (\lambda - \beta v)^y,$$

где C – безразмерная постоянная.

Числа x и y удовлетворяют условию

$$LT^{-1} = E^{x+y} L^{-3x-2y} T^{-y}.$$

Решая это тождество, находим $x = -1$; $y = 1$. Отсюда имеем

$$\frac{dv}{dt} = \frac{C}{\gamma} (\lambda - \beta v).$$

Вторая гипотеза состоит в том, что для каждого вида древесных растений параметры не зависят от возраста насаждения (постоянные в динамике), но зависят от породы. Пусть запас насаждения возрастает от значения в момент времени t_0 до значения в момент t . Тогда получим

$$\int_{v_0}^v \frac{\lambda - \beta v}{\lambda - \beta v} = -C \frac{\beta}{\gamma} \int_{t_0}^t dt.$$

Выполним интегрирование:

$$\lg (\lambda - \beta v) = \lg (\lambda - \beta v_0) - C \frac{\beta}{\gamma} (t - t_0)$$

или

$$\lambda - \beta v = (\lambda - \beta v_0) e^{-C \frac{\beta}{\gamma} (t - t_0)}.$$

Решая относительно v , имеем

$$v = \frac{\lambda}{\beta} - \left(\frac{\lambda}{\beta} - v_0 \right) e^{-C \frac{\beta}{\gamma} (t - t_0)}.$$

Полагая

$$A = \frac{\lambda}{\beta}; \quad B = C \frac{\beta}{\gamma},$$

получим окончательную формулу для математического описания динамики запаса насаждения:

$$v = A - (A - v_0) e^{-B(t - t_0)}.$$

Параметры A и B можно оценить по таблицам хода роста насаждений. Г.Ф. Хильми выполнил расчеты параметров A и B по данным всеобщих таблиц хода роста сосновых, еловых и дубовых насажде-

ний, составленных А.В. Тюриным. Значения параметра A для сосны изменялись от 1728 до 659 для Ia–V классов бонитета, параметра B – от 0,013 до 0,017. Наибольшее отклонение общей производительности сосновых древостоев по формуле от фактических данных таблиц хода роста составило +6,4%.

И.А. Терсков и М.И. Терскова (1980) представили динамику общей производительности древостоя в виде

$$\frac{dv}{dt} = C\gamma \frac{v}{t},$$

$$C = \left(\frac{dv}{dt}\right) / \lambda; a = \left(\gamma \cdot \frac{dv}{dt}\right) / \eta^{\lambda_0}.$$

Параметр (C) характеризует прирост объема биомассы в единицу времени за счет единицы эффективной ФАР (1 ккал/м²) и зависит от породы, климатических и почвенных условий, структуры древостоя. Параметр (γ) может характеризовать запас энергии в единице объема биомассы древостоя независимо от удельного веса древесины. Для нахождения (γ) можно пользоваться таблицами теплотворной способности древесины.

Величина $a=C\gamma$ – константа роста, которая характеризует способность древостоя превращать ФАР в органическое вещество с учетом его теплотворной способности. Величина (a) безразмерная и зависит от абсолютного количества поступающей на древостой ФАР. По этой величине можно судить, сколько энергии на древостой поступает и насколько рационально он использует основной энергетический источник.

Величина λ_0 также зависит от ряда факторов: широты местности, времени года, метеорологических условий, положения древостоя на местности и др. В работе даны оценка и анализ констант уравнений динамики общей производительности насаждений по таблицам хода роста А.В. Тюрина.

Биофизический подход к математическому моделированию хода роста и производительности древостоев позволяет представить процесс с точки зрения потребления энергии, что особенно важно при описании энергетических процессов в лесной экосистеме. Точность и надежность таких моделей динамики производительности древостоев следует оценить по данным таксации насаждений на стационарах.

Лекция 23. Местные и всеобщие таблицы хода роста насаждений

По аналогии с исследованием хода роста отдельного дерева можно проследить динамику роста во времени совокупности деревьев, представленных насаждениями в разные периоды их роста при одинаковых условиях местопроизрастания. Следовательно, в данном случае объектом исследования будет не отдельное дерево, а древостой насаждения.

При этом нужно проследить изменения по времени всех таксационных признаков насаждения и оформить результаты в виде таблиц хода роста насаждений, называемых также опытными таблицами хода роста. По своему содержанию таблицы (табл. 93) представляют собой совокупность цифровых данных, расположенных в определенной последовательности и характеризующих количественные показатели таксационных признаков древостоя насаждения в разные периоды его жизни.

Объектами таких исследований обычно являются так называемые нормальные насаждения, т. е. чистые, одновозрастные, не задержанные в росте (нормального развития, выращенные при известном режиме ухода, одинакового происхождения – семенное, порослевое) и имеющие при данных условиях местопроизрастания (класс бонитета, тип леса) и прочих равных условиях максимальную сумму площадей сечения деревьев и, следовательно, максимальный запас на единице площади в данном возрасте. Редко объектами исследования являются насаждения смешанные, ход роста которых изучен незначительно.

Проф. М.М. Орлов называет нормальными такие насаждения, которые при данной форме, породе, возрасте и условиях местопроизрастания являются наиболее совершенными.

Приступая к исследованию хода роста насаждений, необходимо прежде всего представить зависимость хода их роста от различных факторов внутренней и внешней среды произрастания.

Ход роста сомкнутых сосновых насаждений бонитета (по А.В. Тюрину)

Возраст насаждений	Оставляемая часть											Выбираемая часть			Все насаждения в целом			Процент текущего прироста
	высота, м	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей сечения, м ²	запас м ³			среднее изменение запаса всей древесины, м ³	периодическое текущее изменение запаса древесины, м ³	видовое число 1/1000		запас выбираемой древесины м ³	сумма промежуточного пользования, м ³	число стволов, шт.	общий запас, м ³	общий прирост, м ³		
					стволов	сучьев	всей древесины			ствола	всего дерева					средний	текущий	
20	7,2	7,2	4800	19,6	72	31	103	5,1	–	517	731	–	–	–	103	5,1	–	–
30	10,6	10,8	2800	25,7	136	37	173	5,8	7,0	499	630	34	34	2000	207	6,9	10,4	7,6
50	17,0	17,5	1340	33,3	274	50	324	6,5	7,5	483	572	45	125	600	449	9,0	12,0	4,2
70	21,7	23,4	860	37,2	383	59	442	6,3	5,9	473	547	39	206	210	648	9,3	9,3	2,2
90	24,9	28,4	625	39,6	463	60	523	5,8	3,7	468	531	36	280	100	803	8,9	7,3	1,5
110	27,2	32,6	490	41,1	520	61	581	5,3	2,6	466	519	28	340	60	921	8,4	5,4	1,0
130	28,6	35,6	420	42,0	558	61	619	4,8	1,7	465	517	21	385	30	1004	7,7	3,8	0,6

Из упомянутых факторов отметим следующие: 1) древесная порода и биологические ее особенности; 2) возраст насаждения; 3) происхождение насаждения (семенное, порослевое); 4) условия среды произрастания; 5) физико-климатические условия (области роста); 6) степень полноты насаждения; 7) режим хозяйства, обуславливающий рост насаждений.

Различают две стадии работ по исследованию хода роста насаждений: а) сбор полевых экспериментальных материалов и б) научная их обработка с оформлением конечных результатов в виде таблиц хода роста и описанием методики их составления.

Техника сбора полевых материалов может быть осуществлена в виде: 1) многократного обмера одного объекта в разные периоды роста древостоя насаждения; 2) однократного обмера многих объектов разных возрастов; 3) многократного обмера многих объектов разных возрастов.

Важнейшим вопросом при изучении хода роста насаждений является выбор объектов. При этом особое внимание должно быть обращено на их однородность по всем признакам, обуславливающим ход роста, но различающимся по возрастам.

В отношении выбранных объектов обязательным требованием является принадлежность их к одному естественному ряду роста и развития, т. е. объекты разных возрастов по своим таксационным признакам должны представлять собой как бы одно и то же насаждение, но в разные периоды его роста. Следовательно, объекты одной и той же породы при одинаковых условиях местопроизрастания должны быть однородны по биологическим и экологическим признакам и различаться лишь по возрастам. При этих условиях они составят звенья одного естественного ряда и полученные по результатам исследования средние значения таксационных признаков, включенные в таблицы хода роста, будут характеризовать как бы последовательные стадии развития одного и того же среднего насаждения. Такую однородность легче найти в рамках типов леса, которые могут быть в данном случае основной классификационной единицей. Классы бонитета, характеризующие продуктивность насаждений по среднему приросту древесины или его запасу, должны быть указаны дополнительно наряду с типами леса.

До настоящего времени большинство таблиц хода роста составляли по классам бонитетов, хотя последние в ряде случаев и объединяют насаждения различных условий местопроизрастания.

Огромное хозяйственное преимущество классификации насаждений по бонитетам заключается в унификации учетных материалов по лесному фонду и возможности их объединения в статистических данных по областям, республикам, а также в целом по Советскому Союзу.

Указанное достоинство классификации по бонитетам позволило на основе накопленных опытных данных разработать и ввести в практику производства обще бонитировочную шкалу насаждений, которая находит широкое применение. Тип леса связан с одним или двумя классами бонитета. Задача классификации их упрощается, если близкие между собой типы леса объединить в серии. Это облегчает составление таблиц хода роста по типам леса и установление их связи с классами бонитета.

