

634.9

и 88

616102

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ЛЕСНОЙ
ТАКСАЦИИ
И ЛЕСОУСТРОЙСТВУ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

Всесоюзный
научно-исследовательский институт
лесоводства
и механизации лесного хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЛЕСНОЙ ТАКСАЦИИ И ЛЕСОУСТРОЙСТВУ

616102

ВОЛОГОДСКАЯ
областная библиотека
г.м. П. В. Бабушкина



Издательство
«Лесная промышленность»
Москва 1968

Сборник работ лаборатории лесной таксации и лесоустройства ВНИИЛМ «Исследования по лесной таксации и лесоустройству». М., изд-во «Лесная промышленность», 1968 г., стр. 224.

В сборнике представлены статьи, отражающие результаты научно-исследовательских работ лаборатории лесной таксации и лесоустройства ВНИИЛМ за 1965—1966 гг. и ряда институтов.

Особое внимание уделено вопросам строения, хода роста и продуктивности древостоев в связи с проблемой разработки эталонных насаждений в лесном хозяйстве.

Большое место в сборнике занимают исследования, связанные с научным обоснованием новых методов инвентаризации запаса насаждений и их текущего прироста, из которых первое место по праву занимает статистический метод.

Ряд статей посвящен одной из важнейших проблем лесоустройства — научно обоснованному размеру пользования лесом и возрастам рубок.

В сборнике 34 иллюстрации, 74 таблицы, библиография — 58 названий.

Редакционная коллегия:

Академик ВАСХНИЛ *Н. П. Анучин* (ответственный редактор);
Т. В. Набатова (секретарь); канд. с.-х. наук *Д. И. Дерябин*;
 доктор с.-х. наук, профессор *А. В. Побединский*; *Г. Г. Иванов*;
 канд. с.-х. наук *С. П. Иванников*; канд. техн. наук *Г. А. Ларюхин*;
 доктор с.-х. наук *К. Б. Лоцицкий* (зам. отв. редактора); канд. с.-х.
 наук *В. В. Миронов*; канд. с.-х. наук *И. В. Тропин*; доктор с.-х. наук
А. А. Цымек; доктор с.-х. наук *В. С. Шумаков*; доктор биол. наук
П. Б. Юргенсон; акад. ВАСХНИЛ *А. Я. Яблоков*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЛЕСНОЙ ТАКСАЦИИ И ЛЕСОУСТРОЙСТВУ

Редактор издательства *Р. Н. Гущина*
 Технический редактор *Н. В. Сысоева*
 Корректоры *А. В. Королева, О. В. Бирзина*
 Переплет художника *В. И. Воробьева*

Т 07380. Сдано в производство 24/1 1968 г. Подписано к печати 6/VI—1968 г.
 Бумага 60×90¹/₁₆, типогр. № 2. Печ. л. 14 + 0,25 вкл. Уч.-изд. л. 14,70. Тираж 2000 экз.
 Издат. № 54/67. Цена 1 р. 13 к. Зак. 28

Издательство «Лесная промышленность», Москва, Центр. ул. Кирова, 40а

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
 Комитета по печати при Совете Министров СССР.
 Хохловский пер., 7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый читателям сборник «Исследования по лесной таксации и лесоустройству» является вторым по счету сборником трудов лаборатории лесной таксации и лесоустройства ВНИИЛМ, выпускаемым лабораторией с момента ее организации (1962 г.).

Первый сборник трудов лаборатории «Новое в лесной таксации» вышел в 1964 г. и получил положительную оценку читателей. Настоящий сборник отражает результаты научных исследований за 1965—1966 гг. сотрудников лаборатории лесной таксации и лесоустройства ВНИИЛМ, а также других институтов — соисполнителей, научную деятельность которых ВНИИЛМ координирует как головной институт.

В сборнике представлены статьи по основным проблемам лесной таксации и лесоустройства, имеющие важное теоретическое и практическое значение. Особое внимание в сборнике уделено строению, ходу роста и продуктивности смешанных насаждений в связи с проблемой разработки эталонных насаждений в лесном хозяйстве. Большое место в сборнике занимает исследование, связанные с разработкой новых и совершенствованием существующих методов таксации запаса и прироста, определением точности и их эффективности. В связи с этим в сборнике в должной мере представлены исследования по лесоинвентаризации на математико-статистической основе.

В сборнике нашла отражение одна из важнейших проблем лесоустройства — проблема научно обоснованного размера главного пользования лесом, а также проблема повышения надежности с помощью объективных методов контроля полевых лесоустроительных работ.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов лесного хозяйства как производственников, так и научных работников. Он может быть также полезен учащимся высших и средних специальных лесохозяйственных учебных заведений для ознакомления их с современными методами лесной таксации и лесоустройства.

Свои отзывы, пожелания и критические замечания составители сборника просят направлять по адресу:

г. Пушкино, Московская обл., ул. 1-я Серебрянская, 15, ВНИИЛМ, лаборатория лесной таксации и лесоустройства.

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ

Академик ВАСХНИЛ Н. П. Анучин

Рационально установленный размер ежегодной главной рубки прежде всего зависит от наличия в хозяйстве спелого леса. Он должен определяться с таким расчетом, чтобы в рубку поступал только спелый лес. При этом пользование лесом должно быть не-

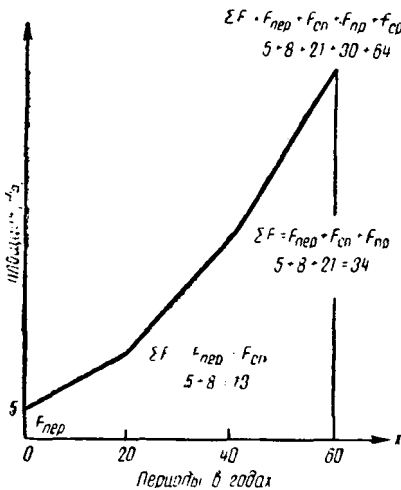


Рис. 1. График динамики поспевающего леса в истощенных хозяйствах

прерывным, т. е. из года в год повторяющимся и вместе с тем относительно равномерным. Чтобы установить размер пользования лесом, удовлетворяющий этим условиям, надо располагать данными распределения древостоев по возрасту и одновременно учитывать интенсивность накопления в хозяйстве спелого леса. Наиболее наглядно динамика накопления спелого леса может быть показана путем вычерчивания специального графика (рис. 1). На этом графике по оси абсцисс откладываются периоды лесопользования — 20, 40, 60 лет и так далее. На оси ординат фиксируется наличие спелого леса в отдельные возрастные периоды. Против нулевого деления на оси ординат указывается наличие перестойного леса ($F_{перст}$), т. е. имеющего возраст свыше оборота рубки. Допустим, что последний равен 100 годам. В этом случае на оси ординат против нулевого деления оси абсцисс отложим площадь древостоев, имеющих возраст 101 год и выше. К спелым относятся древостой возрастом от 81 до 100 лет. Вся их площадь ($F_{спел}$) достигает числа лет в обороте рубки через 20 лет. Будем исходить из предположения, что в течение этого срока рубки леса не производится. В этом случае площадь древостоев, возраст которых превышает число лет в обороте рубки, будет равна

$$\Sigma F_{20}^{экс} = F_{перст} + F_{спел}. \quad (1)$$

При прекращении рубки через 40 лет в категорию эксплуатационного леса кроме спелых древостоев перейдут приспевающие древостой. Следовательно, площадь эксплуатационного леса будет равна

$$\Sigma F_{40}^{\text{экс}} = F_{\text{перест}} + F_{\text{спел}} + F_{\text{прис}} \quad (2)$$

Если рубка не будет производиться в течение 60 лет, то за этот срок площадь эксплуатационного леса окажется следующей:

$$\Sigma F_{60}^{\text{экс}} = F_{\text{перест}} + F_{\text{спел}} + F_{\text{присп}} + F_{\text{ср}} \quad (3)$$

Точки, характеризующие площади эксплуатационного леса, накопленные через 20, 40 и 60 лет, нанесем на график и соединим их отрезками прямых линий. Полученная при этом ломаная линия может быть обращена в плавную кривую, именуемую в математике интегральной кривой. Из конечной точки этой кривой на ось абсцисс опустим перпендикуляр. Таким образом, на графике окажется вычерченный замкнутый контур, имеющий сходство с трапецией, у которой одна из сторон является кривой линией. Площадь этого графика характеризует наличие в хозяйстве эксплуатационного леса, накопленного за 60 лет. В течение этого периода без ущерба для лесного хозяйства имеющаяся площадь эксплуатационного леса может быть вырубленной.

Почему необходимо на график наносить нарастающим итогом площади древостоев, относящихся к отдельным классам возраста? Такое построение графика обусловлено тем, что в течение расчетного периода происходит передвижение древостоев из одного класса возраста в другой.

Если расчетный период равен 20 годам, что имеет место при установлении лесосеки по спелости, то за это время все древостой, отнесенные к классу спелых, окажутся пригодными для лесоэксплуатации. Следовательно, в этом случае к концу расчетного периода площадь древостоев, годных для эксплуатации, определяется наличием спелых и перестойных древостоев.

При расчетном периоде в 40 лет, принимаемом при определении первой возрастной лесосеки, общий резерв спелого леса, годного для лесоэксплуатации, к концу расчетного периода будет слагаться из древостоев, относящихся в данный момент к перестойным, спелым и приспевающим. Соответственно этому против точки на оси абсцисс, указывающей расчетный период — 40 лет, на графике должна быть нанесена ордината длиной, соответствующей в данный момент наличию перестойных, спелых и приспевающих древостоев.

К концу 60-летнего расчетного периода годными для лесоэксплуатации окажутся перестойные, спелые, приспевающие и один класс средневозрастных древостоев. Сумма площадей перечисленных древостоев и должна быть нанесена на график против деления соответствующего абсцисса — 60 лет.

Таким образом, график характеризует динамику поспевания леса. Если предположить, что рубка леса не производится, по графику можно найти площадь эксплуатационного леса, которую будет иметь хозяйство через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 лет. В связи с таким построением криволинейной трапеции возникает второй вопрос, почему график предусматривает динамику поспевания леса за период, равный 60 годам, а не за более короткий период?

В целях обеспечения промышленных предприятий постоянным источником сырья пользование лесом в каждом хозяйстве должно быть относительно равномерным. Однако на весь оборот рубки, принимаемый в хвойном лесу в 80, 100 и 120 лет, установить одинаковый размер пользования лесом не представляется возможным. Этого нельзя сделать прежде всего вследствие неравномерного распределения древостоев по классам возраста. Игнорирование возрастного распределения при равномерном пользовании лесом в одном случае приведет к удержанию на корню перестойных древостоев, а в другом — к вырубке древостоев в молодом возрасте, резко отличающемся от возраста спелости леса. В обоих этих случаях хозяйству будет нанесен ущерб. Имея в виду эти соображения, обычно принимают компромиссное решение. Относительно равномерный размер пользования лесом устанавливают на период, примерно равный половине длительности оборота рубки. Этот срок в старом лесоустройстве именовался уравнительным периодом.

Если исходить из 100-летнего оборота рубки, наиболее характерного для хвойного леса, то уравнительный период, равный половине оборота рубки, определяется в 50 лет. В нашем лесоустройстве хвойные древостои делятся на 20-летние классы возраста. В этом случае в уравнительный период вписывается площадь $(50 : 20)$ древостоев, относящихся к 2,5 классам возраста. Такое дробное деление древостоев для практики явно неудобно. Имея в виду это обстоятельство, расчетный период увеличен до числа лет, содержащегося в трех классах возраста, т. е. он принят равным 60 годам. Эта продолжительность совпадает с уравнительным периодом, принимаемым при вычислении второй возрастной лесосеки.

В зависимости от распределения древостоев по возрасту все хозяйства можно разделить на две категории:

а) истощенные хозяйства, где наибольшая часть лесопокрытой площади занята древостоями низших классов возраста;

б) хозяйства с накопленными запасами древесины, в которых преобладают спелые и перестойные древостои. Графическое представление динамики поспевания леса в истощенных хозяйствах дает рис. 1, а в хозяйствах с накопленными запасами — рис. 2.

В первом случае динамика поспевания леса характеризуется графиком, имеющим сходство с аналитической вогнутой кривой, носящей название параболы Нейля. Кривая, изображенная на рис. 2, имеет сходство с кубической параболой.

Аналитическая геометрия вооружает уравнениями обеих этих

парабол. Однако при решении этой задачи исключает возможность использования уравнения аналитических кривых. При решении задачи через уравнения кривых в каждом конкретном случае определения размера пользования лесом пришлось бы трудоемким путем отыскивать неизвестные постоянные коэффициенты, входящие в уравнения названных парабол. Имея в виду это обстоятельство,

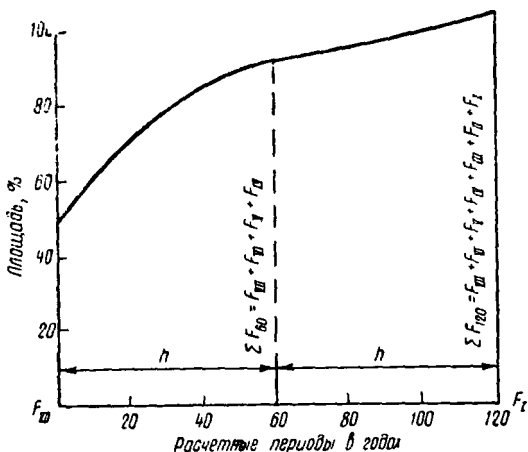


Рис. 2. График динамики поспевания леса в течение всего оборота в хозяйствах с накопленными запасами

кривые, характеризующие динамику поспевания леса, рассматриваются как одна из сторон параболической трапеции. Площадь такой трапеции определяется методом приближенного интегрирования.

При распределении хозяйства на истощенные и с накопленными запасами древостой, входящие в их состав, делим на два возрастных периода. К первому относим древостой, имеющие возраст, превышающий число лет в половине оборота рубки, во второй зачисляем древостой, возраст которых ниже числа лет в половине оборота рубки.

При 100-летнем обороте рубки во второй период относим древостой I, II классов возраста и половину древостоев III класса. Вся остальную площадь составляют древостой первого периода.

В истощенных хозяйствах площадь древостоев второго периода больше площади первого. В хозяйствах с накопленными запасами имеем обратное соотношение, т. е. в этой категории хозяйств наибольшую площадь имеют древостой первого периода.

В истощенных хозяйствах в ближайшие десятилетия размер пользования лесом лимитируется площадью древостоев первого периода. Во избежание рубки древостоев, не достигших возраста

спелости, в основу формул, определяющих размер пользования лесом в этих хозяйствах, положена площадь древостоев, отнесенных к первому периоду. В хозяйствах этой категории преобладают древостои второго периода, следовательно, вторая половина оборота рубки, когда достигнут эксплуатационного возраста современные молодняки и средневозрастные древостои, будет полностью обеспечена спелым лесом. Больше того, во второй половине оборота рубки размер пользования лесом может быть значительно увеличен. При таком положении в истощенных хозяйствах пользование лесом, осуществляемое в данный момент и в ближайшей перспективе, не лимитируется древостоями второго периода. Таким образом, в истощенных хозяйствах устанавливаемый размер пользования лесом прежде всего зависит от площади древостоев, отнесенных к первому периоду. Следовательно, в этих хозяйствах площадь древостоев первого периода предопределяет размер лесопользования. Эти соображения и послужили теоретической предпосылкой к тому, что в основу формул, рекомендуемых для истощенных хозяйств, положено наличие перестойных, спелых, приспевающих и одного класса средневозрастных древостоев.

Итак, в истощенных хозяйствах в основе расчета лесопользования лежит площадь древостоев первого периода. Этот период, лимитирующий современный размер пользования, ограничен от второго периода, имеющего в отдаленной перспективе большие размеры для увеличения размера рубки. Иной подход применен к решению задачи в отношении хозяйств с накопленными запасами. В этих хозяйствах размер лесопользования лимитируется малой площадью древостоев второго периода. Иными словами, в этих хозяйствах молодняков и средневозрастных древостоев недостаточно и если лесопользование во второй половине оборота рубки ориентировать на современные молодняки и средневозрастные древостои, то размер пользования во второй половине оборота рубки придется резко уменьшить. При таком положении в течение первого периода нельзя вырубать весь спелый и приспевающий лес. Часть этого леса необходимо будет резервировать для второго периода, не обеспеченного надлежащими площадями современных молодняков и средневозрастных древостоев.

Таким образом, необходимость некоторого выравнивания пользования лесом в хозяйствах с накопленными запасами диктует необходимость положить в основу расчетов весь период лесовыращивания или, иными словами, расчет вести на полный оборот рубки. В этом случае недостаток древостоев, отнесенных ко второму периоду, в некоторой части компенсируется древостоями первого периода.

Пополнение пользования во втором периоде за счет спелого и приспевающего леса, отнесенного к первому периоду, хотя и сопряжено с некоторой неизбежной потерей на приросте, но в этом случае на протяжении всего оборота рубки можно будет пользоваться спелым и перестойным лесом, причем можно достичь такого

положения, при котором пользование окажется непрерывным и относительно равномерным.

Все изложенное в отношении хозяйств с накопленными запасами привело к тому, что в основу формул, определяющих размер пользования лесом в этих хозяйствах, положена динамика послеваяния леса в течение всего оборота рубки (см. рис. 2).

Чтобы установить неистощительный ежегодный размер рубки леса, прежде всего надо найти площадь вычерченного графика, характеризующего наличие эксплуатационного леса, подлежащего вырубке в расчетный период, в данном случае равный 60 годам.