Классификация насаждений по типам леса углубляет характеристику условий местопроизрастания, облегчает качественную оценку древостоев по их производственному использованию, в частности по физико-механическим свойствам древесины. Вместе с тем классификация по типам леса предопределяет комплекс лесохозяйственных мероприятий, направленных на восстановительные процессы и воспитание созданных насаждений.

Тип леса – понятие географическое, следовательно, классификация по типам леса в отличие от классов бонитетов связана с определенными физико-климатическими районами. Для широкого использования типов леса при организации и ведении лесного хозяйства необходимо располагать описаниями и классификациями типов леса по данной методике по крупным лесорастительным районам.

Такие характеристики типов леса в настоящее время имеются только для отдельных районов, поэтому в дальнейшем необходимо проводить подобные исследования.

В соответствии с изложенным различают два вида таблиц хода роста: а) составленные по классам бонитета и б) составленные по типам леса или их объединениям (сериям типов леса).

Методы составления тех и других таблиц хода роста практически одинаковы, различия будут проявляться в методах подбора основных объектов исследования.

Существующие методы составления таблиц хода, роста заключаются в следующем.

Этот метод может рассматриваться лишь с теоретической точки зрения, так как использование его на практике потребовало бы длительного периода наблюдений.

Метод Бауэра

По этому методу обмеряют нормальные насаждения различных возрастов и бонитетов на пробных площадях. На основании собранного материала вычерчивают график. На оси абсцисс откладывают возраст (рис. 90.), а на оси ординат – запасы насаждений по возрастам на отдельных пробах. Получается так называемый точечный график. Верхние пределы точек, расположенных на некоторой кривой, будут отвечать наиболее продуктивным насаждениям высшего бонитета, а нижний предел точек и проведенная через них кривая, наоборот, будут характеризовать насаждения низкой продуктивности. Расстояние между линиями пределов делят на столько частей, сколько требуется выделить бонитетов. В результате на графике получается n полосок, откуда и происходит название метода.

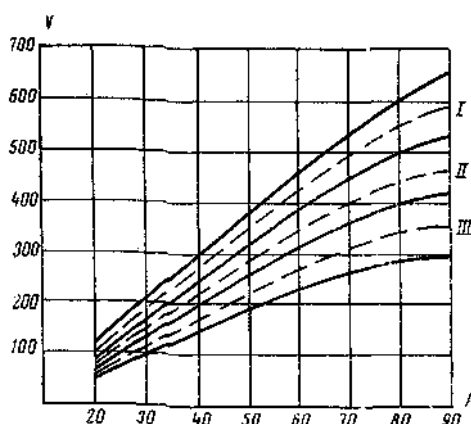


Рис. 90. Схема составления таблиц хода роста насаждений по методу полосок

Проведенная посередине каждой полоски средняя линия будет отражать динамику запасов насаждений по бонитетам и возрастам. Полученные значения (из графика) переносят в таблицу хода роста, при этом границы каждой полоски будут отражать пределы запасов данного бонитета.

После распределения запасов по бонитетам таким же способом определяют средние высоты насаждений по бонитетам, устанавливая тесную связь между запасами и средними высотами по возрастам. По-

добным же графическим способом устанавливают средние величины и остальные таксационные признаки насаждений.

Метод полосок отличается простотой и наглядностью полученных результатов. К недостаткам его надо отнести условность проведения предельных кривых (верхней и нижней), обуславливающих затем границы остальных бонитетов. Нет также уверенности в однородности насаждений, включенных в каждую полосу, и, следовательно, принадлежности их к одному естественному ряду. Наконец, требуется значительный по количеству экспериментальный материал.

Метод указательных насаждений

Метод заключается в однократном обмере многих объектов древостоя, произрастающих в одинаковых условиях местопроизрастания, но различных возрастов, составляющих один естественный ряд роста насаждений.

Характерной особенностью метода является разработка оригинального критерия для суждения об однородности выбранных для исследования объектов. Исходным объектом является так называемое указательное насаждение предельного возраста, характерное для какого-либо бонитета. Затем подыскивают в лесу более молодые насаждения, которые по своим таксационным признакам соответствуют показателям первоначального указательного насаждения (рис. 91).

После закладки пробной площади в выбранном указательном насаждении и детальной таксации в составе древостоя выбирают модельные деревья для анализа хода их роста по периодам 10–20 лет. Особое значение придается ходу роста в высоту.

В результате исследований Т. и Р. Гартигов, Вейзе и А. В. Тюрина было установлено, что для анализа хода роста следует подобрать модели лишь из числа наиболее толстых и господствующих по высоте стволов, на которых в полной мере отразилось влияние среды произрастания. Стволы, безусловно господствующие в старом возрасте, как показали исследования, в большинстве случаев были господствующими в более ранних возрастах. Поэтому при сравнении хода роста в высоту более молодых насаждений на основе анализа ствола модели также берутся из наиболее высоких и толстых деревьев с таксационными признаками, отвечающими показателям исходного указательного насаждения. При этих условиях можно утверждать, что более мо-

лодые насаждения, выбранные по этому методу, принадлежат к одному и тому же естественному ряду.

На практике, применяя данный метод, помимо наиболее толстых и высоких деревьев, в качестве моделей используют также и деревья среднего диаметра. Закономерностями в строении насаждений установлены определенные зависимости между этими деревьями, что служит двойным контролем удачного выбора взятых моделей с построением двух графиков хода роста по высоте.

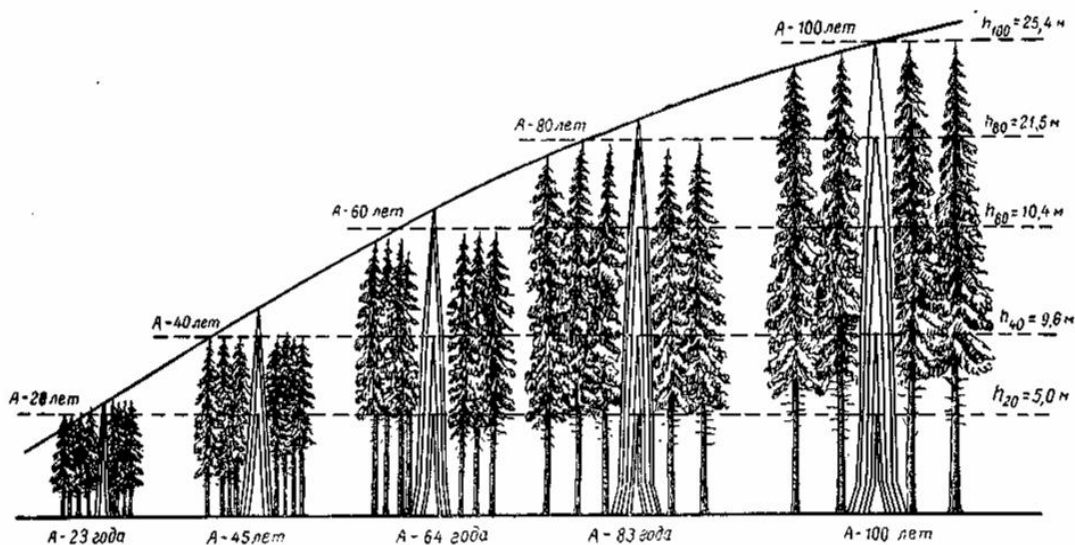


Рис. 91. Ход роста насаждения

Ход роста по высоте моделей, взятых в указанном насаждении, наносят на график (рис. 92); на оси абсцисс откладывают возраст, а на оси ординат – высоты, полученные по анализам стволов более молодых возрастов. Близкое совпадение кривых высот, полученных для отдельных насаждений различных возрастов, будет свидетельствовать об единстве их роста и принадлежности к одному естественному ряду.

Таким же способом могут быть сопоставлены изменения и других таксационных признаков исследованных древостоев.

При последующем упрощении техники сбора материалов берут модели лишь для наиболее высоких толстомерных деревьев и среднего диаметра древостоя.

Недостатком метода является отсутствие уверенности в правильности выбора исходного указательного насаждения, что отражается затем на подборе остальных объектов более молодых возрастов.

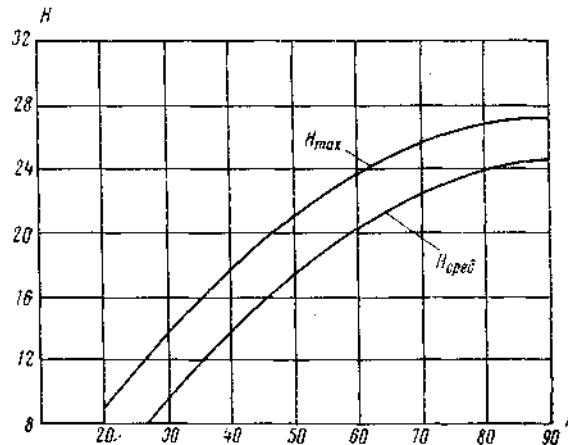


Рис. 92. Построение графика хода роста моделей по высоте при составлении таблиц хода роста по методу «указательных насаждений»

Метод многократных обмеров многих объектов (метод Гейера)

Объекты исследований насаждений одной породы, одинакового происхождения (бонитет, тип леса), одинакового режима воспитания, но отличающиеся лишь возрастами, отбирают в природе и закладывают в них пробные площади, которые затем таксируют обычными способами. На заложенных пробах проводят повторные обмеры через 5; 10; 15 и 20 лет, при этом учитывают весь отпад деревьев.

В результате детальной обработки материалов повторных обмеров получают одинаковые количественные измерители хода роста по высотам в различные периоды, полученные в одинаковых возрастах, но на разных пробах. Такое совпадение высот будет свидетельствовать об единстве развития данных объектов и их однородности.

Измеренные средние высоты насаждений на разных пробах, но приуроченные к одинаковым возрастам наносят на график, на котором по оси абсцисс отложены возрасты, а по оси ординат — средние высоты. В случае однородности выбранных объектов средние высоты в одном возрасте, но на разных пробах должны быть близки между собой.

Нанесенные на график высоты по всем объектам и возрастам отразят общий характер динамики роста по высоте и будут свидетельствовать об однородности выбранных объектов. Если отдельные отрезки кривой будут давать резкое отклонение вверх или вниз от общей средней кривой, то это явится показателем неудачного подбора

отдельных объектов, данные по которым подлежат исключению из обработки.

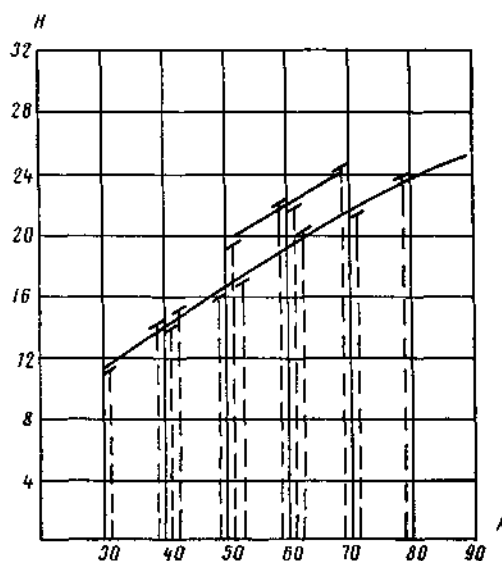


Рис. 93. График хода роста насаждений по высоте по данным повторных перемеров на разных пробах в зависимости от возраста

Таким же, способом могут быть построены (в случае необходимости) графики по остальным таксационным признакам насаждений.

На графике (рис. 93) видно, что высота H пробы № 4 резко выделилась из общего графика высот. Следовательно, этот объект необходимо изъять из материала.

Метод Гейера обеспечивает объективные показатели для суждения об однородности объектов исследования. Он дает возможность определить ход роста насаждений данного естественного ряда, проследить ход роста подчиненной части насаждений и уточнить величину отпада, что существенно важно в методике составления таблиц хода роста.

К недостаткам метода нужно отнести трудности, вызываемые подбором исходных объектов исследования, однородных по всем показателям и относящихся к одному естественному ряду роста и развития. Неудачный выбор выявляется уже в процессе обработки опытных материалов. Использование метода требует продолжительного времени (10–15 лет) для выполнения всей работы и, следовательно, применять его можно лишь при стационарных наблюдениях на постоянных пробных площадях, закладываемых для научно-исследовательских целей.

Комбинированные методы составления таблиц хода роста на базе использования закономерностей строения насаждений

Описанные выше методы в практике обычно не применяют. Широкое использование закономерностей в строении и росте насаждений приводит к применению комбинированных методов, значительно упрощающих анализы собранного материала и в особенности научную его обработку. Сбор опытного материала в зависимости от местных условий и поставленных целей исследования проводится в таких случаях с применением тех или иных технических приемов одного или нескольких рассмотренных методов. В процессе научной обработки собранных экспериментальных данных используют приемы, вытекающие из закономерных связей строения и роста насаждений.

В результате многочисленных исследований, проведенных отдельными авторами (Вебер, Шиффель, Гергардт, А. В. Тюрин, Н. В. Третьяков и др.), была создана значительная база для теоретических обобщений и технических приемов, облегчающих работу.

При сравнительном изучении материалов по ходу роста древостоев насаждений и отдельных деревьев по данным анализа ствола был обнаружен ряд закономерностей в изменении во времени отдельных таксационных признаков и их взаимосвязей.

В этом направлении заслуживают внимания исследования Вебера, который выразил рядом формул закономерный характер роста деревьев и древостоев насаждений по периодам: по высоте, диаметру, площади сечения, объему и т. д. Вебер выделяет два периода роста дерева: первый – в самом раннем возрасте, когда дерево приобретает отличные от кустарника формы, и второй – когда ствол окончательно сформировался и начался процесс очищения от нижних сучьев и ветвей.

Для характеристики роста дерева в высоту во втором периоде предложена следующая формула:

$$H_a = H_{\max} \left(1 - \frac{1}{1,0p^x} \right),$$

где:

H_a – высота в искомом возрасте;

H_{\max} – максимальная высота дерева, возможная для данной породы;

p – некоторый коэффициент, характеризующий энергию роста, выраженную в процентах для каждой породы по отдельным таксационным признакам в зависимости от класса бонитета и класса роста;

x – показатель степени, равный возрасту a , уменьшенному на период начального роста b , т. е. $x = a - b$. Фактор $1,0p^x$ характеризует нарастание исходной величины по сложным процентам на период x лет, т. е. является формулой пролонгирования; величина этого фактора может быть получена из вспомогательных таблиц. Из-за биологических различий древесных пород коэффициент p изменяется для разных пород в пределах от 1,8 до 2,5. По классам бонитета он изменяется следующим образом:

Бонитет ...	I	II	III	IV	V
Значение p ...	2-2,5	1,5-2	1	1-0,7	0,5

Величина p изменяется также в зависимости от класса роста от 2 до 1.

Проф. А. В. Тюрин для деревьев господствующего яруса сосновых насаждений дает следующие значения H_{max} для возрастов 4–10 лет и $1,0p$ по бонитетам:

Бонитет ...	Ia	I	I	III	IV	V	Va
H	43,0	38,5	34,0	29,5	24,5	20,0	15,5
b , лет ...	4	5	6	7	8	9	10

Для всех бонитетов значение $1,0p$ принимается равным 1,015. Для березы и осины аналогичные данные следующие:

H_{max}	35	31,3	27,7	23,8	20,0	16,4
...						
b , лет ...	2	2	3	4	5	6

Величина p принята равной 2,5%, т. е. 1,025.

Использование формулы Вебера на материале хода роста сосны в возрасте 65 лет, $H = 26,3$; $d_{1,3} = 34$ см и бонитет Ia; класс роста I позволило дать следующие результаты:

Возраст ...	10	20	30	40	50	60	65
--------------------	----	----	----	----	----	----	----

По анализу...	4,2	9,2	14,4	19,1	22,6	25,4	26,3
По формуле Вебера	4,1	10,1	15,5	19,8	23,4	26,8	27,9

Формула была взята со следующими параметрами:

$$H_a = 43 \left(1 - \frac{1}{1,0175^x} \right); \quad b=4; \quad p=1,75\%.$$

Как видно из приведенного примера, эта формула в целом показывает ход роста по высоте, причем с некоторым превышением высот (в среднем 4,5%).

Ход роста по площади сечения древесного ствола, а следовательно, и по диаметру в большей степени по сравнению с высотой зависит от внешних факторов, например от рубок ухода.

В первом периоде роста величина g увеличивается быстро, пропорционально ряду пролонгирования величин по сложным процентам: $1,0p$; $1,0p^2$; $1,0p^3$ и т. д.

Во втором периоде роста g увеличивается пропорционально возрасту, т. е. $ga = px$; где p – коэффициент энергии роста по породам, классам бонитета и роста дерева; a – возраст; $x = a-b$; умножая выражение $ga = px$ на 0,001, получим результат в квадратных метрах; при умножении на 10 – в квадратных сантиметрах.

Формула хода роста по диаметру вытекает из формулы $g=px$, так как

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

откуда

$$d = \sqrt{\frac{4px}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{px}{\pi}}.$$

Расчеты по этой формуле, поскольку диаметры выражены в сантиметрах, приводятся с дополнительным множителем 10. Например,

$$d_{65} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 10 \cdot 60}{3,14}} = \sqrt{\frac{3600}{3,14}} = \sqrt{1142} = 33,8 \text{ см}.$$

Изменение объема древесного ствола в пределах второго периода его роста выражается формулой

$$va = 1,0px \cdot 0,1.$$

Как показали опытные исследования, коэффициент p изменяется в пределах от 1,5 до 6. Для стволов сосны I бонитета ближе подходит

значение $p = 3,5\%$, постепенно снижаясь с падением бонитета, и для V бонитета достигает $1,5-1,0\%$.

Анализируя приведенные нами расчеты по применению формул Вебера в отношении роста дерева по h, g, d, v , можно убедиться в том, что при подборе соответствующих значений p для каждого таксационного признака дерева получаются вполне удовлетворительные результаты.

Рассмотрим далее закономерности в строении и ходе роста насаждений по формулам Вебера в отношении числа стволов N_a , суммы площадей сечений G_a и запаса насаждения V_a на единице площади.

Как известно, число стволов насаждений с повышением возраста сильно уменьшается, особенно с момента смыкания полога до окончания его формирования, совпадающего с замедлением роста в высоту.