На графике изображена фигура, называемая криволинейной трапецией. Геометрическим выражением площади криволинейной трапеции является определенный интеграл следующего вида:

$$S = \int_a^b f(x) dx. \quad (4)$$

Следует отметить, что определение площади любых фигур в конечном счете всегда сводится к вычислению некоторого определенного интеграла. Если имеется кривая, уравнение которой в прямоугольных координатах есть $y=f(x)$, то площадь этой кривой, ограниченная ординатами, соответствующими абсциссам a и b , есть

$$S = \int_a^b f(x) dx = \int_a^b y dx. \quad (5)$$

Если вид функции f известен, то во многих случаях интегрирование может быть произведено с какой угодно точностью.

Если полученная площадь отграничивается не аналитической кривой, то можно прибегнуть к приближенному вычислению интеграла. В этом случае точность результата будет зависеть в прямой зависимости от числа наблюдений или измерений.

Точное интегрирование весьма часто представляет непреодолимые трудности. Поэтому даже в тех случаях, когда располагаем точными данными о виде функции, приходится прибегать к приближенному вычислению интеграла. При этом надо иметь в виду, что для большого числа элементарных функций первообразные не выражаются через элементарные функции. В результате исключается возможность вычислить определенный интеграл с помощью формулы Ньютона — Лейбница. Иногда приходится прибегать к формулам приближенного интегрирования даже для таких интегралов, которые могут быть найдены в конечном виде, но их выражение оказывается слишком сложным. Особенно важны формулы приближенного интегрирования при решении задач, содержащих функции, заданные таблично. В лесной таксации и лесоустройстве чаще всего приходится иметь дело с табличными дан-

ными и с графическим выражением функций. В этих случаях при использовании математического аппарата лучше всего опираться на теорию приближенного интегрирования. В этом отношении нельзя не учесть высказываний крупнейшего советского математика-кораблестроителя акад. А. Н. Крылова, который пишет: «В точнейшей из наблюдательных наук — астрономии — нет ни единой точной формулы: всегда пользуются приближенными формулами и получают результат с требуемой степенью точности не только быстрее, но, если можно так выразиться, «вернее», нежели по точной формуле»¹.

Теория приближенного вычисления интегралов подробно изложена в другой книге акад. А. Н. Крылова «Лекции о приближенных вычислениях» (1911 г.). В качестве одной из классических формул для приближенного вычисления определенных интегралов он рекомендует формулу Симпсона, которая и положена в основу последующих расчетов.

Формулу Симпсона часто называют формулой парабол. При одном и том же числе участков разбиения параболы формула Симпсона обычно дает лучшие результаты, чем формула трапеций. Поэтому при приближенном интегрировании пользуются предпочтительно ею,

хотя она и требует несколько большего количества вычислений. Особенно целесообразно предпочесть формулу Симпсона формуле трапеций в тех случаях, когда нет возможности получить значение функции в большом числе точек.

Формула Томаса Симпсона названа по имени английского математика Симпсона, получившего ее в 1843 г., хотя эта формула была известна ранее шотландскому математику Дж. Грегори (1668 г.).

Формула Симпсона имеет следующий вид:

$$\int_a^b y dx \approx \frac{h}{3} [y_0 + y_n + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2})], \quad (6)$$

где $h = \frac{b-a}{2n}$.

¹ А. Н. Крылов. Мои воспоминания. М., АН СССР, 1945 г., стр. 343—344.

Рис. 3 показывает, что h равняется половине длины стороны трапеции, расположенной по оси абсцисс.

Вывод формулы Симпсона основан на замене подинтегральной функции $f(x)dx$ на каждом из отрезков кривой соответствующим интерполяционным многочленом второй степени. Геометрически это означает, что кривая, описываемая уравнением $y=f(x)$, заменяется близкой к ней кривой, состоящей из отрезков парабол второго порядка.

Если подинтегральная функция $f(x)dx$ является многочленом n степени $m < 3$, то формула Симпсона оказывается не приближенной, а абсолютно точной.

Размер ежегодного пользования лесом зависит от наличия в хозяйстве спелого эксплуатационного леса в отдельные сроки расчетного периода.

На приведенных графиках наличие эксплуатационного леса фиксировалось на оси ординат. В связи с этим центральной задачей является определение с помощью формулы Симпсона средневзвешенной длины ординаты. В этом случае криволинейная трапеция как бы заменяется равновеликим прямоугольником, имеющим высоту, равную средневзвешенной ординате y (см. рис. 3). При решении такой задачи формула Симпсона примет следующее выражение:

$$y = \left[\frac{y_0 + y_n + 2(y_2 + y_{n-2}) + 4(y_1 + y_3 + y_{n-1})}{6n} \right] \dots, \quad (6a)$$

где y — средняя длина ординаты, характеризующая трапецию;

$y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ — длины ординат в разных частях трапеции;
 n — число элементарных частей, на которые делится площадь трапеции.

В этом случае ординаты y определяют площади эксплуатационного леса в разное время расчетного периода, n — число классов возраста в расчетном периоде.

Формула Симпсона решает задачу по определению квадратуры или, иными словами, площадей трапеций, одна сторона которых ограничивается кривой линией. Нас же интересует не изучение и учет динамики изменения на площади, а лишь самой кривой линии, ограничивающей площадь. Имея в виду эту особенность задачи, мы и произвели преобразование формулы Симпсона, освободившись от множителя, ведущего к квадратуре. Такое преобразование удалось сделать путем приравнивания множителя к единице.

Какие преимущества имеет расчет размера пользования лесом по преобразованной формуле Симпсона по сравнению с расчетом по формулам возрастных лесосек?

Формулы, определяющие лесосеки по возрасту, исходят из прямолинейного распределения древостоев по возрасту.

Следовательно, в основе этих формул лежит предположение,

что в пределах расчетного периода древостой имеют равномерное возрастное распределение. В действительности такого явления не наблюдается.

Древостой, образующие хозяйство, как правило, неравномерно распределены по возрасту; это распределение характеризуется той или иной кривой, относящейся к классу парабол. Параболическое

распределение наиболее полно учитывает формула Симпсона. При определении по этой формуле средневзвешенной ординаты, характеризующей в расчетном периоде наличие эксплуатационного леса, в число слагаемых входят начальные и конечные ординаты, но наибольшую роль играет длина промежуточных ординат, входящих в формулу с множителем четыре. Такая конструкция формулы позволяет учитывать особенности возрастного распределения древостоев каждого хозяйства.

Следует еще раз подчеркнуть, что методы приближенного вычисления интегралов применяются при самых тонких и ответственных расчетах, где малейшие ошибки могут приводить к далеко идущим последствиям. В связи с этим они вполне приемлемы для расчета размера пользования лесом, производимого с ограниченной точностью.

Площади криволинейных трапеций, характеризующих динамику поспевания леса, довольно точно при малом числе измерений вычисляются по формуле Симпсона. В целях большей наглядности последующих вычислений на рис. 4 криволинейная трапеция, характеризующая накопление эксплуатационного леса в течение периода, равного 60 годам, разделена на три части, соответствующие трем классам возраста. В каждой из этих частей проведена срединная линия. Полученный таким путем ряд ординат (вертикальных линий) определяет наличие эксплуатационного леса в данный момент, через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 лет. В эти сроки площадь эксплуатационных древостоев будет следующей:

$$\text{в данный момент } \Sigma F_0^{\text{перест}} = y_0 = F_{\text{перест}}, \quad (7)$$

$$\text{через 10 лет } \Sigma F_{10}^{\text{экспл}} = y_1 = \frac{2F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}}}{2}, \quad (8)$$

$$\text{через 20 лет } \Sigma F_{20}^{\text{экспл}} = y_2 = F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}}, \quad (9)$$

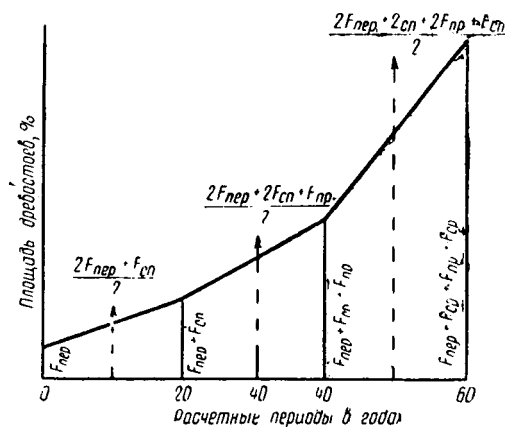


Рис. 4. График накопления эксплуатационного леса в течение 60 лет

$$\text{через 30 лет} \quad \Sigma F_{30}^{\text{экспл}} = y_3 = \frac{2F_{\text{перест}} + 2F_{\text{сп}} + F_{\text{пр}}}{2}, \quad (10)$$

$$\text{через 40 лет} \quad \Sigma F_{40}^{\text{экспл}} = y_4 = F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}} + F_{\text{пр}}, \quad (11)$$

$$\text{через 50 лет} \quad \Sigma F_{50}^{\text{экспл}} = y_5 = 2F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}} + F_{\text{сп}}, \quad (12)$$

$$\text{через 60 лет} \quad \Sigma F_{60}^{\text{экспл}} = y_6 = F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}} + F_{\text{пр}} + F_{\text{сп}}. \quad (13)$$

При решении приведенного выше интеграла надо найти среднее значение ординаты, применительно к которой можно было бы построить прямоугольник, имеющий площадь, равновеликую площади трапеции с параболической стороной (см. рис. 3). С этой целью в формулу Симпсона проставим соответствующие величины, определяющие длины ординат приведенного графика. Тогда получим следующее выражение:

$$F = \frac{F_{\text{перест}} + F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}} + F_{\text{пр}} + F_{\text{сп}} + 2F_{\text{перест}} + 2F_{\text{сп}} + 2F_{\text{перест}} + 2F_{\text{сп}} + 2F_{\text{пр}} + 4F_{\text{перест}} + F_{\text{сп}} + 4F_{\text{перест}} + 4F_{\text{сп}} + 2F_{\text{пр}} + 4F_{\text{перест}} + 4F_{\text{сп}} + 4F_{\text{пр}} + 2F_{\text{сп}}}{6 \cdot 3} = \frac{18F_{\text{перест}} + 15F_{\text{сп}} + 9F_{\text{пр}} + 3F_{\text{сп}}}{18} = \frac{6F_{\text{перест}} + 5F_{\text{сп}} + 3F_{\text{пр}} + F_{\text{сп}}}{6}. \quad (14)$$

Найденная величина F определяет площадь эксплуатационного леса, накопленную к середине расчетного периода, т. е. по истечении 30 лет с данного момента.

Для определения ежегодного пользования найденную площадь эксплуатационного леса следует разделить на 30 лет. В результате ежегодное пользование лесом будет равно

$$L = \frac{6F_{\text{перест}} + 3F_{\text{сп}} + 5F_{\text{пр}} + F_{\text{сп}}}{180}. \quad (15)$$

Чтобы формула была более удобной для практического применения, ее знаменатель приравняем к 100. Для этого необходимо числитель и знаменатель формулы 15 разделить на 1,8. На первое место в конечной формуле поставим площадь средневозрастных древостоев, на второе — площадь приспевающих, на третье — площадь спелых и на последнее место — площадь перестойных древостоев. Такое расположение показателей более удобно для практического применения формулы. Оно соответствует порядку записи возрастного распределения древостоев в лесоустроительных материалах.

После всех указанных выше преобразований формула примет следующий вид:

$$L = \frac{0,5F_{\text{сп}} + 1,7F_{\text{пр}} + 2,8F_{\text{сп}} + 3,3F_{\text{перест}}}{100}. \quad (16)$$

Исходя из тех же теоретических предпосылок и аналогичных математических расчетов выведена формула, определяющая раз-

мер пользования лесом для лиственных хозяйств при 10-летних классах возраста:

$$L = \frac{0,8F'_{\text{ср}} + 0,8F''_{\text{ср}} + 4,2F_{\text{пр}} + 4,2F_{\text{сп}} + 5,0F_{\text{перест}}}{100}, \quad (17)$$

где:

$F'_{\text{ср}}$ — означает площадь древостоев, относящихся к классу возраста, смежному с молодняками;

$F''_{\text{ср}}$ — площадь древостоев следующего класса, примыкающего к приспевающим.

Расчетную лесосеку принято определять по площади и по массе. В последнем случае лесосека по площади умножается на средний ликвидный запас (M) на 1 га древостоев, поступающих в рубку в ближайшее десятилетие.

Таким образом, формулы, определяющие размер пользования по массе, будут иметь следующий вид:

при 20-летних классах возраста

$$R = (5F''_{\text{ср}} + 17F_{\text{пр}} + 28F_{\text{сп}} + 33F_{\text{перест}}) O, M; \quad (18)$$

при 10-летних классах возраста

$$R = (8F'_{\text{ср}} + 8F''_{\text{ср}} + 42F_{\text{пр}} + 42F_{\text{сп}} + 50F_{\text{перест}}) O, M. \quad (19)$$

В обеих формулах (18, 19) R означает размер пользования по массе. Для придания формулам большей компактности их знаменатель приравнен к единице, тем самым числитель формулы увеличен в 100 раз. Чтобы эти изменения не повлияли на конечный результат расчета, ликвидный запас на 1 га (M), входящий множителем в формулы, уменьшен в 100 раз, т. е. он принят равным O, M .

Преимущество приведенных формул заключается в том, что в их основу положена интенсивность поспевания леса в ближайшее десятилетие. Размер пользования лесом, определяемый по этим формулам, все время компенсируется переходом соответствующей площади приспевающего леса в категорию спелого.

Применение новых формул иллюстрируем примером.

Допустим, имеется хозяйство на сосну, площадь которого (в %) по классам возраста распределяется следующим образом:

Классы возраста	I	II	III	IV	V
Площадь, %	28	18	32	16	6

При таком распределении древостоев по возрасту ежегодное пользование лесом, определяемое по указанной формуле (16), окажется следующим:

$$L = \frac{0,5 \cdot 32 + 1,8 \cdot 16 + 2,8 \cdot 6}{100} = \frac{16 + 27,2 + 16,8}{100} = \frac{60}{100} = 0,60\%.$$

В рассматриваемом хозяйстве первая и вторая возрастные лесосеки будут следующими:

$$L'_{\text{воз}} = \frac{6 + 16}{40} = \frac{22}{40} = 0,52\%,$$

$$L''_{\text{воз}} = \frac{6 + 16 + 32}{60} = \frac{54}{60} = 0,90\%.$$

Сопоставив три полученные лесосеки, видим, что лесосека, исчисленная по формуле (16), занимает промежуточное значение между первой и второй возрастными лесосеками. При этом она ближе к первой возрастной лесосеке. Более правильно принять в качестве расчетной лесосеки лесосеку, исчисленную по указанной формуле. В этом случае имеющийся в хозяйстве спелый лес V класса возраста будет вырублен в 10 лет. За этот период из IV класса возраста перейдет в V класс $\frac{16 \times 10}{20} = \frac{160}{20} = 8,0\%$. Таким образом, в последующие 10 лет можно вести непрерывную рубку, равную 0,8% от всей площади хозяйства.

Как уже говорилось выше, приведенные формулы дают удовлетворительный результат при расчете размера пользования лесом в истощенных хозяйствах и имеющих относительно равномерное распределение древостоев по возрасту. Такого рода хозяйства характерны для лесов второй группы. Поэтому формулы (18) и (19) рекомендуются для применения главным образом в лесах второй группы. Что касается лесов третьей группы, то чаще всего в них преобладают перестойные и спелые древостои. Молодняки, средневозрастные и приспевающие древостои в лесах третьей группы имеют незначительные площади (см. рис. 2). При таком возрастном распределении древостоев для обеспечения непрерывного пользования лесом темп вырубki перестойных и спелых древостоев должен быть несколько задержан, чтобы за счет этих двух категорий древостоев компенсировать недостаток в хозяйстве более молодого леса. Вместе с тем надо иметь в виду, что леса третьей группы, относящиеся в основной массе к III—V классам бонитета, имеют медленный рост.

Соответственно указанным особенностям в лесах третьей группы за расчетный период должен быть принят полный оборот рубки. В этом случае в результате интегрирования динамики поспевания леса для хвойных хозяйств при 20-летних классах возраста получена следующая формула, определяющая размер годового пользования лесом:

$$R = [2F_I + 3(F_{II} + F_{III}) + 14(F_{IV} + F_V + F_{VI}) + \quad (20)$$

$$+ 17(F_{VII} + \dots + F_n)] O, M.$$

Для лиственных пород при 10-летних классах возраста выведена следующая формула:

$$R = [5(F_I + F_{II}) + 14F_{III} + 24(F_{IV} + F_V + F_{VI} + F_{VII}) + 29(F_{VIII} + \dots + F_n)] O, M. \quad (21)$$

Допустим, что объектом расчета является лесное хозяйство, имеющее следующее распределение древостоев по классам возраста:

Классы возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII и выше
Распределение площади, %	5	4	3	4	8	20	26	30

Применительно к формуле 20 расчетная лесосека по площади в рассматриваемом хозяйстве должна быть следующей:

$$L = 0,2 \times 5 + 0,3(4 + 3) + 1,4(4 + 8 + 20) + 1,7(26 + 30)0,01 = 1,43\%.$$

Вторая возрастная лесосека в этом хозяйстве равняется

$$L''_{\text{воз}} = \frac{8 + 20 + 26 + 30}{60} = 1,40\%.$$

Оба расчета привели к одинаковому результату. При таком возрастном распределении древостоев размер пользования, равный 1,4% от лесопокрытой площади, следует признать наиболее рациональным.