Этот процесс выражен следующей формулой:

$$N_a = \frac{10000}{1,0p^x}.$$

Коэффициент p изменяется для разных пород и классов бонитета от 2,5 до 8.

Сумму площадей сечений G деревьев в составе насаждения можно выразить через произведение площади сечения среднего дерева g на общее число стволов N ; величины N и G с повышением возраста насаждения находятся в обратной зависимости: G – увеличивается, N – уменьшается; произведение $G = gN$ с возрастом увеличивается вначале быстро, а затем медленно и, наконец, после некоторого периода стабильности начинает медленно уменьшаться. Поэтому необходимо установить однообразие коэффициента p в отношении формул для G и N , после чего сумму площадей сечений можно выразить равенством $G = gN$.

Вебером предложена для этого случая формула

$$G = \frac{0,5p^2x}{1,0p^x}.$$

Как показали опытные исследования, величина p зависит от породы и класса бонитета и изменяется в пределах от 1,2 до 3%.

Исследования Вебера, основанные на анализе имеющихся таблиц хода роста насаждений, выявили значительную общность закономерного роста всех древесных пород с учетом их биологических особенностей.

По словам Вебера, построенные им графики хода роста насаждений по отдельным таксационным признакам с очевидностью свидетельствуют, что закономерности хода роста насаждений одни и те же для всех пород, и хотя между отдельными породами и существуют степенные различия энергии роста, отраженные в формулах, однако нет специфических различий, обусловленных особенностями отдельных древесных пород.

Взгляды Вебера о всеобщности хода роста насаждения хотя и выражены четко и определенно, но в то же время он утверждает возможность широкого варьирования биологических свойств древесных пород, а также некоторых отклонений от нормального роста, вызванных наличием специфических условий. Эти исследования позволяют теоретически обосновать целесообразность общепониманной шкалы насаждений и в качестве объективного критерия для установления бонитета использовать среднюю высоту насаждения в определенном возрасте. По утверждению проф. Н. В. Третьякова, в работах Вебера дана идея не только общей бонитировочной шкалы, но и всеобщих таблиц хода роста насаждений.

В. Н. Дракин и Д. И. Вуевский предложили новую формулу исследования хода роста насаждений по высоте и диаметру.

В основу своих выводов они положили гипотезу: «скорость роста по высоте, начиная от нуля, возрастает до некоторого максимума, после чего стремится к нулю при неограниченном увеличении возраста».

Изменение высот насаждений с возрастом происходит по S-образной кривой, если за абсциссу принять возраст A , а за ординату высоту H . Такая кривая роста касается оси абсцисс в начале координат и характеризует начальный период роста в высоту, в последнем периоде она отражает затухающий подъем кривой, следовательно, отражает ход роста в высоту двух ранее рассмотренных периодов, так как формула Вебера выведена лишь для второго периода.

Такая формула В. Н. Дракина и Д. И. Вуевского имеет следующий вид:

$$H = H_{\max} \left(1 - e^{-ka} \right)^m.$$

где:

H – высота в возрасте a лет;

H_{\max} – верхняя граница роста для данной породы;

e – Неперово число, равное 2,71828;

a – возраст дерева или насаждения;

m и k – параметры уравнения, являющиеся положительными величинами, при $m > 1$ кривая носит S -образный характер; при $m < 1$ S -образная форма утрачивается и кривая обращена выпуклостью вверх; при $m = 1$ получается уравнение Вебера.

Для пользования формулой составлены вспомогательные таблицы. Формула может быть рекомендована при исследовании хода роста культур в начальный период их развития. Характер кривой хода роста по высоте может быть выражен уравнением третьей степени, дающим хорошие результаты.

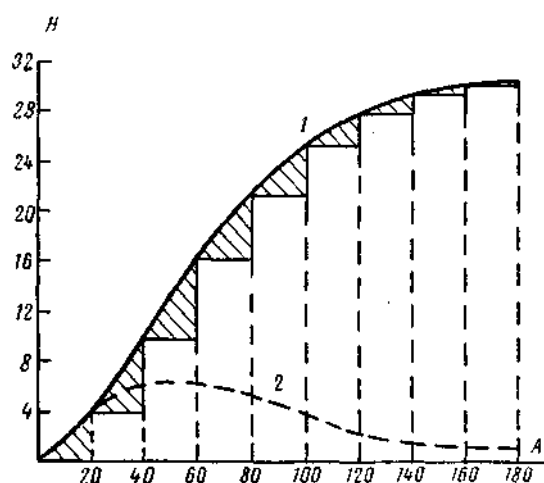


Рис. 94. График хода роста по высоте ствола в зависимости от возраста с использованием Дракина и Вуевского.

Кривые:

1 – ход роста по высоте ствола; 2 – ход роста приростов по высоте.

Для сглаживания S -образной кривой хода роста по высоте любым способом при построении графика рекомендуется выделять величины прироста в высоту по периодам роста и по этим данным строить вторую кривую приростов в высоту, которая наглядно иллюстрирует период кульминации прироста по высоте – так называемый закон большого периода роста – и контролирует степень сглаживания высот. Проф. А. В. Тюрин предложил сначала сглаживать кривую приростов и затем по полученным результатам получать сглаженную кривую высот. Общий вид графических построений такой кривой приводится на рис. 94.

Установленная многими исследователями зависимость между высотами среднего дерева насаждения и предельного по высоте и

диаметру приводит к необходимости графических построений двух таких кривых на одном графике.

Как уже отмечалось, во втором периоде роста в высоту деревьев и насаждений кривая высот имеет параболический характер и может быть выражена уравнением второй степени, которое хорошо передает динамику прироста по высоте.

Существующие таблицы хода роста отражают преимущественно ход роста нормальных чистых насаждений. Между тем в природе преобладают насаждения смешанного состава, сложные по форме и разновозрастные по отдельным ярусам. Поэтому основной задачей лесной таксации является разработка методов исследований хода роста смешанных насаждений, начиная с установления понятия нормальности этих объектов.

В «Лесной вспомогательной книжке» проф. М. М. Орлова (8-е издание) помещены таблицы хода роста смешанных сосново-еловых насаждений Пруссии в возрасте от 30 до 170 лет, составленные проф. Шиллингом в двух вариантах: 1) с равномерным смешением сосны и ели, т. е. 5С5Е и 2) насаждений с резко выраженными двумя ярусами: верхним сосновым и нижним еловым.

Таблицы Шиллинга несовершенны в методическом отношении: средние таксационные признаки насаждений даны без подразделений по породам с единством состава пород сосны и ели на протяжении столь длительного периода, что находится в резком противоречии с биологическими особенностями этих пород во втором типе таблиц нет подразделений даже по ярусам.

Там же приведены шведские таблицы хода роста смешанных насаждений состава 5С4Е1Б для III, IV и V бонитетов (авторы Эландер и Грантингер). Средние таксационные признаки здесь дифференцированы по породам, что выгодно отличает шведские таблицы от таблиц Шиллинга. Возрасты насаждений от 20 до 100 лет. Однако постоянство состава пород на протяжении 100-летнего возраста также вызывает сомнение.

По иному пути пошел А. И. Тарашкевич (1916), характеризуя ход роста елово-лиственных насаждений для II и III бонитетов в лесах бывш. Тверской губернии. Учитывая характер смены пород после вырубки еловых насаждений и первоначальное заселение вырубов лиственными породами, под защитным пологом которых появляется самосев ели, А. И. Тарашкевич в таблице приводит динамику состава пород в зависимости от возраста.

Вначале наблюдается преобладание лиственных пород и незначительная примесь ели, которая с возрастом постепенно увеличивается и начинает вытеснять лиственные породы. В возрасте 20 лет состав $\frac{1}{10}$ Е $\frac{9}{10}$ лиственных; к 140 годам обратное соотношение – $\frac{9}{10}$ Е и $\frac{1}{10}$ лиственных. Таксационная характеристика насаждений дана отдельно по породам.

Работу А. И. Тарашкевича можно характеризовать лишь как первую попытку поисков методики составления таблиц хода роста смешанных насаждений, которая нуждается в дальнейшей доработке и уточнении.

Большую работу по составлению таблиц хода роста смешанных насаждений провел Н. В. Огородов, опубликовавший в 1951 г. таблицы хода роста сомкнутых елово-пихтовых насаждений с незначительной примесью березы по типам леса для северо-востока европейской части СССР. Таблицы составлены по материалам пробных площадей лесоустройства, заложенных в насаждениях от 30 до 200 лет и выше в пяти типах леса. Дается развернутая характеристика естественноисторических условий местопроизрастания и приведены таксационные признаки только преобладающей породы (ели).

Методика обработки материалов не освещена, что исключает всякую возможность критической оценки таблиц с методической точки зрения. По мнению автора, составленные таблицы не претендуют на высокую точность, но могут быть полезны в практике лесного хозяйства для описанных районов.

Также необходимо отметить работу О. А. Трулля (1955) «Смешанные елово-березовые насаждения БССР и динамика их роста и развития», основанную на материалах заложенных 68 пробных площадей в условиях Белоруссии, в еловых типах леса – кисличниках, зеленомошно-кисличниках и черничниках.

Динамика роста и развития охватывает две стадии:

а) сложного елово-березового насаждения, двухъярусного строения, с березой в верхнем ярусе и елью в нижнем; эта стадия продолжится до 40 лет;

б) стадия смешанного елово-березового насаждения характеризуется одноярусным строением полога из березы и ели; эта стадия от 40 до 100 лет.

В этой стадии в период 40–45 лет наблюдаются равные доли участия ели и березы в составе насаждения, после чего наступает период преобладания ели, протекающий от 50 до 100 лет. Полное за-

вершение смены пород происходит за пределами 100 лет с образованием чистого елового насаждения.

Весь собранный материал подвергнут тщательной обработке с использованием современных научных методов. Ход роста по высоте и сумме площадей сечений отдельно по породам О. А. Трулль устанавливал с применением уравнения

$$y = a \left(1 - e^{-ka} \right)^m.$$

В составленных таблицах хода роста дана отдельная таксационная характеристика по ели и березе, кроме того, таблицы хода роста по трем сериям дополнены динамикой товарности по выходу промышленных сортиментов.

Указанная работа отличается широтой исследования объектов с использованием современных научных методов сбора и обработки материалов и доведением результатов до народнохозяйственной оценки насаждений по данным товарности.

В табл. 96 приводятся данные хода роста по черничной серии типов леса (по О. А. Труллю).

Заслуживают внимания таблицы хода роста смешанных сосново-березовых древостоев высшей производительности для Архангельской области, составленные О. А. Неволиным под руководством В. И. Левина (1965). Автор отмечает увеличение продуктивности смешанных сосново-березовых насаждений по сравнению с чистыми сосняками аналогичного типа леса. В динамике состава отмечена определенная стабильность с возрастом древостоев.

При значительной трудоемкости работ по составлению таблиц хода роста насаждений большое значение приобретает использование рационализаторских предложений по сбору и обработке экспериментальных материалов.

Автором описано одно из таких предложений, сущность которого заключается в следующем. Исследование хода роста средних диаметров и средних высот насаждений по возрастам и бонитетам можно проследить по материалам анализа хода роста средних модельных деревьев по 10- или 20-летним периодам в насаждениях предельного класса возраста.

Было взято 13 модельных деревьев в сосновых насаждениях I бонитета, VI класса возраста в Беловежской Пуще. Полученные средние величины были сглажены по уравнениям второй степени и сопоставлены со средними высотами восьми таблиц хода роста сосно-

вых насаждений, составленных отечественными и зарубежными авторами.

Таблица 96

Ход роста смешанных елово-березовых насаждений черничной серии типов леса (по О.А. Труллю).

Древостой																	При- рост, м ³		Отпад				
возраст, лет	состав	ярус	средняя высота, м	средний диаметр, см	объем средней модели, м ³	число стволов на 1 га, шт.	сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Запас на 1 га, %				общий запас, м ³	видовое число, 0,001	коэффициент формы q ² , 0,001	Среднее изменение запаса, м ³	текущее изменение запаса, м ³	средний	текущий	Число стволов на 1 га, шт.	Запас на 1 га, м ³	Сумма всего промежуточного пользования, м ³	Общая производительность, м ³	
								крупной	средней	мелкой	дрова												
10	10Б	I	4,5	3,5	-	8000	8,0	-	-	-	21	-	-	2,1	-	2,3	-	-	2,2	2,2	23		
	10Е	II	1,0	1,3	-	11000	0,9	-	-	-	2	-	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	2		
30	10Б	I	11,8	8,0	0,0287	2720	13,6	-	6	61	10	78	486	680	2,6	2,5	3,1	3,2	1972	7,8	14,4	92	
	10Е	II	6,2	5,6	0,0097	3200	8,0	-	-	79	4	31	621	792	1,0	2,1	1,3	2,7	3300	5,9	6,8	38	
50	5,3Е	I	12,4	12,0	0,0740	1487	16,8	-	31	52	5	110	530	735	2,2	4,5	2,7	5,6	562	11,2	26,1	136	
	4,7Б		17,2	14,0	0,1266	766	12,1	-	38	29	20	97	465	671	1,9	0,4	3,0	2,7	845	23,0	52,5	150	
70	7,1Е	I	18,0	19,0	0,2577	838	23,7	12	48	26	4	216	504	717	3,1	5,2	4,1	7,7	252	25,2	71,2	287	
	2,9Б		21,1	21,3	0,3448	261	9,3	11	47	9	23	90	457	667	1,3	-0,5	2,6	1,5	174	20,1	94,0	184	
90	8,1Е	I	22,6	24,3	0,5146	616	28,6	29	40	17	4	317	491	709	3,5	5,0	4,8	7,0	79	19,7	115,6	433	
	1,9Б		23,9	26,2	0,5851	135	7,3	28	36	3	23	79	452	665	0,9	-0,6	2,2	0,6	43	10,3	119,2	198	
100	8,5Е	I	24,4	26,1	0,6378	566	30,3	39	33	15	3	361	488	706	3,6	4,4	4,9	6,1	50	17,1	132,7	494	
	1,5Б		25,1	27,9	0,6939	98	6,0	35	30	2	23	68	451	664	0,7	-1,1	2,0	0,02	37	10,3	129,5	198	

Расхождение по высотам оказалось в пределах 2–6%. Коэффициенты различия t между высотами по двум источникам оказались в пределах 0,10–1,10; среднеквадратическое отклонение σ 0,96–2,10%; коэффициент варьирования высот w 7,0–10,8%. Точность исследования 2,2–3,4%.

Отклонение средних диаметров по анализам стволов от аналогичных величин восьми таблиц хода роста составило от 0,3 до 3,7%. Изменчивость средних сумм площадей сечений насаждений по восьми таблицам хода роста по возрастам выразилось коэффициентом варьирования w от 6,2 до 9,2%, среднеквадратическим отклонением σ 2,5–2,9 при точности исследования 2,0–3,2%.

Высокая точность величин основных таксационных признаков насаждений по восьми таблицам и совпадение с данными анализов хода роста стволов подтверждает их единство и дает обоснование для составления единых общих таблиц хода роста.

Для получения запасов насаждений по формуле $M=gHf$ были использованы связи видового числа с высотами

$$f = 0,380 + \frac{1,93}{H}.$$

Таким образом, представилось возможным составить таблицы хода роста сосновых насаждений I бонитета.

Наше предложение было успешно использовано проф. М. В. Давыдовым при составлении таблиц хода роста белоакациевых насаждений.

Разновозрастные насаждения, произрастающие на севере и в горных районах страны, неизбежно вносят изменения в методику составления опытных таблиц хода роста. В результате немногочисленных исследований в этом направлении возраст таких насаждений устанавливают: а) в абсолютных величинах среднего возраста и б) в относительных величинах – естественных ступенях возраста.

В обоих случаях достоверные данные о возрастах получаются в порядке сплошной разработки заложенных пробных площадей и установления возрастов срубленных деревьев. Методы модельных деревьев не обеспечивают достоверных результатов изменчивости возраста таких древостоев.

В первом случае метод определения среднего возраста описан в работе Л. В. Бицина: «Строение и продуктивность горных лесов» (1965). Объекты исследования – буковые и пихтово-еловые насаждения Северного Кавказа и Крыма. Кривая распределения стволов буко-

вого насаждения по классам возраста графически для относительно разновозрастных насаждений (61–200 лет) близка к нормальной кривой; для циклично-разновозрастных насаждений при большей амплитуде колебаний возраста (450–500 лет) наблюдается несколько максимумов кривой.

Коэффициент варьирования возрастов бука на Северном Кавказе составил 33% и в Крыму 12%. При составлении таблиц хода роста проведено распределение насаждений по ярусам исходя из различий высот стволов, числа их и размещения по площади; в составленных таблицах таксационная характеристика приведена отдельно по ярусам.

Запасы древостоя 2-го яруса по бонитетам в возрасте рубки (150–160 лет) составляют около 5–6% общего запаса.

Распределение разновозрастных насаждений по естественным ступеням возраста в десятых долях среднего возраста насаждения дает более отчетливое и наглядное представление об их возрастной структуре. Этот метод использован в работах аспирантов: Р. Г. Синельщикова «Рост, строение и возрастная структура насаждений Кировской области» (автореферат 1959 г.) и И. И. Гусева «Строение и рост еловых насаждений Архангельской области» (автореферат 1962 г.).

В каждом разновозрастном насаждении преобладали числа стволов среднего возраста, который и принимался за основу при составлении опытных таблиц.

Насаждения по степени разности высот подразделяют на группы. При резких различиях в высотах выделяется 2-й ярус, для которого в таблицах дается отдельная характеристика. Изложенные особенности методики составления опытных таблиц указывают на то, что, при выделении ярусов последние характеризуют относительно разновозрастные древостой в отличие от таблиц хода роста нормальных или модальных одновозрастных насаждений.

Имеющиеся в настоящее время многочисленные таблицы хода роста насаждений представлены тремя видами: 1) местными; 2) общими и 3) всеобщими.

Первоначально составлялись местные таблицы по экспериментальным материалам, собранным на ограниченной территории, а в отдельных случаях на площади отдельных лесных дач. Такие таблицы отражали особенности роста насаждений при данных условиях местопроизрастания и предназначались для использования на тех же территориях.

Общие таблицы получены в результате обобщения ряда местных таблиц со значительным расширением территории как сбора материалов, так и применения таблиц.

Наконец, всеобщие таблицы составлены на базе исходных данных как местных, так и общих таблиц с использованием выявленных общих закономерностей роста и развития насаждений. Таким образом, всеобщие таблицы передают ход роста и развития насаждений отдельных пород независимо от их географического распространения.