В Западной Европе на протяжении нескольких столетий нормальная лесосека является основой определения размера пользования лесом. В нашей стране принято ее корректировать путем исчисления лесосек по возрасту.

В последнее время при установлении размера пользования лесом лесосекам по возрасту придается решающее значение. В свете этих обстоятельств возникает вопрос о том, есть ли надобность в новых исканиях и новых решениях данной проблемы? Из последующего изложения будет видно, что применяемые решения далеко не совершенны.

Помещенные выше графики свидетельствуют о том, что в лесах всех категорий распределение древостоев по возрасту носит криволинейный характер. Это многообразие кривых линий можно обобщить, опираясь на обширный класс аналитических парабол. Однако в основе определения нормальной лесосеки и лесосек по возрасту лежит уравнение прямой линии. При исчислении этих лесосек исходят из предположения, что в пределах расчетного или уравнительного периода древостои имеют по возрасту равномерное распределение. Это простейшее решение, к сожалению, оторванное от живого леса, весьма часто и ведет к ошибочному результату. Аналитическая геометрия, решающая многие проблемы естествознания, не ограничивается сведением всех задач к уравнениям прямой линии. Она нас вооружает уравнениями, отображающими сложные криволинейные зависимости. Их необходимо использовать и при решении лесохозяйственных задач.

Недостатки нормальной лесосеки и лесосек по возрасту, опира-

ющихся на прямую линию поспевания, наиболее рельефно видны на следующих трех примерах определения второй возрастной лесосеки:

Классы возраста	III	IV	V	Итого
Распределение площади, %				
первого хозяйства	45	10	5	60
второго хозяйства	25	25	10	60
третьего хозяйства	15	30	15	60

Во всех трех хозяйствах вторая возрастная лесосека получает равной 1% от площади всего хозяйства. Между тем площадь спелых древостоев во втором хозяйстве в 2 раза, а в третьем хозяйстве в 3 раза больше, чем в первом. Вторая возрастная лесосека во всех трех хозяйствах получилась одинаковой по площади потому, что формула, определяющая эту лесосеку, не учитывает особенностей распределения древостоев по возрасту в пределах расчетного или уравнительного периода. Этот недостаток возрастных лесосек, а также и нормальной лесосеки можно устранить, применяя выведенные выше формулы, что можно видеть на тех же примерах:

первое хозяйство

$$L = \frac{0,5 \times 45 + 1,7 \times 10 + 2,8 \times 5}{100} = 0,54\%;$$

второе хозяйство

$$L = \frac{0,5 \times 25 + 1,7 \times 25 + 2,8 \times 10}{100} = 0,83\%;$$

третье хозяйство

$$L = \frac{0,5 \times 1,5 + 1,7 \times 30 + 2,8 \times 15}{100} = 1,01\%.$$

Лучший результат определения расчетной лесосеки по приведенным формулам получается потому, что расчеты поспевания леса, характеризующиеся прямой линией, были заменены расчетами, опирающимися на параболические кривые, наиболее точно отображающие саму природу леса.

На результат, определяемый по формулам, большое влияние оказывают ближайшие резервы годного для эксплуатации леса. Например, в третьем хозяйстве площадь спелого и приспевающего леса по сравнению с первым хозяйством возросла в 3 раза. Соответственно такому росту размер пользования лесом по нашей формуле в третьем хозяйстве оказался почти в 2 раза больше, чем в первом хозяйстве. В связи с этим возникает новый вопрос: почему размер пользования, определяемый по формуле, не увеличился в 3 раза, т. е. в той же пропорции, что выросли ближайшие резервы эксплуатационного леса? Такого увеличения пользования в третьем хозяйстве формула не дает, потому что это хозяйство не будет иметь значительных резервов эксплуатационного леса в бо-

лее отдаленной перспективе. Первое хозяйство имеет древостоев третьего класса возраста 45%, а в третьем хозяйстве всего лишь 15%. В связи с этим для обеспечения непрерывного и относительно равномерного пользования лесом часть приспевающего леса должна восполнить недостаток средневозрастных древостоев.

Исходным моментом всей теории непрерывного пользования лесом является нормальная лесосека, несмотря на отмеченные выше ее недостатки. В последнее время этот вид лесосеки не совсем удачно называют лесосекой равномерного пользования лесом. Первая и вторая возрастные лесосеки в конечном итоге являются модификацией нормальной лесосеки, обусловленной стремлением учесть влияние на размер пользования лесом неравномерного возрастного распределения древостоев в хозяйстве.

Выведенные новые формулы также исходят из идеи непрерывного и относительно равномерного пользования лесом. Основное их преимущество заключается в более точном учете особенностей возрастного распределения древостоев в каждом отдельном хозяйстве. При общности идей, берущих свое начало в теории нормальной леса, проверку рассмотренных формул и сопоставление их с другими формулами целесообразно осуществить на примерах равномерного распределения древостоев по классам возраста:

классы возраста	I	II	III	IV	V
распределение площади,					
%	20	20	20	20	20

Для этого хозяйства лесосеки, исчисляемые по разным формулам, будут следующими:

$$L_{\text{норм}} = \frac{100}{100} = 1\%;$$

$$L'_{\text{возр}} = \frac{20 + 20}{40} = 1\%;$$

$$L''_{\text{возр}} = \frac{20 + 20 + 20}{60} = 1\%.$$

Лесосека, определяемая по нашей формуле,

$$L = \frac{0,5 F_{\text{св}} + 1,7 F_{\text{пр}} + 2,8 F_{\text{сп}}}{100} = \frac{0,5 \times 20 + 1,7 \times 20 + 2,8 \times 20}{100} = 1\%.$$

При обороте рубки в 120 лет те же формулы дают следующий результат:

$$L_{\text{норм}} = \frac{100}{120} = 0,83\%;$$

$$L'_{\text{норм}} = \frac{17 + 16}{40} = 0,83\%;$$

$$L''_{\text{норм}} = \frac{17 + 17 + 16}{60} = 0,83\%.$$

По нашей формуле

$$L = \frac{[0,2 F_I + 0,3(F_{II} + F_{III}) + 1,4(F_{IV} + F_V + F_{VI}) + 1,7(F_{VII} + \dots + F_n)]}{100} = \\ = \frac{0,2 \times 16 + 0,3 \times 34 + 1,4 \times 50}{100} = 0,83\% .$$

Приведенные примеры показывают, что при равномерном возрастном распределении все методы расчета дают одинаковый результат. Эти примеры служат дополнительным доказательством правильности математического основания, заложенного в новый метод определения расчетной лесосеки.

В основе наших формул лежат параболические кривые распределения, а нормальная лесосека и лесосеки по возрасту исходят из прямолинейного графика поспевания. В связи с этим возникает вопрос, почему же в рассматриваемых примерах совпали результаты? Из аналитической геометрии известно, что прямая является крайним выражением параболы. Следовательно, она входит в класс парабол.

Формула Симпсона, выдержавшая испытания времени и послужившая основанием для вывода формул, определяющих размер пользования лесом, обладает тем ценным свойством, что для всего класса парабол, включая и прямую линию, дает точный результат. Этим и объясняется совпадение итогов расчета по всем формулам при равномерном возрастном распределении древостоев.

По предлагаемым формулам вполне приемлемый результат определения размера пользования лесом может быть получен при условии правильного установления оборота или возраста рубки леса.

В южных и западных лесах, относящихся к высшим классам бонитета и не имеющих больших запасов высоковозрастного леса, возрасты или обороты рубки должны быть ниже, чем в других районах страны. В северных районах, где преобладают хвойные древостои III—V классов бонитета и вместе с этим имеются значительные запасы перестойного леса, должны устанавливаться более высокие обороты рубки, равные 120—140 годам.

Соответственно дифференцированным оборотам рубки за спелые должны приниматься древостои разных классов возраста. В южных районах спелыми могут быть хвойные древостои 71—80 лет, а на севере — 121—140 лет. Эти примеры свидетельствуют о том, что при определении размера пользования лесом, кроме выбора расчетных формул, надо правильно устанавливать возраст или оборот рубки. При соблюдении этих условий новый метод обеспечивает надлежащее решение поставленной задачи.

Обобщая все изложенное, в конечном итоге для определения расчетной лесосеки предлагаются следующие четыре формулы: для истощенных хозяйств при 20-летних классах возраста

$$R = (5F''_{cp} + 17F_{np} + 28F_{cp} + 33F_{перест}) O, M ; \quad (22)$$

для истощенных хозяйств при 10-летних классах возраста

$$R = (8F'_{cp} + 8F''_{cp} + 42F_{пр} + 42F_{сн} + 50F_{перест}) O, M; \quad (23)$$

для хозяйств с накопленными запасами при 20-летних классах возраста

$$R = [2F_I + 3(F_{II} + F_{III}) + 14(F_{IV} + F_V + F_{VI}) + 17(F_{VII} + \dots + F_n)] O, M; \quad (24)$$

для хозяйств с накопленными запасами при 10-летних классах возраста

$$R = [5(F_I + F_{II}) + 14F_{III} + 24(F_{IV} + F_V + F_{VI} + F_{VII}) + 29(F_{VIII} + \dots + F_n)] O, M. \quad (25)$$

При разделении хозяйств на истощенные и с накопленными запасами находится площадь древостоев первого и второго периодов лесопользования. Ко второму периоду относятся древостои, возраст которых не превышает числа лет в половине оборота рубки. Все более старые древостои зачисляются в первый период. Если площадь первого периода окажется меньше, чем второго, то это означает, что хозяйство в той или иной мере истощено и расчет пользования в этом хозяйстве надо вести по формуле 18 или 19. При обратном соотношении площадей первого и второго периодов расчетная лесосека находится по формулам 20 и 21.

При решении многообразных лесохозяйственных задач основой расчета пользования лесом обычно является лесосека, определяемая по площади. В этом случае надлежит расчет вести по нашим формулам, имеющим следующий конечный вид:

для истощенных хозяйств при 20-летних классах возраста

$$L = (5F''_{cp} + 17F_{пр} + 28F_{сн} + 33F_{перест}) 0,001; \quad (18a)$$

для истощенных хозяйств при 10-летних классах возраста

$$L = (8F' + 8F''_{cp} + 42F_{пр} + 42F_{сн} + 50F_{перест}) 0,001; \quad (19a)$$

для хозяйств с накопленными запасами древесины при 20-летних классах возраста

$$L = [2F_I + 3(F_{II} + F_{III}) + 14(F_{IV} + F_V + F_{VI}) + 17(F_{VII} + \dots + F_n)] 0,001; \quad (20a)$$

для хозяйств с накопленными запасами древесины при 10-летних классах возраста

$$L = [5(F_I + F_{II}) + 14F_{III} + 24(F_{IV} + F_V + F_{VI} + F_{VII}) + 29(F_{VIII} + \dots + F_n)] 0,001. \quad (21a)$$

В принципиальном отношении эти конечные формулы остаются теми, что были рассмотрены выше. Разница заключается лишь в том, что коэффициенты величин, заключенных в скобках, увеличе-

ны в 10 раз с той целью, чтобы упростить применение формул, исключая умножение на дробные числа. В компенсацию 10-кратного увеличения величин, заключенных в скобки, множитель 0,01 уменьшен в 10 раз, т. е. он принят равным 0,001.

Процесс вычислений заканчивается умножением на множитель 0,001. Это арифметическое действие сводится лишь к отделению запятой трех знаков справа у полученной суммы чисел, определяющих размер пользования лесом.

Положив в основу метода определения размера пользования лесом интегрирование динамики поспевания леса, в заключение все же следует отметить, что в качестве пределов интегрирования (в и а) на кривой поспевания могут быть взяты разные точки. Иными словами, интегрирование поспевания леса может охватывать разную часть оборота рубки, а в конечном итоге — длительность всего оборота рубки. Соответственно этому, опираясь на одну и ту же идею, могут быть выведены формулы, дающие разные результаты расчета.

После длительных экспериментальных проверок автор пришел к выводу, что для хвойных и твердолиственных пород семенного происхождения хороший результат получается путем интегрирования кривой поспевания леса за 100-летний период, соответствующий наиболее распространенным оборотам рубки для хвойного леса в средней полосе Советского Союза.

Что касается мягколиственных пород, таксиремых по 10-летним классам возраста, то для них достаточно интегрирование участка кривой, характеризующего поспевание леса за 50-летний период.

В обоих этих случаях получены следующие формулы, определяющие размер пользования лесом по площади:

при 20-летних классах возраста

$$L = (0,2F_{\text{мол}} + 0,6F''_{\text{ср}} + F'_{\text{ср}} + 1,4F_{\text{пр}} + 1,8F_{\text{сп}})0,01, \quad (26)$$

при 10-летних классах возраста

$$L = (0,4F'''_{\text{ср}} + 1,2F''_{\text{ср}} + 2,0F'_{\text{ср}} + 2,8F_{\text{пр}} + 3,6F_{\text{сп}})0,01. \quad (26a)$$

Приведенные формулы являются универсальными. Они пригодны для определения размера пользования лесом при разном возрастном распределении древостоев, образующих хозяйство.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ
ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОМ СПОСОБЕ УЧЕТА
ЛЕСНОГО ФОНДА**

А. Н. Федосимов, В. С. Чуенков

Статистический способ учета лесного фонда в настоящее время стал основным способом учета государственных лесных ресурсов, научно обоснованным способом планирования, регулирования пользования и других аспектов государственной лесной политики ряда зарубежных стран.

После длительного перерыва интерес к статистическому способу учета лесных ресурсов стал возрождаться и у нас в стране, что нашло свое отражение в различных публикациях и в постановке ряда опытных работ. Учитывая важное государственное значение статистического способа, лабораторией лесной таксации и лесоустройства ВНИИЛМ в содружестве с опытно-производственной экспедицией Всесоюзного объединения «Леспроект» по договору с Ивановским областным управлением лесного хозяйства разрабатывались различные теоретические и методические аспекты применения статистического способа в современных условиях ведения лесного хозяйства центральных областей европейской части СССР.

Классический метод проведения статистического способа учета лесного фонда, разработанный в Финляндии и Швеции, неприемлем для нашей страны из-за трудоемкости и больших денежных затрат. В нашей стране, где лесопокрытая площадь составляет около 800 млн. га, совершенно немыслима прорубка визиров через всю страну в направлении с северо-запада на юго-восток и равномерное размещение на этих визирах круговых пробных площадок или ленточных перечетов. По количеству проезжих дорог в лесу условия в нашей стране по сравнению с Финляндией и Швецией также резко различаются. Все это заставляет искать иные пути для применения статистического способа учета лесного фонда.

Требования, которые предъявляются к современному статистическому способу, можно сформулировать следующим образом:

1. Максимально полная и достоверная информация не только об объекте в целом, но и об отдельных его слагающих (распределение площадей и запасов по породам, классам возраста и бонитета, текущий прирост по возрастным категориям и т. д.).

2. Максимальная экономичность при проведении полевых работ. Полное исключение какой-либо прорубки ходовых линий, минимальное число измерений.

3. Максимальная простота обработки собранных данных в камеральный период с применением современных вычислительных средств.

Для того чтобы выполнить поставленные требования, необходимо разработать ряд технических приемов и научно обосновать их. Выполнение первого требования значительно облегчается применением материалов аэрофотосъемки. С помощью аэрофотоснимков легко разделить объект на однородные совокупности, например хвойные или лиственные, и провести размещение пробных площадей по этим совокупностям. Необходимая точность и достоверность обеспечивается соответствующим числом наблюдений (пробных площадок), которые рассчитываются исходя из коэффициента вариации.

Значительно сложнее выполнить второе требование, так как любое сокращение количества пробных площадок ведет к снижению точности. Отказ от равномерного распределения площадок ведет к увеличению ошибки репрезентивности, которая становится тем больше, чем больше пробных площадок сосредоточено в одном месте. Настоящее исследование ставит своей целью дать теоретические и экспериментальные обоснования такого метода, который удовлетворял бы всем поставленным требованиям.

Стремление снизить затраты труда и средств путем рационального размещения первичных учетных площадок характерно для всех стран, применяющих статистический способ учета лесного фонда. Даже в Швеции и Норвегии, где сеть визиров давно проложена при проведении последних государственных инвентаризаций лесных ресурсов, отказались от равномерного размещения пробных площадок по визирам и заменили их «трактами», т. е. квадратами со стороной $1,6 \times 1,6$ км (Швеция) и 1×1 км (Норвегия). Эта величина тракта обосновывается тем, что она равна расстоянию между соседними площадками при равномерном размещении, уменьшенному в 4 раза. Такое квадратное расположение ходовых линий позволяет шведским специалистам каждый год проходить статистическим методом всю территорию страны, выполняя каждый год $\frac{1}{10}$ часть всех работ, запланированных по системе равномерного распределения площадок. Такая организация работ дает возможность использовать автотранспорт, а число исполнителей, ежегодно инвентаризирующих около 2 млн. га, составляет всего лишь около 40, включая и камеральную группу (Хагберг, 1957).

В 1957 г. проф. Ф. Лётч предложил для инвентаризации тропических лесов Таиланда оригинальный метод концентрации первичных площадок с помощью системы квадратов, располагающихся один в центре, а 6 — через 30° относительно центральной точки. По сторонам квадрата (500×500 м) располагаются 48 пробных пло-

щадок величиной 500 м² каждая. Такая система названа Лётчем «Camp unit sistem».