Первыми по времени составления были местные таблицы, составленные русским таксатором А. Варгасом (1842–1848 гг.) по сосне, ели, березе и осине с использованием обширного материала пробных площадей лесоустройства. В этом отношении А. Варгас почти на 50 лет опередил немецких исследователей.

Пробы закладывали в насаждениях «совершенно полных, без прогалин, без просветов, без следов малейшей порубки», одновозрастных, нормального роста и развития. Подробно описывались условия местопроизрастания с выделением однородных групп, объединяемых классами бонитетов. Продуктивность насаждений по классам бонитета характеризовалась средним приростом (в м³/га).

В своих последующих работах наряду с характеристикой бонитетов по почвенно-грунтовым условиям и среднему приросту автор использовал в качестве критерия среднюю высоту насаждений.

Долгое время таблицы А. Варгаса были единственными. Несмотря на выявленные некоторые неточности, таблицы А. Варгаса для своего времени были выдающимися и не потеряли своего значения и в настоящее время.

Исследованием хода роста порослевых дубовых насаждений занимался проф. Б. А. Шустов (1914 г.). Основным материалом для составления таблиц послужили пробные площади лесоустройства, заложенные в южных районах СССР. При подборе насаждений и в пределах класса бонитета устанавливалась зависимость между наибольшими и средними высотами, что послужило коррективом для выведения средних высот.

Разделение насаждений на бонитеты по высоте проверялось классификацией их по общему запасу, причем оказалось, что оба приема давали вполне согласные результаты. Ход роста в высоту, а также изменение других таксационных признаков взятых моделей прослеживалось по данным анализов стволов.

Таблицы Б. А. Шустова долгое время были единственными. Проф. М. В. Давыдов, исследуя ход роста порослевых насаждений дуба в южных районах СССР, проанализировал таблицы Б. А. Шустова и выявил некоторые методические недочеты в его работах.

Используя опубликованный Б. А. Шустовым исходный материал в виде 55 пробных площадей и присоединив к нему свой материал по дополнительно заложенным 45 пробам, М. В. Давыдов подверг совместной обработке объединенные данные 100 проб и составил новые таблицы хода роста порослевых насаждений дуба для I, II, III и IV бонитетов.

Основной дефект методики Б. А. Шустова, по выводам М. В. Давыдова, заключается в том, что каждому бонитету соответствует отдельная кривая соотношений высот и сумм площадей сечений, несмотря на то, что по существующим закономерностям соотношения между высотами и суммами площадей сечений не зависят от возраста и бонитета. Проф. М. В. Давыдов эти соотношения выражает слабо-выпуклой кривой, что установлено работами проф. Н. В. Третьякова и Гергардта. Также внесены коррективы на повышение общей производительности насаждений (в среднем на 20–25%).

Поправки, внесенные М. В. Давыдовым в таблицы Б. А. Шустова, улучшают их качество и могут быть рекомендованы для использования в производстве и при научных исследованиях.

Проф. А. В. Тюрин в 1913 г. опубликовал работу «Исследование хода роста нормальных сосновых насаждений в Архангельской губернии» для трех классов бонитета и возрастов от 20 до 360 лет. Эти местные таблицы были составлены по методу указательных насаждений с использованием 12 пробных площадей, а также анализов хода роста модельных деревьев. Таблицы отражают динамику отмирания насаждений, начиная с некоторого возраста (160 лет) и кончая возрастом 360 лет. Другие авторы увеличили этот предел для сосны до 400 лет и более.

Одними из первых таблиц хода роста сосновых насаждений по типам леса были таблицы Г. А. Филичкина (1927), который исследовал с этой целью сосновые насаждения в типе леса сосняк-зеленомошник. По этому же методу проф. А. В. Тюрин в 1916 г. составил таблицы хода роста еловых насаждений северо-восточных районов СССР.

Исследованием хода роста черноольховых насаждений в СССР занимался проф. М. В. Давыдов. Результаты исследований (в цен-

тральных и южных районах СССР) были изложены в монографии «Черная ольха СССР» (лесоводственные свойства, ход роста, строение, народно-хозяйственное значение), опубликованной в 1948 г. При этом было установлено, что продуктивность черноольховых насаждений СССР выше продуктивности, вычисленной для ольхи по аналогичным германским таблицам Шваппаха, на 20%. В таблицах М. В. Давыдова также дается выход промышленных сортиментов. Им же в 1949 г. опубликованы «Исследования хода роста буковых насаждений в западных областях УССР» для Ia и I классов бонитетов. Методика выполнения этих работ аналогична изложенной выше в отношении перестройки таблиц хода роста порослевых дубовых насаждений проф. Б. А. Шустова.

Б. Н. Тихомиров и И. А. Тищенко (1929) составили «Таблицы хода роста лиственницы сибирской по исследованиям в Хакасском округе Сибирского края».

Б. В. Любимов и В. П. Корш (1926) составили таблицы хода роста нормальных кедровых насаждений III класса бонитета для насаждений кедра сибирского.

Е. Н. Науменко в 1952 г. опубликовал таблицы хода роста порослевых пойменных насаждений Среднего Дона и его притоков.

Из местных таблиц отметим таблицы хода роста и товарности сосновых насаждений Беловежской Пуши средней полнотой 0,7, составленные автором в 1954 г. Изменение сумм площадей и запасов выражено уравнением второй степени, причем запасы после 140–160 лет начинают уменьшаться вследствие начавшегося периода распада насаждения.

Вместо вычисления так называемого отрицательного прироста по запасу после периода падения запасов насаждения текущий прирост по объему был вычислен на основе исследования процента текущего прироста у 160 стоящих деревьев. При этом установлено падение процента прироста с увеличением возраста насаждений.

Объемный текущий прирост вычислялся по формуле

$$\Delta_v = \frac{P_v}{100} \cdot \frac{v_a - v_{a-n}}{2}.$$

Величина Δ_v как сумма приростов растущих деревьев не может быть величиной отрицательной, в отношении взятых объектов текущий прирост остается выше среднего при соотношениях между ними в среднем 1,4.

В. И. Левин в 1954 г. опубликовал таблицы хода роста полных и одновозрастных сосновых древостоев Архангельской области по классам бонитета.

Заслуживают также внимания таблицы хода роста сосняков Архангельской области по типам леса, опубликованные В. И. Левиным в 1955 г. В них отмечены некоторые особенности роста сосняков в отдельных типах леса: более ускоренный рост в молодняках сухих боров по сравнению с сосняками заболоченных типов леса, относящихся к одинаковым классам бонитета, и др.

И. М. Науменко (1958) опубликовал «Опытные таблицы хода роста и сортиментной структуры дубовых семенных насаждений СССР». Приведенные автором сопоставления с аналогичными немецкими таблицами Вимменауэра показали значительную общность их развития. Положительной особенностью таблиц И. М. Науменко является дополнение их сортиментной структурой насаждений.

М. В. Давыдовым (1958) опубликованы «Исследования хода роста семенных дубовых насаждений в УССР» с данными о сортиментной их структуре. Ф. П. Моисеенко опубликовал статью о ходе роста дубовых насаждений семенного происхождения БССР.

Из числа зарубежных следует отметить таблицы хода роста сосновых насаждений по северной Германии проф. Шваппаха (1896), построенные по материалам 144 постоянных пробных площадей, подвергнутых многократному повторному обмеру в течение 30-летнего периода, что позволило со значительной достоверностью установить общую производительность насаждений. Обработка материалов произведена путем графических сглаживаний фактических данных. К работе приложены перечеты пробных площадей, что позволяет использовать их для разных дополнительных научных исследований.

Для Швеции таблицы хода роста сосновых насаждений составлены А. Маасом (1911) на основе 79 пробных площадей.

Опубликован также и весь опытный материал. Сопоставление таблиц Мааса с данными таблиц А. Варгаса для Ленинградской области показало значительное согласование их. Методы обработки аналогичны с данными проф. Шваппаха.

Для дубовых семенных насаждений составлены таблицы хода роста К. Вимменауэром (1900) для западной Германии.

Помимо рассмотренных, имеется много местных таблиц хода роста насаждений по отдельным породам, но из-за ограниченности объема книги останавливаться на них не представляется возможным.

Профессор А. В. Тюрин, анализируя материалы своих местных таблиц хода роста, а также многочисленные таблицы других авторов, для разных физико-климатических условий путем сопоставления средних диаметров, высот, сумм площадей сечений в одинаковых возрастах и условиях местопроизрастания, выявил значительное их совпадение.

Результаты таких сопоставлений привели к тому, что проф. А.В. Тюрин в 1913 г. установил следующую эмпирическую закономерность: «Нормальные, т. е. сомкнутые, чистые, одновозрастные сосновые насаждения, имеющие в одинаковом возрасте равные высоты, имели одинаковый ход роста в прошлом и будут иметь одинаковый рост в будущем, независимо от того, находятся они в Германии или в Архангельской губернии».

Этот вывод привел к мысли о возможности составления всеобщих опытных таблиц хода роста на основе использования имеющихся местных и общих таблиц разных авторов и соответствующей обработки их таксационных признаков с использованием при этом закономерных зависимостей между отдельными таксационными признаками. В результате таких выводов в 1924 г. были опубликованы первые всеобщие таблицы хода роста сосновых насаждений, составленные еще в 1919 г.

В последующие годы таким же путем были составлены всеобщие таблицы хода роста и для других древесных пород: березы и осины (1925), ели (1926) и черной ольхи (1935). Перечисленные таблицы включены в соответствующие лесотаксационные справочники и находят широкое использование в практике.

Исключается ли целесообразность составления местных таблиц хода роста при наличии всеобщих таблиц? По мнению автора, не исключается. Необходимо помнить, что всеобщие таблицы составлены по материалам дополнительной обработки местных таблиц.

Если в порядке использования всеобщих таблиц будут установлены какие-либо отклонения от известных закономерностей хода роста и если в то же время местные таблицы, составленные по единой апробированной методике, позволят устранить обнаруженные неточности, то понятна положительная роль в этом случае местных таблиц, вносящих те или иные коррективы в существующие всеобщие таблицы. Однако в тех случаях, когда всеобщие таблицы хорошо отражают условия роста насаждений в определенных районах, нет необходимости составлять местные таблицы хода роста.

Нельзя не отметить положительную роль всеобщих таблиц с точки зрения единства методов учета лесосырьевых ресурсов, если рассматривать эти таблицы в качестве своеобразного стандарта, необходимого в условиях социалистического планового лесного хозяйства и лесной промышленности.

Почти одновременно с проф. А. В. Тюриным всеобщие таблицы хода роста насаждений для пяти пород – сосны, ели, пихты, бука, дуба – были составлены для Германии Г. Герхард-том (1921). В качестве исходного материала использовались соответствующие местные таблицы хода роста насаждений.

Таблицы Г. Герхардта представляют интерес с методической точки зрения, так как они позволяют установить линейные зависимости между отдельными таксационными признаками насаждений и возрастом. Следует добавить, что вычисление общей производительности насаждений автор рассматривает как функцию средней высоты, выраженную уравнением параболы

$$\sum v = aH^2 + bH + C.$$

Рассмотренные таблицы хода роста характеризуют нормальные насаждения.

В природных условиях преобладают среднеполнотные так называемые модальные насаждения полнотой, наиболее представленной на площади крупных лесных массивов. Исследованию хода роста модальных насаждений посвящен ряд работ, преимущественно выполненных в порядке диссертации.

Методика составления таких таблиц различна: 1) в качестве объекта в натуре подбирают насаждения средних полнот, наиболее всего представленных в данном лесном массиве, в котором закладывают пробные площади; обработка собранных экспериментальных материалов проводится одним из рассмотренных методов; 2) в основу методики сбора материалов и его обработки положен статистический метод; исходные данные берут из материала лесоустройства – таксационная характеристика всех выделов исследуемой породы на площадях отдельных лесхозов, областей или их объединений в крупных районах.

Примером первого типа таблиц могут быть таблицы сосновых насаждений БССР при полноте 0,85, составленные в 1928 г.

Ф. А. Михневичем под руководством проф. В. К. Захарова, которые широко используются в процессе лесоустроительных работ в БССР.

Проф. В. К. Захаровым составлены аналогичные таблицы хода роста и товарности сосновых насаждений I и II бонитетов для Беловежской Пущи при средней полноте 0,7 для возрастов от 90 до 240 лет (журн. «Лесное хозяйство», 1951, № 1). Обработка собранных материалов в виде многочисленных пробных площадей проводилась с использованием линейных уравнений, характеризующих изменение основных таксационных признаков насаждений от возраста.

Примером таблиц хода роста модальных насаждений, составленных по статистическому методу, могут быть «Исследования хода роста наиболее распространенных сосновых насаждений Владимирской области», автор А. Н. Поляков, и «Изучение хода роста модальных сосновых насаждений и установление их возраста спелости (по центральным районам европейской части СССР)», автор Цзянь-И-Инь.

Оба автора сделали выписки из лесоустроительных отчетов для указанных областей с таксационными характеристиками сосновых насаждений по бонитетам, классам возраста, полнотам, запасам и другим таксационным признакам. Указанный материал обрабатывался методом математической статистики с получением средних величин, сглаженных посредством линейных уравнений.

Дополнительно закладывали пробные площади и брали модельные деревья для анализов хода роста. Эти материалы использовали для корректирования результатов глазомерной таксации насаждений в процессе лесоустройства.

В результате было установлено, что полнота насаждений постепенно падает по мере увеличения возраста, например по Владимирской области получены следующие данные:

Класс возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII	Среднее
Полнота	0,75	0,73	0,70	0,66	0,62	0,54	0,56	0,69

По сглаженным средним величинам основных таксационных признаков древостоев были составлены таблицы хода роста модальных насаждений по общепринятой их форме.

Авторы работ пришли к заключению, что при изучении хода роста насаждений можно использовать материалы лесоустройства

(таксационное описание выделов) и при надлежащей их обработке статистическим методом получить с достаточной точностью таблицы хода роста.

К настоящему времени опубликованы общие и местные таблицы хода роста насаждений:

1) Таблицы хода роста нормальных насаждений, составление для полноты 1,0. Они показывают ход роста полных насаждений, не затронутых хозяйственной деятельностью. Применяются для составления нормативных таблиц сумм площадей сечений и запасов насаждений при полноте 1,0.

2) Таблицы хода роста эталонных насаждений, как эталон природы. Эти таблицы могут показывать запасы древостоев более высокие, чем в таблицах хода роста нормальных насаждений. Это – максимальные запасы и суммы площадей сечений древостоев.

3) Таблицы продуктивности модальных насаждений, показывающие запасы, диаметры, высоты и другие таксационные показатели насаждений, средних для данного лесотаксационного района.

4) Таблицы хода роста и производительности насаждений, пройденных различными режимами рубок ухода.

В Беларуси составлены местные таблицы хода роста нормальных сосновых и еловых древостоев по классам бонитета (В.С. Мирошников, О.А. Труль), сосновых, еловых и березовых насаждений по типам лесам (В.Е. Ермаков), березовых насаждений (О.А. Атрощенко), дубовых насаждений (Ф.П. Моисеенко), черноольховых насаждений (И.Д. Юркевич) и другие [24].

В.Ф. Багинским составлены таблицы хода роста нормальных насаждений для основных лесобразующих пород и продуктивности модальных насаждений [28]. В.Ф. Багинский составил таблицы продуктивности сосновых насаждений по типам леса, О.А. Атрощенко разработал таблицы производительности сосновых насаждений по уровням производительности и режимам ухода.

Лекция 24. Продуктивность модальных насаждений

Разработка методов составления таблиц хода роста насаждений на основе использования значительного опытного материала, подвергнутого углубленной научной обработке, позволила установить ряд дополнительных закономерностей в ходе роста и развития чистых одновозрастных (нормальных) насаждений.

Выявленные закономерности, будучи выражены эмпирическими формулами и графическими построениями, создали прочную научную базу для методики обработки экспериментальных данных. Особое значение в этом отношении приобретают закономерности, выражающие линейную зависимость отдельных таксационных признаков насаждений с их возрастом и высотой.

Линейные зависимости облегчают контроль качества собранного опытного материала, а также научную обработку его. Рассмотрим главнейшие из них.

Сглаживание кривых хода роста в высоту для второго периода (также и по другим таксационным признакам – диаметру d , сумме площадей сечений G , запасу V до известного периода) может быть проведено с использованием линейной зависимости этих признаков от возраста, высоты или сочетаний перечисленных признаков, что в общем виде может быть выражено следующими формулами, позволяющими выражать криволинейные зависимости линейными:

$$y = AT = aA + b;$$

$$y = HT = aH + b,$$

где AT – произведение возраста древостоев насаждений A на абсолютную величину их таксационных признаков T : высоты, среднего диаметра, видового числа, и, наконец, суммы площадей сечений G и запаса насаждений V ; в отношении двух последних признаков линейная зависимость наблюдается лишь до наступления периода распада насаждения.

В уравнении приводится линейная зависимость от высоты насаждений. Сглаженные значения T получаются путем деления обеих частей уравнения на A или на H .

В результате получаем уравнения гиперболы

$$T = a + \frac{b}{T};$$

$$T = a + \frac{b}{H}.$$

Теоретическое обоснование рассмотренных линейных зависимостей между таксационными признаками насаждений дано в научных трудах зарубежных и отечественных ученых: Вейзе, Эйхгорна, Гергардта, А. Шиффеля, Н. В. Третьякова, А. В. Тюрина и др.

Необходимо отметить углубленную теоретическую проработку и практическое использование линейных закономерностей проф. Н. В. Третьяковым, положенных в основу разработанной им методики составления таблиц хода роста насаждений.

Вейзе при составлении таблиц хода роста для насаждений одного и того же хода развития установил, что видовые высоты Hf изменяются пропорционально высотам насаждений; это можно выразить уравнением

$$Hf = aH + b.$$

Эйхгорн (1904) пришел к выводу, что запас нормального насаждения независимо от возраста и бонитета есть функция средней высоты насаждения; он может быть выражен линейным уравнением

$$V = aH + b.$$

Гергардт (1909) на материалах 17 опытных таблиц хода роста проверил это положение и практически использовал при составлении общих таблиц хода роста, сформулировав дополнительно линейную зависимость запасов насаждений от произведений GH . Запас господствующей части насаждения одной и той же породы есть функция GH (т. е. объемы цилиндров), и не зависит от возраста и бонитета

$$V = a(GH) + b.$$

Гергардт более определенно сформулировал выводы Эйхгорна о связи запасов насаждений со средними их высотами, а именно: запас нормальных насаждений, воспитанных при одинаковом режиме рубок ухода, независимо от возраста и бонитета, начиная с известной высоты, следует за изменением средней высоты насаждения.