При инвентаризации обширного лесного района Скалистых гор (США) группировка первичных площадок осуществлялась следующим образом: от узловой точки на расстоянии 101 м с севера на юг располагались два центра четырех концентрических кругов площадью $\frac{1}{500}$ акра, $\frac{1}{50}$ акра, $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{3}$ акра (Гильдебрант, 1961).

В Британской Колумбии, Канаде (1958) при государственной инвентаризации площадки величиной 2000 м² каждая располагались по взаимно перпендикулярным направлениям с расстояниями до центров 80 м.

Во Франции национальное обследование лесов осуществлялось при помощи системы равномерно расположенных равносторонних треугольников со стороной 40 м, по углам которых располагались по две концентрические круговые площадки с радиусом от 3 до 12 м, в зависимости от характера насаждений (редкостойные спелые, густые молодняки и т. д.).

Этот краткий обзор зарубежных способов размещения первичных учетных единиц при проведении учета лесного фонда статистическим способом показывает, что в мировой практике не выработалось еще строгого научного обоснования методов концентрации первичных единиц выборки.

В последнее время появились работы, пытающиеся увязать величину пробных площадок и их размещение с затратами на проведение инвентаризационных работ. В 1965 г. в журнале «Forestry chronicle» появилась статья Г. Тардиффа, который попытался связать затраты с точностью и размерами площадок. Однако принцип нахождения оптимального варианта остался неясным.

Размеры площадок, групп и их размещение на площади объекта. С увеличением возраста насаждений процесс самоизреживания ведет к снижению числа стволов на единице площади. Поэтому в разных возрастных группах насаждений (стратах) число стволов на единице площади неодинаково. Точность таксации статистическим способом в конечном счете обуславливается числом учитываемых на площадках стволов. Отсюда ясно, что площадки одного размера (с одним радиусом) во всех стратах применять нельзя. Такой шаблонный подход привел бы к неоправданному повышению трудовых затрат (особенно в молодняках и средневозрастных насаждениях) и к отклонениям от планируемой точности работ. Оптимальным размером первичной выборочной единицы многими исследователями признается такой, который обеспечивает наличие 25—30 стволов.

При учете лесного фонда по крупным территориям равномерное размещение учетных площадок по площади таксируемого объекта трудно осуществить из-за большого процента непроизводительных затрат времени на передвижение между площадками, хотя теоретически оно наиболее правомерно. В целях сокращения затрат труда и средств в Скандинавских странах и Таиланде пош-

ли по пути создания групп по площади объектов. Однако не выяснено влияние группировки на точность результатов, не обоснована теоретически и экономически численность групп.

Все вопросы, связанные с размером площадок и численностью площадок в группах, потребовали своего обоснования при выполнении работ по учету лесного фонда статистическим способом в таком крупном объекте, как Ивановская область. Известно, что точность учета того или иного признака в статистике определяется формулой

$$P = V / \sqrt{N}, \quad (1)$$

где:

V — коэффициент изменчивости признака;

N — число учетных площадок исходного размера при условии их равномерного размещения по площади объекта.

С укрупнением площади учетных площадок в q_i раз величина коэффициента вариации изменится, и эта же точность работ будет достигнута при условии

$$P = V_i / \sqrt{n_i}, \quad (2)$$

где n_i — число укрупненных площадок, необходимых для достижения точности P при изменчивости V_i и условии равномерного размещения укрупненных площадок.

В лесной таксации известна математическая связь между числовыми показателями связанного варьирования признака простых и сложных вариант [1]:

$$V = V_i \sqrt[a]{q_i}, \quad (3)$$

где a — порядок выравнивания варьирования при укрупнении площадок.

С учетом формулы (3) из равенств 1 и 2 вытекает

$$\sqrt{N} = \sqrt[a]{q_i} \cdot \sqrt{n_i} \quad (4)$$

и

$$n_i = N \cdot q_i^{-\frac{2}{a}}. \quad (4a)$$

Так как укрупненные площадки располагаются группами, то рассуждая подобным же образом, получим расчетную формулу для числа групп в объекте. При k_i площадок в группе число групп в объекте будет равно

$$b = n_i \cdot k_i^{-\frac{2}{a_1}}, \quad (5)$$

где a_1 — порядок выравнивания варьирования при группировке площадок в группы по k площадок в каждой.

Заменяя в формуле (5) n_i его значением, имеем

$$b = N \cdot q_i^{-\frac{2}{a}} \cdot k_i^{-\frac{2}{a_1}} \quad (5a)$$

Число укрупненных площадок (N_i) во всех группах, очевидно, будет равно

$$N_i = b \cdot k_i = N q_i^{-\frac{2}{a}} \cdot k_i^{1-\frac{2}{a_1}} \quad (6)$$

Очевидно, что значения q_i и k_i должны быть выбраны такими, чтобы с соблюдением планируемой точности работ P затраты времени и труда в целом по объекту были минимальными.

Общие затраты времени складываются из затрат времени на работу в площадках, из затрат времени на переходы между площадками внутри групп и из затрат времени на переезды между группами площадок. Если обозначим затраты времени на работу в площадке через t_1 и на подходы к ней через t_2 , то общие затраты времени на объект выразятся уравнением

$$T = N \cdot q_i^{-\frac{2}{a}} \cdot k_i^{1-\frac{2}{a_1}} (t_1 + t_2) + t_3, \quad (7)$$

где t_3 — затраты времени на переезды между группами площадок.

Прежде чем анализировать всю функцию затрат времени в целом, необходимо привести в известность показатели a и a_1 , а также выявить зависимости t_1 , t_2 и t_3 от ряда имеющихся известных показателей.

При обработке данных перечета деревьев на площадках была выявлена изменчивость суммы площадей сечений и запасов по стратам в зависимости от численности площадок в группе.

При анализе коэффициентов вариации по материалам 2000 круговых площадок определен общий для Σ_g и запасов порядок выравнивания варьирования (a_1) при группировке площадок в группы по k_i площадки в каждой. Оказалось, что a_1 зависит от $\lg k$ и определяется следующим уравнением связи:

$$a_1 = 1,396 \lg k + 1,624. \quad (8)$$

При единичном определении по уравнению 8 значения a_1 характеризуются квадратической ошибкой $\pm 0,308$.

Тесноту связи между a_1 и $\lg k$ можно проследить на рис. 1. Она характеризуется коэффициентом корреляции, равным $r = +0,8075 \pm \pm 0,0747$. Коэффициент корреляции больше своей ошибки в 10,8 раза, что указывает на его достоверность.

Уравнение 8 может служить также и для определения порядка выравнивания варьирования a при укрупнении площадок. При этом в уравнении вместо $\lg k$ должен быть подставлен $\lg q$, т. е. \lg коэффициента увеличения площади площадок. Из этого следует, что при $q = k$ $a = a_1$.

В результате хронометрирования на 2000 площадках оказалось, что средние затраты времени на работы в одной площадке характеризуются следующими данными:

площадки радиусом	2 м	$t_1 = 7,6$ мин
»	»	5 м $t_1 = 23,7$ мин
»	»	7 м $t_1 = 33,7$ мин
»	»	10 м $t_1 = 37,7$ мин

Так как на площадках с 2-метровым радиусом, заложенных на вырубках и в молодняках I класса возраста, работы заключались только в отграничении площадок, подсчете числа стволов по породам, определении возраста и высоты и сильно отличались от

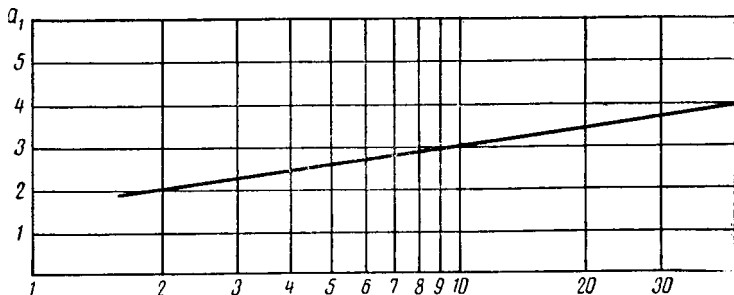


Рис. 1. Зависимость показателя выравнивания варьирования (a_1) от числа площади в группе

состава работы на площадках в других стратах, то при дальнейшем анализе затрат времени (t_1) площадки радиусом 2 м не использовались. В молодняках II класса средневозрастных, припевающих и спелых насаждениях с радиусом площадок соответственно 5, 7, 10 и 10 м порядок работы был одинаковым.

Помимо ясно видимой тенденции к повышению затрат времени с увеличением размеров площадки, установлено, что наибольшее влияние на затраты времени оказывает число пород m в составе насаждения. Таким образом, необходимо выявить зависимость затрат времени от двух факторов и выразить ее математически.

Вывод общего уравнения связи основан на следующих первичных данных:

$$\begin{array}{lll}
 t_1 & M_1 = 33,91 & \sigma_1 = 13,27 & r_{12} = +0,7062 \\
 m & M_2 = 2,18 & \sigma_2 = 0,94 & r_{13} = +0,3803 \\
 R & M_3 = 8,24 & \sigma_3 = 2,04 & r_{23} = +0,1787
 \end{array}$$

где:

M — значение средней;
 R — радиус площади.

После нахождения частных корреляций, квадратических отклонений второго порядка и регрессий получено общее уравнение связи

$$t_1 = 9,31m + 1,71R - 0,45. \quad (9)$$

При единичном определении по этому уравнению значения устанавливаются с квадратической ошибкой $\pm 8,75$ мин. Коэффициент множественной корреляции оказался равным

$$r_{1,23} = 0,752 \pm 0,029 .$$

Он превосходит свою ошибку в 26 раз, что указывает на его высокую достоверность.

С укрупнением площади учетной площадки в q раз радиус площадки увеличивается в q раз. Тогда уравнение связи t_1 будет иметь следующий вид:

$$t_1 = 9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45 . \quad (9a)$$

Затраты времени на переходы между соседними площадками при среднем расстоянии между ними в 250 м составили в среднем $14,43 \pm 0,61$ мин. Изменчивость этого времени характеризуется коэффициентом вариации, равным $\pm 59,0\%$. Средняя скорость движения между точками равна 1,04 км/ч. Чем же обусловлены такая незначительная скорость и большие затраты времени на переходы между площадками?

Учетные площадки размещались на аэрофотоснимках в местах пересечения системы концентрических окружностей с радиальными направлениями, проведенными через $11^{\circ}15'$. При такой системе размещения перенесение их в натуру оказалось трудно реализуемым, особенно в местах, где нет хорошо заметных ориентиров. В таких случаях ориентирование производится только по компасу, причем азимут движения от площадки к площадке меняется. Помимо затрат времени на планирование хода и определение азимутальных направлений до выхода в лес, требуется еще время на уточнение азимутов в лесу. Для правильного размещения площадки в лесу иногда приходится засекаать местонахождение площадки с двух пунктов. Все это привело к увеличению непроизводительных затрат времени на переходы между площадками и отрицательно повлияло на точность их размещения.

Повысить точность размещения учетных площадок в натуре и снизить затраты времени на эту операцию можно лишь, уменьшив число азимутальных направлений при переходах между площадками до четырех основных: $0^{\circ} \rightleftharpoons 180^{\circ}$ и $90^{\circ} \rightleftharpoons 270^{\circ}$. Этому требованию отвечает четырехугольник с наименьшим периметром при одной и той же площади, т. е. квадрат, ориентированный на местности по магнитному меридиану. В центре квадрата, на сторонах и в углах размещаются учетные площадки. При стороне квадрата в l км необходимо пройти по периметру с заходом в центр квадрата всего $5l$ км. Принимая среднюю скорость движения перехода в лесу с ориентированием на местности по компасу в 2 км/ч, находим затраты времени на переходы между площадками в одном квадрате

$$\frac{5l \cdot 60}{2} 150 l \text{ мин.}$$

На подход к одной площадке требуется

$$t_2 = \frac{150l}{k} . \quad (10)$$

Каковы затраты времени t_3 на передвижение между группами площадок в целом по объекту? По формуле 5а число групп учетных площадок или квадратов в объекте $b = Nq^{-\frac{2}{a}} \cdot k^{-\frac{2}{a_1}}$. На каждый квадрат приходится площадь, равная

$$FN^{-1} q^{\frac{2}{a}} \cdot k^{-\frac{2}{a_1}},$$

где F — площадь объекта в га.

Расстояние S' между соседними квадратами в l км равно

$$S' = 0,1F^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}} \cdot q^{\frac{1}{a}} \cdot k^{\frac{1}{a_1}} .$$

Умножив это расстояние на число квадратов в объекте, будем иметь длину проезда между квадратами в объекте по прямой и однократным посещением каждого квадрата:

$$S = S' \cdot b = 0,1F^{\frac{1}{2}} N^{\frac{1}{2}} q^{-\frac{1}{a}} \cdot k^{-\frac{1}{a_1}} .$$

Практически необходимость объездов труднопроходимых мест, необходимость возврата к местам стоянок табора и кривизна дорог увеличивают общую длину проезда в 3 раза. С учетом сказанного общие затраты времени в объекте на передвижение между группами учетных площадок в *мин* будут равны

$$t_3 = \frac{3S \cdot 60}{V} = 18F^{\frac{1}{2}} N^{\frac{1}{2}} \cdot V^{-1} \cdot q^{-\frac{1}{a}} \cdot k^{-\frac{1}{a_1}} , \quad (11)$$

где V — средняя скорость движения автомашины, зависящая от состояния лесных и проселочных дорог.

Подставив в уравнение 7 найденные значения a , a_1 , t_1 , t_2 и t_3 соответственно из уравнений 8, 9а, 10 и 11, получим уравнение общих затрат времени на объект в *мин* с приведенными в известность всеми членами уравнения:

$$t = Nq^{-\frac{2}{a}} \cdot k_i^{1-\frac{2}{a_1}} \left(9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45 + \frac{150l}{k_i} \right) + 18F^{\frac{1}{2}} \cdot N^{\frac{1}{2}} \cdot V^{-1} \cdot q^{-\frac{1}{a}} \cdot k_i^{-\frac{1}{a_1}} . \quad (7a)$$

Из уравнения 7а видно, что общие затраты времени на объект зависят от числа учетных площадок в объекте и их размера, числа площадок в группе и плотности их размещения и, наконец, от площади объекта и его проходимости, т. е. средней скорости движения, с которой возможны переезды в объекте.

Из математики известно, что для нахождения аргумента k , при котором функция T минимальна, необходимо взять первую производную этой функции, приравнять ее к нулю, решить относительно аргумента и исследовать знаки производной. При переходе через минимум функции знак производной меняется с минуса на плюс:

$$\frac{dT}{dk} = T' = Nq^{-\frac{2}{a}} \cdot k^{-\frac{2}{a_1}} \left[(9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45 + \frac{150l}{k}) \left(1 - \frac{3,248}{a^2_1} - \frac{150l}{k(9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45) + 150l} \right) - \frac{29,23N^{-\frac{1}{2}} \cdot F^{\frac{1}{2}} V^{-1} \cdot q^{\frac{1}{a}} \cdot k^{\frac{1}{a_1} - 1}}{a^2_1} \right] = 0.$$

Отсюда

$$a^2_1 \cdot k^{1 - \frac{1}{a_1}} \left(9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45 + \frac{150l}{k} \right) \left(1 - \frac{3,248}{a^2_1} - \frac{150l}{k(9,31m + 1,71R\sqrt{q} - 0,45) + 150l} \right) = \frac{29,23F^{\frac{1}{2}} \cdot q^{\frac{1}{2}}}{V \cdot N^{\frac{1}{2}}},$$

где:

$$a_1 = 1,396 \lg k + 1,624;$$

$$a = 1,396 \lg q + 1,624.$$

Применительно к Ивановской области для различных значений q и l рассчитаны значения k , при которых функция T минимальна. Исходные данные для расчета приводятся в табл. 1. Средний радиус площадки найден через средневзвешенную площадь учетной площадки. Минимальные затраты времени обеспечиваются при значениях k , приводимых в табл. 2.

Подставляя найденные k и соответствующие им значения q в первообразную функцию $7a$, находим совокупные минимальные

Таблица 1

Страты	R (м)	т. число пород	Изменчивость запасов. %	Точность работ P , %	N	F , тыс. га	V , км/ч
Вырубки	2		—	—	400		
Молодняки I	2		100	5	400		
Молодняки II	5		80	4	400		
Средневозрастные	7		65	2	1060		
Приспевающие	10		50	1,5	1110		
Спелые	10		50	1,5	1110		
Итого	8,1	2,2			4480	2460	20

Таблица 2

Сторона квадрата, м	Коэффициент увеличения площади учетных площадок					
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	число площадок k в группе k					
0,5	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3
1,0	4,8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2
1,5	5,8	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1
2,0	6,8	6,5	6,2	6,1	6,0	5,8

затраты на весь объект в зависимости от размера площадок и их размещения. Эти затраты в технико-днях графически показаны на рис. 2. С увеличением q и уменьшением стороны квадрата, на котором размещаются площадки, минимальные затраты времени на объект сокращаются. Однако резкое увеличение размера круговых площадок усложняет процесс отграничения их в натуре. Поэтому максимальную площадь круговой площадки можно допустить не более 800 м^2 в спелых и приспевающих насаждениях, что определяет значение q , равное 2,56. Радиусы отграничиваемых площадок увеличиваются при этом в 1,6 раза по сравнению с исходными.

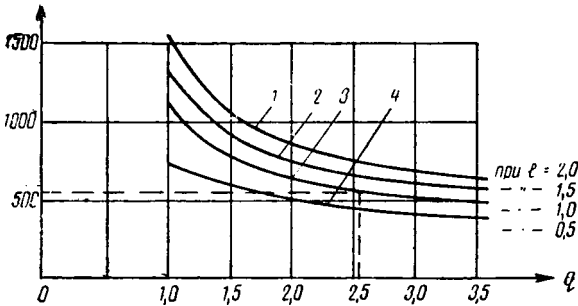


Рис. 2. Затраты времени (T) в зависимости от коэффициента укрупнения площадок (q) и длины сторон квадрата

Первичное число площадок исходного радиуса, указанное в табл. 1, начиная с вырубок и кончая спелыми насаждениями, имеет приблизительно соотношение 1 : 1 : 1 : 3 : 3 : 3. В целом по объекту это соотношение, очевидно, должно быть сохранено и при размещении укрупненных площадок. Отсюда вытекает, что в каждой группе должно быть по четыре площадки, из них по одной площадке в средневозрастных, приспевающих и спелых насаждениях. Площадки же на вырубках, в молодняках I и II классов возраста должны в квадратах чередоваться. Отступление от такой системы

размещения площадок и их количественной группировки неизбежно повлечет повышенные затраты времени.

Для обеспечения надлежащей представительности выборки размер квадрата выбирается таким, чтобы каждая площадка падала в отдельный таксационный участок и в требуемом соотношении по стратам. Поэтому размеры квадрата не должны быть менее 1×1 км. При средней площади таксационного участка в 10 га такой квадрат содержит десять участков и, следовательно, позволит заложить площадки в нужном соотношении по стратам.

С учетом перечисленных ограничений по рис. 2 можно установить, что при запланированной точности работ по стратам (табл. 1) $k=4$, $q=2,56$ и $l=1$ км минимальные затраты времени на учет лесного фонда статистическим способом в Ивановской области составят около 570 технико-дней. Это значит, что потребуются партия инженеров из 5—6 человек сроком на 4 месяца, т. е. на целый полевой сезон. При одновременном учете лесного фонда во всех областях страны выполнение такой точности по стратам в пределах каждой области связано с большими материальными затратами и вряд ли целесообразно. Приведенные расчеты наглядно показывают, как важно приводить в соответствие имеющиеся материальные и денежные ресурсы, а также наличие кадров с планируемыми значениями точности таксационных работ.

Реально выполнимой в области является следующая точность работ по стратам: в молодняках I класса возраста $\pm 10\%$, в молодняках II класса $\pm 8\%$, в средневозрастных $\pm 4,5\%$ и в приспевающих и спелых насаждениях — по $\pm 3,5\%$. В этом случае при данной в табл. 1 изменчивости запасов потребуются площадки исходного радиуса на вырубках, в молодняках I класса и в молодняках II класса по 100 шт., в средневозрастных — 209 шт., в приспевающих и спелых — по 204 шт. Числа площадок по стратам соответственно относятся как $1:1:1:2:2:2$. Всего площадок исходного радиуса потребуются в области 917 шт.

Если площадь учетной площадки в молодняках II класса возраста принять за единицу, то площади учетной площадки соответственно по стратам будут иметь отношение $0,2:0,2:1,0:2,0:4,0:4,0$. Средняя площадь учетной площадки в условных единицах будет равна 2,39, или $2,39 \times 78,6 = 188$ м². Этой площади учетной площадки соответствует радиус, равный 7,75 м.

Принимая обоснованные значения входящих в формулу 7 различных показателей $q=2,56$, $m=2,2$, $l=1,0$ км, $V=20$ км/ч и решая первую производную относительно k , находим, что минимум затрат времени на объект обеспечивается при $k=4,9$. Напомним, что k — число укрупненных площадок в группе, размещаемых по периметру и в центре квадрата с данной стороны в 1 км.

Сопоставляя значение k с соотношением числа учетных площадок по стратам, находим, исходя из соотношения, что практически значение k может быть принято только равным 9. В этом случае неизбежно отступление от минимума затрат времени во имя сохра-

нения запланированной точности работ во всех стратах. Насколько велико это отступление в технико-днях, можно установить путем расчетов по формуле 7

$$T = 0,9254k^{1 - \frac{2}{a_1}} \left(41,24 + \frac{150}{k} \right) + 66,267k^{-\frac{1}{a_1}}$$

или по графику, приводимому на рис. 3.

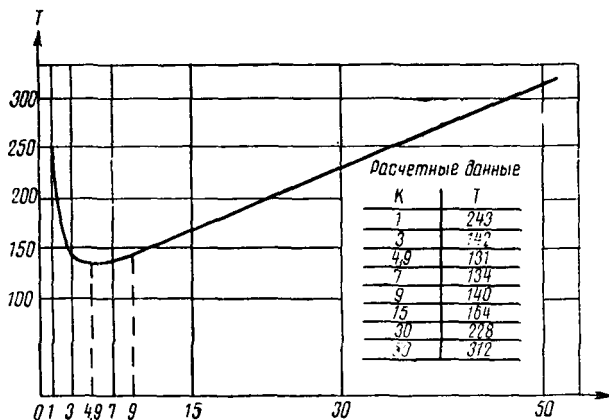


Рис. 3. Затраты времени (T) в зависимости от числа укрупненных площадок (k) в группе

Минимум этой функции при $k = 4,9$ составляет 131 технико-день. При $k=9$ общие затраты времени на объект повышаются до 140 технико-дней и дальше с увеличением k они неуклонно растут. Разница составляет всего 9 технико-дней, поэтому нужно согласиться с размещением укрупненных площадок по 9 шт. в каждом квадрате, чтобы выдержать запланированную точность таксационных работ по всем стратам. Сопоставляя эти результаты с ранее сделанными расчетами, можно убедиться, что снижение точности учетных данных в 2 раза приводит к сокращению затрат времени в 4 раза, поэтому планируемая точность работ должна быть надлежащим образом обоснованной, как и любой экономический показатель.

Применяя формулу 5, находим число групп учетных площадок (квадратов), которое нужно равномерно разместить в лесах Ивановской области. Оно равно 88. В этих квадратах потребуется разместить 792 площадки, в том числе:

на вырубках	— 88 шт.	площадью	40 м ² , R=3,6 м каждая
в молодняках I класса	— 88 шт.	»	40 м ² , R=3,6 м »
в молодняках II класса	— 88 шт.	»	200 м ² , R=8,0 м »
в средневозрастных	—176 шт.	»	400 м ² , R=11,2 м »
в приспевающих	—176 шт.	»	800 м ² , R=16,0 м »
в спелых насаждениях	—176 шт.	»	800 м ² , R=16,0 м »

Таким образом, с укрупнением учетных площадок и группировкой их по квадратам достигается большая экономия времени (в 1,5—2,5 раза) при увеличении общей площади выборки и выполнении запланированной точности работ. Иначе говоря, путем несложных расчетов можно выявить наиболее экономичный вариант размещения круговых площадок для любого объекта. Но рассмотрение вопроса о рациональном размещении учетных площадок на этом не заканчивается.

Принадлежность территориально приуроченных лесов к разным группам, различия в хозяйственном режиме, в лесорастительных и экономических условиях различных районов обусловили неоднородность лесного фонда области и неравномерное распределение насаждений каждой страты во всех районах области. Поэтому система размещения учетных площадок должна быть гибкой и соответствовать сложившейся неоднородности лесного фонда таким образом, чтобы каждая страта в каждом районе была представлена пропорциональным площади числом площадок в общей выборке. Только так можно достичь одинакового «площадного веса» каждой учетной площадки в страте.

Для конкретизации изложенного покажем это на примере расчетной таблицы, сделанной по Ивановской области. Исходные данные о площадях страт в лесхозах и общей лесной площади по лесхозам взяты из материалов лесоустройства (табл. 3).

Общее число групп площадок (квадратов) в области 88. По лесхозам взяты из материалов лесоустройства (табл. 3). той площади от лесопокрытой площади в области (графа 3 табл. 3). Таким же образом распределяются учетные площадки по лесхозам и стратам (графы 5—12). Число площадок в группе по лесхозам и стратам находится путем построчного деления данных в графах 9—12 на вычисленное число групп площадок в графе 4. Общее число площадок в группе по лесхозам (графа 18) находится путем суммирования данных в графах 13—17. В среднем по области, как и намечалось ранее, размещается 9 площадок в каждой группе, но в разных лесхозах оно непостоянно. Непостоянно оно и в пределах отдельных страт. Иначе и быть не может, если учитывается состояние лесного фонда конкретного объекта. Данные граф 13—18 при размещении площадок на аэрофотоснимках и в натуре округляются до целого числа площадок. На аэрофотоснимках площадки по стратам в соответствии с данными графы 18 размещаются таким образом, чтобы каждая площадка попадала в отдельный выдел. Для этой цели можно использовать радиальную палетку, разделенную на 32 сектора. Таким образом, достигается большая объективность выборки.

В полевой сезон 1966 г. сотрудники лаборатории лесной таксации ВНИИЛМ приступили к непосредственной инвентаризации лесного фонда Ивановской области по разработанному методу. За 50 календарных дней, работая в две группы с автомашиной ГАЗ-51, было пройдено инвентаризацией 600 тыс. га лесной площади. В пе-

№ п/п	Лесхоз, леспромхоз	Лесная площадь, %	Число групп площадок, шт.	Площади страт в %				Общее число площадок по стратам и лесхозам, шт.					Число площадок в группе по стратам и лесхозам, шт.					Всего площадок в группе, шт.
				молодня- ки I и II классов	средне- возраст- ные	приспе- вающие	спелые	молодняки I и II классов	средне- возраст- ные	приспе- вающие	спелые	вырубки	молодня- ки I и II классов	средне- возраст- ные	приспе- вающие	спелые		
1	Кинешемский	9,2	8	10,0	7,4	8,8	7,2	18	13	16	13	1	2,2	1,6	2,0	1,6	8,4	
2	Заволжский	2,1	2	3,1	2,5	1,6	2,5	5	4	3	4	1	2,5	2,0	1,5	2,0	9,0	
3	Желватский	2,9	3	4,3	2,2	2,4	6,5	8	4	4	12	1	2,7	1,3	1,3	4,0	10,3	
4	Ильинский	2,8	3	3,0	3,6	4,1	6,1	5	6	7	11	1	1,7	2,0	2,3	3,7	10,7	
5	Пригородный	4,5	4	5,6	10,9	2,8	3,2	10	19	5	6	1	2,5	4,8	1,2	1,5	11,0	
6	Середской	5,7	5	4,3	5,5	7,6	3,3	8	10	13	6	1	1,6	2,0	2,6	1,2	8,4	
7	Вичугский	8,2	7	4,9	8,4	7,0	5,6	9	15	12	10	1	1,3	2,1	1,7	1,4	7,5	
8	Лухский	5,7	5	6,4	3,9	4,4	6,5	11	7	8	11	1	2,2	1,4	1,6	2,2	8,4	
9	Юрьеveckий	6,0	5	5,8	4,8	3,0	2,4	10	9	5	4	1	2,0	1,8	1,0	0,8	6,6	
10	Сокольский	9,6	8	13,0	8,6	7,0	5,2	23	15	12	9	1	2,9	1,9	1,5	1,1	8,4	
11	Тейковский	7,4	6	4,5	5,7	6,4	8,6	8	10	11	15	1	1,3	1,7	1,8	2,5	8,3	
12	Якшинский	3,0	3	6,9	5,6	6,3	1,4	12	10	11	3	1	4,0	3,3	3,7	1,0	13,0	
13	Шуйский	9,2	8	9,8	10,4	10,0	2,9	17	18	18	5	1	2,1	2,2	2,3	0,6	8,2	
14	Мостовский	6,0	5	6,9	7,1	7,6	11,8	12	13	14	21	1	2,4	2,6	2,8	4,2	13,0	
15	Пучежский	3,1	3	1,3	2,4	4,3	7,1	2	4	8	12	1	0,7	1,3	2,7	4,0	9,7	
16	Пестяковский	6,5	6	3,9	3,6	8,1	9,4	7	6	14	17	1	1,2	1,0	2,3	2,8	8,3	
17	Палехский	3,9	3	2,8	3,4	4,7	9,1	5	6	8	16	1	1,7	2,0	2,7	5,3	12,7	
18	Комсомольский	4,2	4	3,5	4,0	3,9	0,7	6	7	7	1	1	1,5	1,7	1,8	0,3	6,3	
	Итого	100	88	100	100	100	100	176	176	176	176	1	2	2	2	2	9	

речете на затраты ИТР и рабочих, исключая время проезда Москва — Ивановская область и дней с ненастной погодой, можно считать, что для выполнения такого объема работ потребовалось — 78 технико-дней ИТР, 78 дней рабочих и 42 дня работы шофера. Лесная площадь Ивановской области 1 млн. 200 тыс. га. Таким образом, для инвентаризации всей области при тех же условиях потребуется 156 технико-дней. Иначе говоря, небольшая партия (2 ИТР, 2 рабочих с автомашиной, желательнее ГАЗ-69 или УАЗ-450) за одно лето может проинвентаризировать статистическим способом всю область. Ориентировочные общие затраты на проведение полевых работ — 5000 руб., или 0,6 коп. на 1 га.

В заключение, авторы выражают свою глубокую благодарность сотрудникам лаборатории лесной таксации ВНИИЛМ О. В. Куликовой, Ю. В. Копытову и Д. Д. Любичу за большую помощь, оказанную при выполнении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев-Мотин А. С. Выравненность варьирования признака в сложных статистических совокупностях и ее значение в лесном деле. Труды ЦНИИМЭ, 1958.
 2. Hagberg E. Le nouvel inventaire forestier national suédois Unasylya N 1, 1957.
 3. Hildebrandt G. Methoden der Waldinventur in Nordwesten und der Rocky Mountains des U.S.A. Allgemeine Forstzeitschrift N 1, 1961.
 4. Loetsch F. A forest inventory in Thailand. Unasylya v. 2, N 4, 1957.
 5. Pardé J. Dendrométrie. Imprimerie. Louis Jean Gap 1961.
 6. Tardif G. Some consideration concerning the establishment of optimum plot size in forest survey. Forest chronicle, 41, N 1, 1965
-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА СОВОКУПНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ ПУТЕМ

В. Антанайтис, А. Патацкас

Состояние вопроса

Опыт зарубежных стран (Швеция, ГДР) показывает, что лучше определять текущий прирост совокупности насаждений, применяя математическо-статистический способ. При этом определение древесного прироста проводится одновременно с выявлением древесных запасов.

Статистический способ учета лесного фонда сформировался в Скандинавских странах в двадцатых годах нашего столетия. Но поскольку он требует прорубки большого числа визиров и является очень трудоемким, то после второй мировой войны в разных странах (США, Канада, Англия и ряд др.) его стали совершенствовать. Скандинавы предложили способ равномерной случайной выборки (равномерная сеть пробных площадей) заменять случайной выборкой в типичных группах. Такие группы называются стратами. Следует отметить, что даже в Германской Демократической Республике, где сравнительно недавно (с 1961 г.) был введен статистический способ равномерной случайной выборки (одна площадка на 1 га), через 2—3 года (с 1963—1964 гг.) начали применять стратифицированный способ («Grossrauminventur»). Это и неудивительно, так как стратифицированный способ является более простым и экономичным. В ГДР определение текущего прироста проводится двумя путями: 1) во время лесоустроительных работ; 2) во время особого учета лесного фонда, проводимого на больших площадях, получившего название «Grossrauminventur».

Технические приемы определения текущего прироста в обоих случаях (за исключением размера и расположения пробных площадей) практически одинаковы. Разница заключается в следующем (Г. Гроссман, 1964):

- а) во время лесоустройства текущий прирост в каждом объекте (лесхоз, лесничество) определяется через 10 лет;
- б) во время особого учета («Grossrauminventur») текущий прирост определяется ежегодно во всех лесах ГДР.

А. Рихтер (1963) пишет, что опыт ГДР показал преимущество стратов перед равномерным распределением пробных площадей.

Преимущество заключается в том, что при стратифицированном способе более полно охватываются все составные части изучаемой совокупности. Необходимо также отметить, что в каждой однородной совокупности (в страте) более объективно определяется изменчивость изучаемых таксационных показателей и тем самым более верно определяется число необходимых измерений. Кроме того, посредством стратов более объективно определяется и точность проведенной работы.

В Советском Союзе статистический метод изучения лесного фонда начали применять в двадцатых годах. Основой способа являлось равномерное распределение пробных площадей. Текущий прирост не изучался. Описание работ, проведенных в то время, находим в трудах С. А. Богословского (1932), В. П. Зиновьева (1932), М. Г. Здорика (1952), А. И. Кондратьева (1937). Но поскольку статистический способ не давал представления об отдельных таксационных участках, то в последующем времени он не нашел более широкого применения.

Однако в последние годы в Советском Союзе к статистическому способу учета лесных ресурсов опять проявляется интерес. Это и неудивительно, так как только посредством этого способа можно получить объективные показатели лесного фонда. При этом также наблюдается тенденция сочетать типическую выборку со случайной. А. К. Митропольский (1965) отмечает, что основные работы должны проводиться на пробных площадях. Сбор данных по визирам (что делается при равномерной выборке) имеет только некоторое вспомогательное значение. Интересные и полезные работы в этом направлении проводит ВНИИЛМ (В. С. Чуенков, А. Н. Федосимов, 1965). Однако ВНИИЛМ, разрабатывая статистический способ, не решал вопросов определения прироста. Кроме того, ВНИИЛМ свои опытные работы проводит в сравнительно больших административных единицах, ориентируясь на неинтенсивное лесное хозяйство. Это обстоятельство влияет и на детали разрабатываемого ВНИИЛМ статистического способа. В. С. Чуенков и А. Н. Федосимов рекомендуют кустовое размещение пробных площадей, что себя оправдывает в больших административных единицах, при малой интенсивности лесного хозяйства. Необходимо отметить, что способы образования стратов и размещения пробных площадей должны решаться по-разному, учитывая желаемую точность и экономические условия.