В математической формулировке запас насаждения есть функция средней его высоты, т. е. $V = \varphi(H)$.

На графике изменение запаса выражено прямой линией.

Из ранее приведенного уравнения $Hf = aH + b$ можно получить, помимо сглаженного значения H , сглаженное значение f

$$f = a + \frac{b}{H},$$

т. е. среднее видовое число для данной породы и средней высоты является величиной постоянной и не зависит от бонитета. Далее, исходя из функциональной зависимости запасов от средних высот $V = GHf$, из приведенной связи видовых чисел с высотами логически вытекает вывод, что одинаковым запасам отвечают и одинаковые суммы площадей сечений насаждений вне зависимости от бонитета и возраста.

Этот вывод находит подтверждение в таблицах хода роста насаждений, составленных Гергардтом, а также А. В. Тюриным (табл. 94).

Таблица 94

Таблицы хода роста по Гергардту и Тюрину

Бонитет	Таблицы хода роста по сосне (по Гергардту)				Таблицы хода роста по березе (по А.В. Тюрину)			
	возраст	средняя H	ΣG , м ²	запас, м ³	возраст	средняя H	ΣG , м ²	запас, м ³
I	40	17,3	33,0	300	40	19,0	24,9	212
II	50	17,3	33,0	301	50	19,0	24,47	213
III	70	17,9	33,2	310	70	19,2	25,0	215
IV	100	17,1	32,8	297	–	–	–	–

Данные, приведенные в табл. 65, иллюстрируют два положения Гергардта: 1) функциональную зависимость запасов насаждений от средних высот и 2) зависимость запасов от суммы площадей сечений, т. е. равным запасам соответствуют одинаковые суммы площадей сечений насаждений.

Под руководством проф. Н. В. Третьякова разработан метод составления таблиц хода роста насаждений, известный под названием метода ЦНИИЛХ, основанный на закономерностях в строении насаждений, установленных как отечественными авторами (проф. Н. В. Третьяковым), так и зарубежными.

В результате анализа имеющихся таблиц хода роста и дальнейшего изучения зависимостей между возрастом насаждений и главнейшими таксационными признаками насаждений использованы линейные зависимости между ними, выраженные уравнением общего вида

$$AT = aA + b,$$

где:

A – возраст насаждений;

T – таксационные признаки насаждений;

a и b – параметры уравнения.

Использована также линейная зависимость q_2 от высоты насаждения, выраженная уравнением

$$Hq_2 = aH + b.$$

Для составления таблиц хода роста насаждений по методу ЦНИИЛХ требуется собрать достаточно однородный материал по исследуемым насаждениям разных классов возраста, представленный не менее 10–12 пробными площадями для одного типа леса при охвате возрастов до 150–160 лет. Насаждения должны быть звеньями одного естественного ряда, одновозрастные и чистые по составу.

Основным признаком принадлежности насаждений к одному естественному ряду является общность типа леса.

Приведенные линейные зависимости таксационных признаков насаждений от возраста могут быть использованы, начиная лишь с некоторой средней высоты (не менее 12–14 м). Для начального периода роста насаждений они не применимы.

Конкретное использование рассмотренных линейных уравнений проф. Н. В. Третьяков сводит в единый комплекс и считает его одним из способов составления опытных таблиц хода роста насаждений. Для каждой категории насаждений, представляющих один естественный ряд и различающихся лишь возрастом, закладывают 10–12 пробных площадей. По материалам обработки обмеров строят график высот и диаметров по возрастам, откладывая по оси абсцисс возраст A , а по ординатам – AH и Ad , в отношении формы древостоя – произведение Hq_2 в зависимости от высоты H . Об однородности взятых объектов судят по степени приближения вершин ординат AH , Ad , Hq_2 к прямой линии и по возрастам.

Пробные площади, для которых ординаты приведенных произведений отклоняются от средней прямой более 10% по высоте, на 15% по диаметру и на 6% по q_2 , исключаются из материала. Таким образом, на основе графических построений (по мнению проф. Н. В. Третьякова) судят о правильности выбора объектов исследования.

Приведенные предельные нормы отклонений являются средними значениями коэффициентов варьирования перечисленных таксационных признаков в рамках взятых объектов и, по мнению автора, их необходимо признать заниженными, как не обеспечивающими требуемой однородности материала.

Сглаживание числа стволов по возрастам производится общепринятым способом через предварительно сглаженные средние диаметры d и суммы площадей сечений G по формуле

$$N = G:g,$$

где g – площадь сечения среднего дерева диаметром d . Формула (263) пригодна для всех периодов роста насаждения.

Проф. Н. В. Третьяков предлагает для этой цели

1) формулу Каянуса $NA^2 = aA + b$

для вычислений N до момента распада насаждения;

2) формулу Третьякова $N=algA + b$

для использования после начала разрушений насаждения.

Обе формулы усложняют расчеты N без особой в этом необходимости, хотя и характеризуют общий характер изменений числа стволов насаждения в зависимости от возраста. Такова вкратце сущность метода ЦНИИЛХ.

Недостатком метода ЦНИИЛХ нужно признать то, что он не учитывает анализ хода роста, модельных деревьев по $d_{1,3}$, h и q_2 для подтверждения принадлежности насаждений к одному естественному ряду.

Проф. П. В. Воропанов рекомендует подбирать естественный ряд насаждений с учетом, что сумма площадей сечений G и запас M являются производными от числа стволов N , средней площади сечения g и среднего объема ствола v ; следовательно,

$$G=f(N, g) \text{ и } M=f(N, v),$$

поэтому нельзя вычислять число стволов N по формуле $N=G : g$.

Наблюдаемая линейная зависимость таксационных признаков насаждений начиная от высоты 14 м и более оставляет без рассмотрения ход роста молодняков, занимающих в отдельных районах значительные площади.

Заключительным вопросом исследования хода роста является определение общей производительности насаждений, понимая под этим термином суммирование запаса насаждения в данном возрасте с общим объемом отпада древесины с момента создания насаждения до возраста насаждения к моменту исследования. Общая производительность характеризует, таким образом, суммарную урожайность единицы лесной площади за весь период от появления данного древостоя насаждения до момента исследования.

Динамика отпада деревьев в насаждениях представляет сложный процесс, раскрыть который можно лишь путем систематических учетов отпада на постоянных пробных площадях на протяжении длительных периодов. Такой способ находит применение лишь в порядке длительных научных исследований.

При однократных обмерах временных пробных площадей величину отпада можно получить с некоторым приближением, используя соотношения таксационных признаков отпада, главным образом среднего диаметра и высоты.

Число стволов отпада N_o получается как разность числа стволов за исследуемый период времени, т. е. $N_o = N_a - N_{a-n}$

Величину отпада по объему можно получить как произведение объема среднего дерева отпада на число деревьев, т. е. $V_o = vN_o$.

Но так как объем среднего дерева отпада $v = ghf$, задача сводится к установлению абсолютных величин g, h, f .

В специальной литературе опубликован ряд работ по методам исследования величины отпада, в частности по относительным величинам средних d и h отпада, в сопоставлении с аналогичными величинами остающейся на корню частью насаждения.

По результатам 70-летних наблюдений на постоянных пробных площадях в лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии, представленных главным образом культурами сосны с небольшой примесью других пород (до 0,2), проф. И. М. Науменко установил следующую зависимость среднего диаметра отпада от среднего диаметра основного насаждения в процентах по возрастам:

Период роста	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Относительный диа- метр отпада ...	48	56	63	70	76	81	84	87	88

Зависимость между относительной величиной диаметра и возраста выражается коэффициентом корреляции, равным $0,73 \pm 0,046$. С увеличением возраста средний диаметр отпада приближается к среднему диаметру насаждения на корню.

Интересные данные по этому вопросу получил проф. И. М. Науменко, который подверг дополнительной обработке основные материалы проф. Шваппаха (1908 г.) по составлению таблиц хода роста сосновых насаждений Германии на основе многократных обмеров 144 пробных площадей.

При этом были вычислены относительные величины (табл. 95) диаметров, высот и объемов выбираемой части древостоя.

Таблица 95

Зависимость диаметров, высот и объемов от возраста древостоя

Элементы выбирае- мой части	Период роста в годах, % от оставляемой части					
	40	60	80	100	120	140
Средние: диаметры	68	71	76	82	90	100
Высоты	86	89	92	93	94	95
Объемы	36	48	58	64	75	92

Наблюдается прямая зависимость относительных величин с возрастом, при этом можно отметить, что к возрасту 140 лет, т. е. к началу распада насаждения, из его состава выпадают деревья основного яруса.

Проф. И. М. Науменко, анализируя величину отпада по таблицам хода роста насаждений, считает, что в состав отпада входят не только деревья подчиненного яруса, но и толстомерные деревья господствующей части.

Обычно принятое в опытных таблицах вычисление отпада из числа угнетенных деревьев приводит к преуменьшению этой величины а, следовательно, к преуменьшению текущего прироста насаждений.