Требования, которые предъявляются к определению текущего прироста насаждений

На международном совещании стран СЭВ по вопросам древесного прироста, которое состоялось в ноябре 1962 г., к определению текущего прироста насаждений силами лесоустройства выдвигались следующие требования:

1. Применяемый способ определения текущего прироста должен обеспечить желаемую точность.

2. Способ должен быть обоснован математическо-статистическими закономерностями и лишен субъективизма. Он должен опираться на измеряемые величины.

3. Способ должен быть экономичным. По мнению румынских специалистов, затраты на определение прироста не должны превышать 20—25% от общих затрат инвентаризации запаса. По опыту лесоустроителей ГДР, эти затраты составляют 15—20% от общих затрат лесотаксационных работ.

4. Способ должен быть простым.

5. Определение текущего прироста должно проводиться в сочетании с работами по определению древесных запасов.

6. Способ должен обеспечить возможность автоматизировать вычисления на счетных машинах.

7. Принятый способ должен обеспечить сопоставимость результатов.

8. Способ определения прироста должен отвечать целям и возможностям использования его показателей в лесоустройстве.

9. Должны применяться такие способы, которые дают возможность определить текущий прирост в ходе одной инвентаризации лесного фонда.

Работами кафедры экономики лесного хозяйства и лесоустройства Литовской сельскохозяйственной академии доказано, что рекомендуемые лесоустроительной инструкцией (1964 г.) способы определения прироста между собой не согласованы, приводят к разным и ошибочным результатам.

Большинство лесоустроительных инструкций (1964) рекомендует способы, основанные на камеральных расчетах, которые не обеспечивают вышеперечисленных требований. Это обстоятельство и опыт ряда зарубежных стран подтверждают, что камеральные расчеты текущего прироста должны быть оценены как временное средство. Показатели текущего прироста более ценное значение приобретают при определении их измерениями. Поэтому, учитывая вышеизложенное, можно сказать, что лесоустройство добьется лучших результатов при определении текущего прироста в том случае, если будет выполнять эту работу на основе непосредственных измерений в лесу посредством математическо-статистических приемов.

Учет ширины годовых слоев — основа определения текущего прироста по запасу

На текущем приросте насаждений по запасу отражаются результаты жизнедеятельности организма деревьев и влияние окружающей среды. Текущий прирост насаждений по запасу зависит от следующих основных факторов;

- 1) биологических особенностей древесных пород, составляющих насаждения;
- 2) происхождения (семенное, порослевое, естественное и искусственное);
- 3) возраста;
- 4) условий местопроизрастания в широком смысле (питательные вещества, рельеф, водный режим и т. д.);
- 5) климатических факторов;
- 6) полноты;
- 7) характера распределения деревьев по ступеням толщины и класса роста;
- 8) величины наличного запаса;
- 9) проведенных лесохозяйственных мероприятий и хозяйственного режима;
- 10) санитарного состояния насаждений;
- 11) различных стихийных причин;
- 12) семенных годов;
- 13) наследственных свойств.

Влияние всех этих факторов отражается на ширине годовичного слоя древесных пород. Отсюда следует вывод, что лучших результатов при определении текущего прироста можно добиться только посредством учета ширины годовичных слоев. Необходимо отметить, что путем однократного учета ширины годовичных слоев определяется особый вид текущего прироста, который проф. М. Л. Дворецкий называет текущим приростом наличного древостоя, а проф. А. И. Тарашкевич — фактическим приростом.

Текущий прирост, определяемый однократным обмером деревьев, теоретически отличается от текущего прироста, определяемого на постоянных пробных площадях путем повторных перечетов деревьев. Разница состоит в том, что при однократном обмере деревьев не учитывается прирост деревьев отпада. Но поскольку прирост отпада за промежуток 5—10 лет составляет только 2—3% от прироста всех деревьев, то этих двух видов текущего прироста обычно не различают и в отличие от чистого прироста (текущего изменения запасов, таксационного прироста) называют полным текущим приростом. Только учет ширины годовичных слоев позволяет учитывать влияние на величину текущего прироста по запасу таких факторов, как климатические, почвенные и проч. Поэтому камеральный расчет текущего прироста без учета ширины годовичных слоев является только ориентировочным.

Число годовичных слоев, подлежащих обмеру

Обычно при определении текущего прироста по запасу подсчитывается несколько последних годовичных слоев. Это вызвано следующими обстоятельствами:

а) измерение только одного годовичного слоя представляет некоторые технические затруднения;

б) посредством измерения нескольких годовичных слоев проявляется стремление устранить цикличное колебание годовичных слоев, вызванное влиянием комплекса климатических факторов.

В Швеции текущий прирост по запасу определяют подсчетом пяти последних годовичных слоев. В ГДР и в других западноевропейских странах подсчитывают 10 последних годовичных слоев. Таким образом, во всех странах, где проводится детальное изучение текущего прироста, определяется только периодический текущий прирост. Годичный текущий прирост, как правило, не определяется. Исключение составляет только Финляндия (И. Ильвесало, 1965). В этой стране подсчетом нескольких тысяч приростных образцов, достигавших сердцевин деревьев, делалась попытка установить годовичный текущий прирост лесов страны за период с 1900 по 1964 г. Однако эти работы имели опытный характер и проводились не в строгом сочетании с лесоинвентаризационными работами.

Возникает вопрос, сколько годовичных слоев необходимо измерить при определении текущего прироста. Работы, проведенные в Литовской ССР, и изучение зарубежного опыта показывают, что число годовичных слоев, подлежащих обмеру, зависит от цели, с которой определяется текущий прирост. Еще в 1942 г. Г. А. Мейер и в 1953 г. Ф. Лётч доказывали, что период, за который определяется текущий прирост, должен быть не меньше 5 и не более 10 лет. Этот период и принят во всех странах, где инвентаризация древесного прироста проводится в сочетании с определением запаса. Однако более детальное изучение этого вопроса показывает, что выбор числа годовичных слоев, подлежащих обмеру, должен согласовываться с целью определения прироста.

В работах А. Звиедриса, Т. Битвинскаса и других авторов показан характер циклических колебаний годовичных слоев и влияние этого колебания на величину текущего прироста. Следует отметить, что даже обмер десяти последних годовичных слоев не всегда выравнивает цикличное колебание годовичных слоев. Обмер же только пяти годовичных слоев может иногда привести к тому, что в одном пятилетнем периоде текущий прирост по запасу будет в 2 раза меньше или больше текущего прироста в следующем пятилетнем периоде.

Влияние циклических колебаний годовичных слоев на величину прироста почти уничтожается подсчетом 15—20 последних годовичных слоев. Однако в этом случае сглаживается влияние возраста на величину текущего прироста. Поэтому во время лесоинвентаризационных работ текущий прирост наиболее целесообразно определять подсчетом десяти последних годовичных слоев. В таком случае сглаживается влияние циклических колебаний и полностью учитывается влияние возраста на величину текущего прироста. Десятилетний период удобен и тем, что в большинстве случаев с такой точностью определяется возраст насаждений и по десяти-

летним периодам представляются данные о лесном фонде (таблицы классов возраста). Однако необходимо помнить, что в конечном итоге число годовых слоев, подлежащих обмеру, должно увязываться с теми целями, с которыми определяется текущий прирост. Опыт работы, накопленный в Литовской ССР, и обзор разных литературных источников позволяют заключить, что определять текущий прирост подсчетом десяти годовых слоев нужно в том случае, если прирост определяется со следующей целью:

- 1) для более полной характеристики лесного фонда и денежной его оценки;
- 2) уточнения размера промежуточного пользования;
- 3) определения размера пользования в добровольно-выборочном хозяйстве;
- 4) корректирования размера общего пользования (главного и промежуточного);
- 5) оценки условий местопроизрастания;
- 6) определения возраста количественной, технической и естественной спелости;
- 7) организации контрольного хозяйства;
- 8) уточнения плана рубок;
- 9) установления насаждений эталонов;
- 10) разработки таблиц текущего прироста и таблиц хода роста.

Однако при составлении таблиц текущего прироста и таблиц хода роста, чтобы исключить влияние циклического колебания ширины годовых слоев, определение текущего прироста нужно проводить путем подсчета десяти годовых слоев не в одном календарном году, а в ряде календарных годов.

Определяя эффективность лесохозяйственных мероприятий и оценивая хозяйственный режим, иногда целесообразно текущий прирост определять подсчетом меньшего числа годовых слоев. Число слоев, подлежащих подсчету, зависит от давности проведения лесохозяйственных мероприятий и периода, за который оценивается хозяйственный режим.

Переход от радиального прироста z_r к приросту по запасу z_M

Переход от радиального прироста (z_r) к приросту по запасу (z_M) должен быть достаточно прост и обеспечивать необходимую точность. Кроме того, этот переход должен быть лишен элементов субъективизма, так как в противном случае нет возможности сопоставить получаемые показатели прироста по запасу z_M . На первый взгляд наиболее удачно этот вопрос решили немецкие лесоустроители. От радиального прироста z_r к приросту по запасу z_M они переходят посредством следующих формул:

$$P_M = z_r \cdot k,$$

$$z_M = \frac{M \cdot P_M}{100}.$$

Однако слабым местом этого способа является использование коэффициента k , который не учитывает особенностей прироста по высоте z_h , зависящих от породы и возраста, и особенностей изменения ширины годичных слоев по высоте ствола.

Как показала опытная проверка, дополнительная ошибка, вызванная этими расчетами, составляет до $\pm 20-25\%$.

Шведские лесоустроители от радиального прироста z_r к приросту по запасу z_M переходят посредством следующих формул:

$$P_M = P_G + P_{HF},$$

$$\text{где } P_G = \frac{100}{5} \left(\frac{D^2_A - D^2_{A-n}}{D^2_A} \right).$$

P_{HF} определяется или по объемным таблицам Джонсона или на основе натуральных измерений прироста по высоте z_h :

$$z_M = \frac{M \cdot P_M}{100}.$$

Немецкие и шведские лесоустроители к приросту по запасу переходят через процент текущего прироста. При этом немецкий способ более прост, а шведский более дифференцирован. Однако и шведский способ имеет некоторые недостатки: шведская формула прироста по площади сечений P_G требует некоторой вычислительной работы; определяя P_{HF} по объемным таблицам, шведы также не учитывают особенностей изменения ширины годичных слоев по высоте ствола при разном возрасте.

Существует ряд и других предложений по переходу от радиального текущего прироста z_r к текущему приросту по запасу. Но эти предложения более широкого практического применения не получили.

Лучших результатов при переходе от радиального текущего прироста на высоте груди z_r к текущему приросту по запасу дает следующая формула:

$$P_M = \frac{z_M \cdot 100}{M} = P_G + P_{HF} - \frac{P_G \cdot P_{HF} \cdot n}{100}.$$

Преимущество этой формулы при таксации текущего прироста по запасу насаждений (но не отдельных деревьев) заключается в следующем:

а) исключено субъективное влияние исполнителей, что характерно при применении формул типа Бреймана, Боргрева, Шнейдера;

б) через P_{HF} учитывается влияние возраста на величину прироста;

в) через P_{HF} учитывается влияние изменения ширины годичных слоев по высоте ствола на величину объемного прироста.

Последний член вышеприведенного уравнения $\left(\frac{P_G \cdot P_{HF} \cdot n}{100} \right)$ сравнительно небольшой, поэтому он обычно отбрасывается, и на практике уравнение применяется в следующем виде:

$$P_M = P_G + P_{HF}.$$

В таком виде его с 1923 г. применяют шведские лесоустроители. Эту формулу взял за основу и В. Джурджу (1957), разрабатывая свой способ определения текущего прироста.

Применяя эту формулу, основное внимание уделяется определению P_G , так как в общей величине P_M процент прироста по площади сечения P_G составляет от 60 до 90%. Доля участия P_G в общей величине P_M зависит в основном от возраста: с увеличением возраста доля P_G увеличивается. Однако при необходимости более точно определить текущий прирост по запасу, P_{HF} также определяется путем измерений. Так поступают шведские лесоустроители, которые иногда P_{HF} определяют, измеряя z_h . Но при большом объеме работ измерение z_h является затруднительным. Кроме того, в этом не всегда есть необходимость. P_{HF} с точностью, удовлетворяющей нужды практики, можно определить и камерально, используя разные закономерности и связи. В этом немалая заслуга В. Джурджу (1957), который первым составил таблицы процентов текущего прироста по видовой высоте, в которых учтено влияние породы, возраста и класса бонитета на величину P_{HF} . Однако в целом применение указанной формулы требует довольно сложных расчетов, которые часто сопровождаются ошибками. Поэтому В. Антанайтис разработал специальные таблицы процентов текущего прироста P_M^* . В таблицах проценты текущего прироста указаны в зависимости от породы, возраста, класса бонитета, среднего диаметра и средней ширины годичного слоя. Применение таблиц упрощает расчеты, уменьшает ошибки и делает показатели текущего прироста более сопоставимыми. Таблицы процентов текущего прироста P_M одобрены техническим советом Всесоюзного объединения «Леспроект». Проверка показала их практическую пригодность. Поэтому и в настоящей работе при переходе от радиального прироста z_r к текущему приросту по запасу z_M рекомендуется применять эти таблицы.

Безусловно, что существуют и другие возможности перехода от радиального прироста z_r к текущему приросту по запасу. Однако применение единых таблиц имеет следующие преимущества: обеспечивает сопоставимость результатов; исключает субъективное влияние исполнителей; упрощает расчеты.

* В. Антанайтис. Таблицы таксации текущего прироста насаждения. М., изд-во «Лесная промышленность», 1966.

Методика определения запаса и текущего прироста по запасу совокупности насаждений математическо-статистическим путем

Определение запаса и текущего прироста совокупности насаждений проводится при сочетании типической (районированной) выборки со случайной (механической). Порядок определения запаса и текущего прироста совокупности насаждений следующий.

1. Насаждения разделяются на сравнительно однородные группы (страты). Количество и дробность образования стратов зависит от особенностей лесного фонда, экономических условий и целей, для которых определяется текущий прирост. Страты необходимо образовывать хотя бы по преобладающим породам, классам возраста и классам бонитета. В объектах с более интенсивным хозяйством страты образуются еще с учетом степени смешения пород, условий местопроизрастания, полноты. Если показатели текущего прироста предполагается использовать для анализа хозяйственной деятельности, то такие группы образуются еще с учетом хозяйственного режима.

С учетом всех перечисленных факторов в некоторых объектах образуется значительное количество стратов. В целях сокращения натурных работ, образования однородных групп целесообразно проводить их не по лесничествам, а в целом по лесхозу (леспромхозу). Образование однородных групп и изучение прироста допустимо проводить для групп лесхозов, расположенных в одинаковых природных условиях.

2. В пределах каждого страта проводится определение запасов и изучение средней ширины годичных слоев и средних диаметров. Необходимое число измерений в одном страте при желательной точности определения текущего прироста по запасу приводится в табл. 2.

Круговые учетные площадки (средний размер 300 м²) в пределах страта распределяются равномерно или по трактам.

3. В пределах страта для каждой породы вычисляется средняя ширина годичных слоев и средний диаметр.

4. Показатели средней ширины годичных слоев и средних диаметров выравниваются графически. По оси абсцисс откладывается возраст, а по оси ординат — средние ширины годичных слоев или средние диаметры.

5. Используя выравненные показатели средней ширины годичных слоев, средних диаметров и другие таксационные показатели для каждой однородной группы, по таблицам таксации текущего прироста определяется значение P_m .

6. Запас насаждения в страте на 1 га устанавливается путем умножения суммы площадей сечения на видовую высоту.

7. Текущий прирост по запасу однородной группы насаждений (страта) вычисляется по формуле

$$z_M = \frac{M \cdot P_M}{100}$$

8. Запас и текущий прирост по запасу всего хозяйства (хозчасти, лесничества, лесхоза) получается как сумма запасов и текущих приростов отдельных стратов.

Измерение ширины годичных слоев на высверленных приростными буравами образцах можно проводить как в лесу (при помощи линейки или измерительной лупы), так и после выхода из леса. Однако более надежно измерение ширины годичных слоев проводится в помещении, используя для этой цели бинокулярные микроскопы.

Высверленные образцы на прирост переносятся в специальных коробках. Для каждой однородной группы предназначается одна коробка. Если измерение ширины годичных слоев проводится через несколько дней после высверления образцов, то за 2—3 ч перед измерением образцы необходимо промочить в воде.

Описанный способ определения текущего прироста узаконен в лесоустроительных правилах Литовской ССР и с 1966 г. внедряется в производство.

Инструменты, необходимые для определения текущего прироста в сочетании с уточненной таксацией леса

Для проведения работ по определению запаса и текущего прироста по запасу таксаторов необходимо снабдить следующими инструментами: мерной вилкой; высотомером; тросом для отбивки круговых площадок; прибором Биттерлиха и призмой проф. Н. П. Анучина; приростным буровом; лупой с измерительными делениями для определения ширины годичных слоев (медицинская микрометрическая лупа или лупа Польди, или Г. Курта (ГДР), сконструированная специальная лупа или др.); линейкой для измерения ширины годичных слоев.

При большем объеме работы лесоустроительные предприятия целесообразно снабдить измерительно-счетным устройством Б. Эклунда (Швеция). В случае наличия могут также применяться следующие инструменты: зеркальный реласкоп, бинокулярный микроскоп и ряд других приспособлений.

Следует отметить, что на международном совещании стран СЭВ по вопросам древесного прироста, которое состоялось в 1962 г., демонстрировались разные приборы 26 наименований. Большинство этих приборов производится в странах СЭВ (в основном в ГДР и Чехословакии). К сожалению, на вооружении советских лесоустроителей сегодня находится только незначительная часть этих инструментов. Это тормозит усовершенствование лесотаксационных работ, затрудняет изучение текущего прироста.

Точность определения текущего прироста и количество необходимых измерений для совокупности насаждений

Опыт ГДР показывает, что в пределах каждого страта количество измерений должно быть разное, так как изменчивость изучаемых таксационных показателей в разных стратах неодинаковая (Г. Курт, 1963). Однако заранее установить точную изменчивость изучаемых таксационных показателей в намечаемых стратах практически трудно. Кроме того, в каждом конкретном случае возможны отклонения от заранее установленных показателей изменчивости. Поэтому при вычислении числа необходимых измерений за основу были взяты средние показатели изменчивости. Безусловно, что после проведения работы по изучению текущего прироста статистическим способом целесообразно вычислить изменчивость отдельных таксационных показателей и тем самым установить точность проведенной работы.

При вычислении числа необходимых измерений исходили из того, что в пределах однородной группы изменчивость изучаемых таксационных показателей характеризуется следующими коэффициентами вариации: а) радиального прироста $z_r - C = 45\%$; б) суммы площадей сечения отдельных насаждений — $C = 30\%$.

При предварительных расчетах точности и числа необходимых измерений исходили из того, что запас и текущий прирост совокупности насаждений необходимо определить при вероятности 0,95.

Основу определения текущего прироста по запасу совокупности насаждений составляет изучение ширины годовых слоев. В табл. 1. показано число деревьев, подлежащих обмеру на прирост, при разной точности определения средней ширины годового слоя.

Таблица 1

Желательная точность определения средней ширины годового слоя, %	Количество деревьев в однородной совокупности, подлежащих обмеру		
	0,683	0,8	0,954
3	226	380	900
6	56	95	225
10	20	34	81

Ф. Лётч (1953) и Г. Курт (1961) установили, что для расчета точности определения текущего прироста однородной совокупности насаждений целесообразно использовать формулу

$$P_{z_M} = \pm \sqrt{P^2_M + P^2_{z_r}},$$

где:

P_{z_M} — точность определения текущего прироста по запасу;

P_M — точность определения запаса;

P_z — точность определения ширины годичного слоя.

Ошибки репрезентативности, возникающие при определении текущего прироста на больших площадях и вызванные изменчивостью, гораздо выше ошибок, вызванных точностью вспомогательных таблиц. В настоящей работе при расчете текущего прироста рекомендуется применять вспомогательные таблицы процентов прироста (P_M). При помощи их процент текущего прироста отдельного насаждения определяется путем обмера 25—30 деревьев с точностью $\pm 9\%$ (при вероятности 0,683). При наличии в однородной совокупности ряда насаждений точность, безусловно, возрастает и по сравнению с ошибками репрезентативности решающего значения не имеет. Поэтому погрешности таблиц P_M при расчете точности определения прироста совокупности насаждений во внимание не принимались. Таким образом, точность определения текущего прироста по запасу группы однородных насаждений зависит от точности определения запаса и средней ширины годичного слоя.

Точность определения запаса для группы однородных насаждений в основном зависит от точности определения средней суммы площадей сечения на 1 га. Запас с 1 га определяется по общеизвестной формуле

$$M = G \cdot H \cdot f.$$

Значения Hf берутся из таблиц видовых высот. При определении запаса отдельных насаждений эти таблицы дают погрешность до ± 3 — 4% . Однако при таксации совокупности насаждений погрешности, вызываемые применением таблиц Hf , практически сводятся к нулю.

В табл. 2 приводятся результаты расчета числа необходимых измерений в одном страте в зависимости от желаемой точности. Понятно, что в таблице приводятся средние, обобщенные показатели. В конкретных случаях возможны отклонения. Поэтому после полевых работ, имея конкретные данные, целесообразно вычислить изменчивость сумм площадей сечения, средней ширины годичного слоя и тем самым выяснить точность проведенной работы. Однако важно знать точность определения запаса и прироста не только в одном страте, но и во всем хозяйстве. Повышается или понижается точность определения запаса и прироста путем разделения всей совокупности на страты? Чтобы ответить на этот вопрос, провели следующие расчеты.

В математической статистике доказывается, что если статистическая совокупность подразделяется на однородные, т. е. типические группы, то среднее арифметическое остается без изменения, но дисперсия изменяется. Если дисперсия совокупности, не разде-

Таблица 2

Желательная точность определения текущего прироста по запасу	Необходимая точность определения запаса	Необходимое количество круговых пересечений площадок	Необходимая точность определения радиального прироста	Необходимое количество проб на радиальный прирост	На одной круговой площадке необходимо измерить Z_r у следующего количества деревьев
2	1,5	1600	1,3	4750	3
4	3	400	2,5	1300	3
6	4,5	180	4	500	3
8	6,5	85	5	320	3—4
10	8	56	6	225	4
12	9,5	40	7	165	4
14	11	30	8,5	112	4
16	13	22	9	100	4—5

ленной на группы, равняется σ^2 , то после подразделения на группы средняя групповых дисперсий σ^2 не равняется $\bar{\sigma}^2$.

После подразделения на группы

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 N_1 + \bar{x}_2 N_2 + \dots + \bar{x}_n N_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n},$$

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sigma_1^2 N_1 + \sigma_2^2 N_2 + \dots + \sigma_n^2 N_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n},$$

где:

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ — средние арифметические отдельных групп;
 σ_1^2, σ_2^2 — дисперсии отдельных групп;
 N_1, N_2 — объем отдельных групп.

После подразделения на типические группы \bar{x} остается без изменения, а дисперсия изменяется так, что $\bar{\sigma}^2$ всегда бывает меньше, чем σ . В результате подразделения на группы получается так называемая межгрупповая дисперсия δ^2 , и общая дисперсия σ^2 в этом случае равняется

$$\sigma^2 = \bar{\sigma}^2 + \delta^2, \quad (1)$$

или

$$\bar{\sigma}^2 = \sigma^2 - \delta^2. \quad (1a)$$

Следовательно, подразделение на группы уменьшает общую дисперсию σ^2 на величину δ^2 . Таким образом, подразделение на типические группы уменьшает дисперсию и тем самым уменьшает коэффициент вариации и ошибку выборки (среднюю и предельную). Ошибка после подразделения на группы определяется не общей дисперсией σ^2 , а средней групповых дисперсий $\bar{\sigma}^2$. В дальнейших расчетах используется не σ^2 , а $\bar{\sigma}^2$. Проиллюстрируем вышеизложенное конкретными примерами.

Пример 1. Определение запаса насаждения методом типичской выборки.

Объект инвентаризации — чистые сосняки 41—100-летнего возраста, площадь которых 136,8 га. Сосняки подразделяются на три типичские группы (страты) по возрасту. К первому страту относятся сосняки 41—60 лет, площадью 37,8 га; ко второму 61—80 лет, 49 га, и к третьему — 81—100 лет, 50 га. В пределах стратов случайным или систематическим путем закладываются пересчетные площадки величиной 0,03 га каждая. В первом страте заложено 37 площадок, во втором — 48, в третьем — 48, т. е. всего 133 площадки. Распределение пересчетных площадок по стратам приводится в табл. 3.

Средние запасы в отдельных группах таковы:

$$\bar{M}_1 = 142,0 \text{ м}^3/\text{га}; \quad \bar{M}_2 = 178,7 \text{ м}^3/\text{га}; \quad \bar{M}_3 = 208,5 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Общий средний запас \bar{M} равняется

$$\bar{M} = \frac{142,0 \cdot 37 + 178,7 \cdot 48 + 208,5 \cdot 48}{133} = 179,2 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Дисперсии отдельных групп (групповые дисперсии) следующие:

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 &= \frac{(95 - 142)^2 \cdot 1 + (105 - 142)^2 \cdot 2 + (115 - 142)^2 \cdot 2 + \dots + (185 - 142)^2 \cdot 1}{37} = \\ &= 428,57; \\ \sigma_2^2 &= 388,17, \\ \sigma_3^2 &= 769,0. \end{aligned}$$

Средняя групповых дисперсий равняется

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{428,57 \cdot 37 + 388,17 \cdot 48 + 769,0 \cdot 48}{133} = 536,85.$$

Межгрупповая дисперсия, т. е. дисперсия между стратами

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{(142,0 - 179,2)^2 \cdot 37 + (178,7 - 179,2)^2 \cdot 48 + (208,5 - 179,2)^2 \cdot 48}{133} = \\ &= 694,90. \end{aligned}$$

Общая дисперсия σ^2 по формуле 1 равняется

$$\sigma^2 = 536,85 + 694,90 = 1231,75.$$

Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{1231,75} = 35,1.$$

Коэффициент вариации

$$c = \frac{35,1 \cdot 100}{179,2} = 19,6\%.$$

Показатель точности с вероятностью 0,683

$$P = \frac{19,6}{133} = \frac{19,6}{11,53} = 1,7\%.$$

Таблица 3

Запас насаждений, м ³ /га	Среднее значение интервала запаса	Число площадок			Всего
		I страт	II страт	III страт	
91—100	95	1			1
101—120	105	2			2
111—120	115	2			2
121—130	125	5	1		6
131—140	135	7	2		9
141—150	145	6	1	1	8
151—160	155	7	4	2	13
161—170	165	4	8	3	15
171—180	175	2	10	4	16
181—190	185	1	8	3	12
191—200	195		5	5	10
201—210	205		5	6	11
211—220	215		3	9	12
221—230	225		1	4	5
231—240	235			3	3
241—250	245			2	2
251—260	255			3	3
261—270	265			2	2
271—280	275			1	1
Всего		37	48	48	133

а с вероятностью 0,954 показатель точности $P = 2 \cdot 1,7 = 3,4\%$. Итак, предельная ошибка равняется 3,4%. Такая точность получается в том случае, когда объект инвентаризации не подразделяется на страты.

При подразделении объекта инвентаризации на страты $\sigma^2 = 536,85$; $\bar{\sigma} = 23,17$. Коэффициент вариации C равняется

$$C = \frac{23,17}{179,2} \cdot 100 = 12,9\%$$

а показатель точности P при вероятности 0,954 (предельная ошибка) будет следующим:

$$P = \frac{2 \cdot 12,9}{133} = 2,2\%$$

Такая высокая точность для практики не нужна. Следовательно, для инвентаризации запаса насаждения надо закладывать меньшее число площадок.

Пример 2. При установлении запаса насаждений с точностью $\pm 8\%$ и величине коэффициента вариации $C = 19,6\%$ расчеты производятся следующим путем.

Число требуемых перечетных площадок n будет равно

$$n = \frac{4 \cdot C^2}{P^2} = \frac{4 \cdot 19,6^2}{8^2} \approx 25.$$

Установленное количество перечетных площадок закладываем по трем стратам. Все остальные данные остаются без изменения (табл. 3).

Средние запасы в отдельных стратах будут следующими:

$$\bar{M}_1 = \frac{960}{7} = 137,1 \text{ м}^3/\text{га}; \quad \bar{M}_2 = \frac{1720}{9} = 191,1 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\bar{M}_3 = \frac{2000}{9} = 222,2 \text{ м}^3 \text{ га}.$$

Общий средний запас (\bar{M}) равняется

$$\bar{M} = \frac{137,1 \cdot 7 + 191,1 \cdot 9 + 222,2 \cdot 9}{25} = 187,2.$$

Ввиду того, что в данном случае выборка мала ($n=25$), дисперсии следует вычислять по формуле

$$\sigma^2 = \frac{\varepsilon (x - \bar{x})^2}{n - 1}, \quad \text{или} \quad \sigma^2 = \frac{\varepsilon (x - \bar{x})^2}{n(n - 1)} = (\bar{x}^2 - x^2) \frac{n}{n - 1}. \quad (2)$$

Групповые дисперсии будут следующими:

$$\sigma^2_1 = \left(\frac{136\,000}{7} - 18\,796,41 \right) \cdot \frac{7}{6} = 632,16 \cdot \frac{7}{6} = 737,52;$$

$$\sigma^2_2 = \left(\frac{336\,800}{9} - 3\,651,92 \right) \cdot \frac{9}{8} = 903,1 \cdot \frac{9}{8} = 1\,015,89;$$

$$\sigma^2_3 = \frac{452\,800}{9} - 49\,372,84 \cdot \frac{9}{8} = 938,27 \cdot \frac{9}{8} = 1\,055,55.$$

Средняя групповая дисперсия равняется

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{737,52 + 1\,015,89 \cdot 9 + 1\,055,55 \cdot 9}{25} = 952,22.$$

Межгрупповая дисперсия, т. е. дисперсия между стратами

$$\delta^2 = \frac{(137,1 - 187,2)^2 \cdot 7 + (191,1 - 187,2)^2 \cdot 9 + (222,2 - 187,2)^2 \cdot 9}{24} = 1197,17.$$

Общая дисперсия по формуле 1

$$\sigma^2 = 952,22 + 1197,17 = 2149,39.$$

Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{2149,39} = 46,36;$$

коэффициент вариации

$$C = \frac{46,36 \cdot 100}{187,2} = 24,8\% ;$$

показатель точности (предельная ошибка)

$$P = \frac{2 \cdot 24,8}{25} = 9,9\% \text{ (с вероятностью } 0,954) .$$

В результате подразделения объекта инвентаризации на страты $\overline{\sigma}^2 = 952,22$; $\overline{\sigma} = 952,22 = 30,85$.

Теперь коэффициент вариации

$$C = \frac{30,85 \cdot 100}{187,2} = 16,5\% ,$$

а показатель точности (предельная ошибка)

$$P = \frac{2 \cdot 16,5}{5} = 6,6\% .$$

Значит, в результате подразделения на страты точность увеличивается на $(9,9 - 6,6) = 3,3\%$.

Пример 3. Определение текущего прироста насаждений по запасу путем типической выборки.

Объект исследования — те же основные насаждения, что и в примере 1, подразделенные на 3 страты. Число пересчетных площадок такое же, как и в таблице 1. Данные по определению текущего прироста приведены в табл. 4—5.

Средние величины текущего прироста в отдельных стратах следующие:

$$\bar{z}_{M_1} = 6,74 \text{ м}^3/\text{га} ; \quad \bar{z}_{M_2} = 5,13 \text{ м}^3/\text{га} ; \quad \bar{z}_{M_3} = 3,67 \text{ м}^3/\text{га} .$$

Общий средний текущий прирост \bar{z}_M

$$\bar{z}_M = \frac{6,74 \cdot 37 + 5,13 \cdot 48 + 3,67 \cdot 48}{133} = 5,05 \text{ м}^3/\text{га} .$$

Дисперсии в отдельных стратах равны

$$\sigma_1^2 = \frac{(4,5 - 5,05)^2 \cdot 5 + (5,5 - 5,05)^2 \cdot 7 + \dots}{133} = 2,12 \text{ м}^3/\text{га} .$$

$$\sigma_2^2 = 6,93 \text{ м}^3/\text{га} ; \quad \sigma_3^2 = 1,70 \text{ м}^3/\text{га} .$$

Средняя групповых дисперсий

$$\sigma^2 = \frac{2,12 \cdot 37 + 6,93 \cdot 48 + 1,70 \cdot 48}{133} = 3,70 .$$

Межгрупповая дисперсия, т. е. дисперсия между стратами, равняется

$$\sigma^2 = \frac{(6,74 - 5,05)^2 \cdot 37 + (5,13 - 5,05)^2 \cdot 48 + (3,67 - 5,05)^2 \cdot 48}{133} = 1,49 .$$

Общая дисперсия по формуле 1 равна

$$\sigma^2 = 3,70 + 1,49 = 5,19; \quad \sigma = 2,28;$$

коэффициент вариации

$$C = \frac{2,28}{5,05} \cdot 100 = 45\%;$$

показатель точности (предельная ошибка)

$$P = \frac{2,45}{133} = 7,8\% \text{ (с вероятностью } 0,954).$$

После подразделения на страты

$$\bar{\sigma}^2 = 3,70; \quad \bar{\sigma} = 1,924; \quad C = \frac{1,924}{5,05} \cdot 100 = 38\%;$$

показатель точности (предельная ошибка)

$$P = \frac{2,38}{133} = 6,6\%.$$

В результате подразделения на страты точность увеличивается на $(7,8 - 6,6) = 1,2\%$.

Таким образом, при определении запаса и текущего прироста по запасу совокупности насаждений точность, получаемая при подразделении лесной площади на страты, больше точности, получаемой в том случае, когда лесная площадь не подразделена на страты.

Так как однородность стратов чаще всего бывает неодинаковой, то еще лучший результат получается, если число проб в отдельных стратах устанавливается в зависимости от степени однородности изучаемого признака в страте. Степень однородности страта показывает коэффициент вариации (изменчивости) C : чем больше C , тем больше изменчивость исследуемого признака, тем меньше однородность страта. Следовательно, в стратах, в которых больше коэффициент вариации, нужно заложить больше площадок, чем в стратах с меньшей изменчивостью исследуемого признака, оставляя общее число площадок во всей изучаемой совокупности постоянным. Таким образом, еще больше уменьшается предельная ошибка.

Для вычисления предельной ошибки (показателей точности) во всей изучаемой лесной площади можно использовать другой, более простой способ.

Пусть F площадь всего изучаемого объекта лесхоза, которая подразделена на однородные группы (страты), площади которых равняются f_1, f_2, \dots, f_n

$$F(ha) = f_1 + f_2 + \dots + f_n.$$

В каждом страте вычисляется основная ошибка $\sigma_{x_1}^-$, $\sigma_{x_2}^-$, ..., $\sigma_{x_n}^-$, которая равняется

$$\sigma_{x_n}^- = \frac{\sigma}{\sqrt{N_n}},$$

где в числителе σ — среднее квадратическое отклонение, а в знаменателе N_n — число площадок в страте. Тогда предельная ошибка во всей изучаемой лесной площади ε вычисляется по формуле

$$\varepsilon = \frac{t}{F} \sqrt{\sigma_{x_1}^2 \cdot f_1^2 + \sigma_{x_2}^2 \cdot f_2^2 + \dots + \sigma_{x_n}^2 \cdot f_n^2}, \quad (3)$$

Таблица 4

Запас насаждений, м³/га	Среднее значение интервала запаса	Число площадок			Всего
		I страт	II страт	III страт	
91—110	100	1			1
111—130	120	2			2
131—150	140	2	1		3
151—170	160	1	1		2
171—190	180	1	3	1	5
191—210	200		1	3	4
211—230	220		2	2	4
231—250	240		1	1	2
251—270	260			1	1
271—290	280			1	1
Всего		7	9	9	25

Таблица 5

Текущий прирост насаждений, м³/га	Среднее значение интервала текущего прироста	Число площадок по стратам			Всего
		I	II	III	
1,1—2,0	1,5			5	5
2,1—3,0	2,5		2	10	12
3,1—4,0	3,5		6	15	21
4,1—5,0	4,5	5	8	11	24
5,1—6,0	5,5	7	15	4	26
6,1—7,0	6,5	10	9	3	22
7,1—8,0	7,5	6	4		10
8,1—9,0	8,5	7	4		11
9,1—10,0	9,5	2			2
Всего		37	48	48	133

где $t=2$ при вероятности 0,954.

В примере 3

$$F = 135,8 \text{ га}, \quad f_1 = 37,8 \text{ га}, \quad f_2 = 49 \text{ га}, \quad f_3 = 50 \text{ га},$$

$$\sigma_{x_1}^2 = \frac{2,12}{37} \quad \sigma_{x_2}^2 = \frac{6,93}{48} \quad \sigma_{x_3}^2 = \frac{1,70}{48}.$$

$$\varepsilon = \frac{2}{135,8} \sqrt{\frac{2,12}{37} \cdot 37,8^2 + \frac{6,93}{48} \cdot 49^2 + \frac{1,70}{48} \cdot 50^2} = \frac{2}{135,8} \cdot 22,74 =$$
$$= 0,34 \text{ м}^3/\text{га}, \quad \text{или} \quad \frac{0,34}{5,05} \cdot 100 = 6,7\%.$$

Следовательно, получается тот же самый результат, что и при вычислении первым способом (пример 3). Формула 3, разумеется, имеет силу и в том случае, когда число проб в стратах одинаково.

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ УТОЧНЕННОЙ СТАНДАРТНОЙ ТАБЛИЦЫ СУММ ПЛОЩАДЕЙ СЕЧЕНИЙ И ЗАПАСОВ ПРИ ПОЛНОТЕ 1,0

В. В. Загреев

В настоящее время в лесоустроительной практике стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов, составленная проф. Н. В. Третьяковым в 1937 г., является наиболее распространенным справочным пособием для определения полнот и запасов насаждений. Не будет преувеличением сказать, что эта таблица с небольшими корректировками применяется сейчас почти на всей территории СССР.

Такая популярность стандартной таблицы и ее широкое практическое использование объясняется простотой построения самой таблицы и относительной точностью получаемых результатов. Тем не менее в последние годы в периодической печати все чаще высказываются справедливые критические замечания в адрес этой таблицы. А так как вопросы определения запасов насаждений занимают одно из центральных мест в лесной таксации, несколько подробнее рассмотрим методику составления стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов и точность самой таблицы.

Известно, что запас любого насаждения является функцией четырех аргументов: числа деревьев и средних значений диаметра, высоты и видового числа, т. е.

$$M = f(N, D, H, F).$$

Но так как произведение числа деревьев на средний диаметр $\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)$ есть сумма площадей сечений, то эта функция принимает вид

$$M = f(\Sigma G, H, F).$$

Принято считать, что у множества деревьев с одинаковыми высотами видовые числа близки между собой. Тогда запас насаждения можно рассматривать как функцию переменных ΣG и H , принимая за F некоторую константную величину, т. е.

$$M = f(\Sigma G, H).$$

Таким образом, если допустить, что среднее видовое число деревьев не зависит от района расположения таксируемых насаж-

дений, то для определения запаса можно пользоваться единой стандартной таблицей, составленной по двум входам. При этом точность определения запаса насаждений будет зависеть не от того, где применяется эта таблица, а от того, насколько полно она учитывает все факторы, влияющие на величину запаса. Очевидно, стандартная таблица запасов, построенная по высоте и сумме площадей сечений, во всех районах страны давала бы хорошую точность. Учитывая это, большинство имеющихся в настоящее время таблиц, используемых для определения запасов насаждений при измерительной и перечислительной таксации, составлены по двум входам. Например, временное руководство по таксации лесосек издания 1965 г. предлагает использовать для этой цели таблицу видовых высот (HF). Тогда запас древесины на лесосеке определяется из произведения суммы площадей сечений на видовую высоту:

$$M = \Sigma G(H, F).$$

К числу таких же справочных материалов можно отнести и монограмму для определения запасов насаждений проф. Н. П. Анучина, составленную по высоте и сумме площадей сечений.

Как видно из изложенного, для точного установления запаса насаждения при любом методе его определения надо знать высоту и сумму площадей сечений. Если первый из этих аргументов при таксации леса устанавливается достаточно точно и просто, то определение второго показателя — суммы площадей сечений связано со значительными трудозатратами. Так, если средняя высота насаждения при глазомерной таксации по ходовым линиям устанавливается в среднем с погрешностью не более $\pm 7-10\%$, то сумма площадей сечений глазомерно не определяется вообще, а для ее установления используются либо данные сплошного перечета деревьев, либо она определяется на круговых пробных площадях с помощью различных лесоизмерительных приборов. Учитывая это, издавна предпринимались попытки определять запас насаждений по одному или нескольким, прямо или косвенно связанным с запасом и наиболее легко доступным для установления таксационным показателям. Стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов насаждений, разработанная под руководством проф. Н. В. Третьякова, и является одной из таких наиболее удачных попыток. Она составлена на основе имевшихся в то время таблиц хода роста путем анализа и обобщения данных о зависимости сумм площадей сечений и запасов от высоты насаждений. Из таблиц хода роста для каждой высоты выписывались соответствующие им значения сумм площадей сечений и запасов насаждений. Полученные ряды цифр после графического выравнивания были сведены в таблицу, получившую впоследствии название стандартной, по которой запас нормального полного насаждения и его сумма площадей сечений находится уже как функция только одной переменной — его высоты. Конструкция такой таблицы предельно

проста и удобна для практического пользования. Для определения запаса фактических древостоев по этой таблице достаточно знать их высоты и полноты. Последняя, так же как высота, определяется глазомерно, но эталоном для тренировки глазомера в установлении полноты насаждений являются приводимые в стандартной таблице данные о сумме площадей сечений. Следовательно, для точного определения относительной полноты фактических древостоев надо отчетливо представлять себе насаждение, принятое за этот эталон. Поэтому, как правило, перед началом полевых лесоинвентаризационных работ проводится тренировка всего таксаторского состава на пробных площадях. Полнота этих проб определяется как частное от деления суммы площадей сечений фактического древостоя на сумму площадей сечений, взятую из стандартной таблицы для соответствующей высоты.

Так как стандартная таблица составлена по данным таблиц хода роста нормальных насаждений, то принято считать, что древостои, имеющие суммы площадей сечений, равные табличным, также будут «нормальными», т. е. имеющими полноту 1,0. Очевидно, все прочие древостои будут иметь полноты, выраженные в долях единицы, быть меньше или больше ее. Следовательно, стандартная таблица сумм площадей сечений используется в данном случае в качестве нормативного измерителя, позволяющего осуществлять классификацию насаждений по относительным полнотам независимо от их возраста и класса бонитета.

Однако, отстаивая идею о необходимости унификации методов учета древесины, не следует забывать, что при разработке единых нормативных измерителей не должны игнорироваться биологические особенности древесных пород, различия в динамике их роста и закономерные связи между отдельными таксационными показателями. Если принять, что сумма площадей сечений и запас насаждения есть только функция его высоты, то это допущение хотя предельно упрощает и унифицирует процесс определения полноты и запаса, не может не сказаться отрицательно на точности выполняемых операций. Поэтому всякая классификация, будь то естественная или искусственная, должна быть дифференцирована в соответствии с встречающимися в природе различиями и требованиями к точности таксации в той мере, которая оправдывается практикой и нуждами производства. Если рассматривать стандартную таблицу сумм площадей сечений и запасов в этом плане, то обнаружится, что ее составители, стремясь к максимальной унификации и упрощению, зашли слишком далеко. Это привело к тому, что стандартная таблица оказалась несовершенной и требует уточнения.

Поэтому, отдавая должное положительным сторонам стандартной таблицы и признавая, что идея составления таких таблиц заслуживает самого серьезного внимания и поощрения, остановимся на ее недостатках и попытаемся наметить некоторые методические основы их устранения.

Внимательное рассмотрение методики составления стандартной таблицы показывает, что ее данные представляют собой усредненные значения сумм площадей сечений и запасов насаждений разной производительности. Причем эти средние значения были выведены по данным немногочисленных в то время таблиц хода роста путем построения графиков зависимости сумм площадей сечений и запасов от средней высоты насаждений. В последующем, для получения более надежных данных, вместо построения графиков был использован аналитический метод с выведением соответствующих уравнений зависимости вида:

для определения сумм площадей сечений

$$\Sigma G = aH + b$$

и для определения запаса

$$M = O(H - a)P.$$

В результате детальной проверки стандартной таблицы, произведенной А. Н. Карповым, было установлено, что суммы площадей сечений для сосны и ели, приведенные в этой таблице, не согласуются с данными таблиц хода роста. Основываясь на выявленной им зависимости сумм площадей сечений от средней высоты нормальных насаждений, А. Н. Карпов составил уточненную таблицу сумм площадей сечений и запасов насаждений. Эта таблица предусматривала определение запасов на 1 га для пяти классов формы с разницей коэффициентов формы в 0,025. Хотя таблица А. Н. Карпова и имела некоторые преимущества перед стандартной таблицей Н. В. Третьякова, повышая ее точность, но тем не менее в широкой производственной практике она признания не нашла. Причиной этого явилось то, что установление классов формы в каждом насаждении — дело довольно сложное и практически в производственных масштабах неосуществимое. Учитывая это, в 1953 г. Г. М. Козленко на основе данных А. Н. Карпова составил новую таблицу сумм площадей сечений и запасов для одной средней формы стволов, которая была принята производством и используется в настоящее время при лесоустроительных работах.

Несмотря на то, что стандартные таблицы такого типа, какие были составлены А. Н. Карповым, практического применения не находят, их продолжают составлять еще и сейчас. Так, в 1965 г. кафедрой лесной таксации и лесоустройства Воронежского лесотехнического института (В. Б. Козловский) были составлены стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов для ели и дуба европейской части СССР по трем классам формы стволов: в первый класс отнесены насаждения сильноосебжистые, во второй — среднесебжистые и в третий — наиболее полнодревесные. Средние коэффициенты формы по отдельным классам составляют соответственно по ели 0,56; 0,64 и 0,77. Хотя в этой работе, по сравнению с таблицей А. Н. Карпова, дано лишь три класса коэффициента формы, что в известной мере упрощает их определение, тем не ме-

нее излишне доказывать, что ее, по-видимому, ожидает участь своей предшественницы.

Как видно из изложенного, попытки отдельных исследователей, направленные на уточнение стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов, осуществлялись путем введения в нее дополнительного входа — классов коэффициентов формы. Естественно, что учет формы стволов и их полнодревесности повышал точность таблицы, но, вместе с тем, приводил к усложнению ее конструкции. А это снижало ценность стандартной таблицы и ограничивало возможность практического применения. В связи с этим возникает вопрос, каким требованиям должна удовлетворять стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов? Ответ может быть только один. Она должна быть по возможности точной, но простой по конструкции и удобной для пользования. Однако эти требования находятся во взаимном противоречии. Стремление повысить точность таблицы неизбежно приводит к усложнению ее конструкции, а предельно простая по форме таблица чаще всего бывает неточной. Поэтому при разработке новой стандартной таблицы оптимальным решением будет только такое, которое наилучшим образом сочетает в себе удовлетворение требования к повышению точности с требованием простоты и удобства в работе. Таким образом, весь вопрос о разработке методики составления новой стандартной таблицы сводится к отысканию этого наиболее оптимального решения.

Отмечалось, что запас любого насаждения, независимо от района его расположения, есть функция четырех аргументов: числа деревьев, среднего диаметра, средней высоты и среднего видового числа. Очевидно, что стандартная таблица, составленная с учетом всех этих аргументов, и была бы наиболее точной. Но вместе с тем она была бы очень громоздкой и вследствие этого непрактичной. Другой крайностью является и чрезмерное упрощение таблицы, когда запас насаждения считается функцией одного какого-либо аргумента, в частности высоты. В этом случае достигнутая простота решения не оправдывается точностью получаемых результатов.

Для того чтобы найти оптимальный путь решения задачи, надо попытаться установить закономерные связи величины запаса с теми из таксационных признаков, которые, будучи легко определяемые сами, могли бы быть введены в качестве дополнительных входов при составлении уточненной стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов. На фоне этих же исследований попытаемся еще более отчетливой показать и недостатки стандартной таблицы проф. Н. В. Третьякова.

Для выяснения отмеченных связей на цифровом материале обратимся к таблицам хода роста. В частности, на примере всеобщих таблиц хода роста для еловых насаждений проф. А. В. Тюрина проследим связь высоты, диаметра, видового числа и числа деревьев с соответствующими им суммами площадей сечений и запасами (табл. 1).

**Соотношение отдельных таксационных показателей
еловых насаждений (по данным всеобщих таблиц хода роста)**

Класс бонитета	Таксационные показатели					
	число деревьев, шт.	высота, м	диаметр, см	видовое число	$\Sigma G, м^2$	$M, м^3$
Ia	1523	20,5	21,0	0,513	52,7	556
I	1509	19,9	20,3	0,516	48,8	502
II	1489	19,2	19,5	0,519	44,4	443
III	1295	19,9	20,3	0,518	41,9	430
IV	1235	19,8	20,2	0,516	39,6	405

Графическое изображение выявленных связей между отдельными таксационными показателями и запасами насаждений приведено на рис. 1, 2. Анализ данных целого ряда других наиболее известных таблиц хода роста не только по ели, но и другим породам показывает, что установленные зависимости обнаруживаются в большинстве из них. Это дает основание считать, что выявленные закономерности носят всеобщий характер.

Какие же выводы можно сделать по приведенным в табл. 1 и изображенным на рис. 1 и 2 данным?

Ни высота, ни какой-либо другой таксационный показатель, взятый каждый в отдельности, не могут служить надежным и точным определителем суммы площадей сечений и запасов насажде-

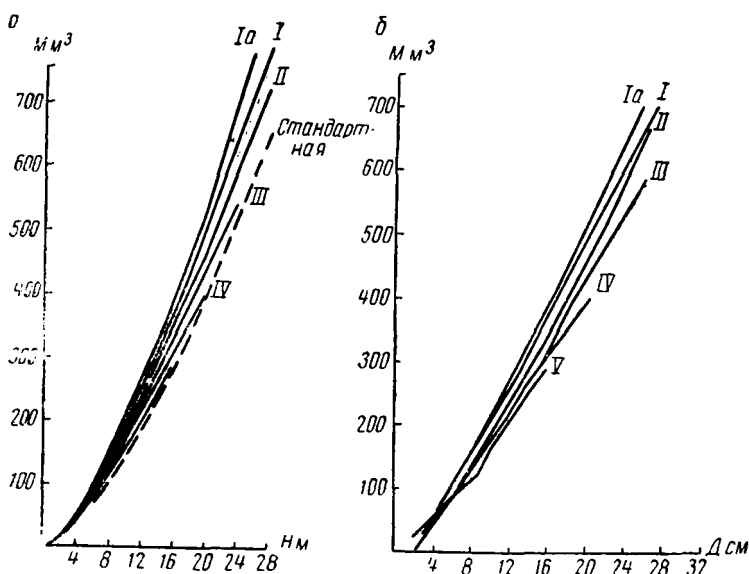


Рис. 1. Связь запаса по классам бонитета с высотой (а) и диаметром (б)

ний. Более того, даже при почти полном совпадении трех аргументов из четырех (средних высот, диаметров и видовых чисел) суммы площадей сечений, а следовательно, и запасы насаждений могут быть резко различными. Так, например, насаждения I, III и IV классов бонитета, отличающиеся друг от друга по высоте всего на 0,1 м, диаметру — 0,1 см и видовому числу — 0,002, имеют разницу в суммах площадей сечений на 18,9% и запасах —

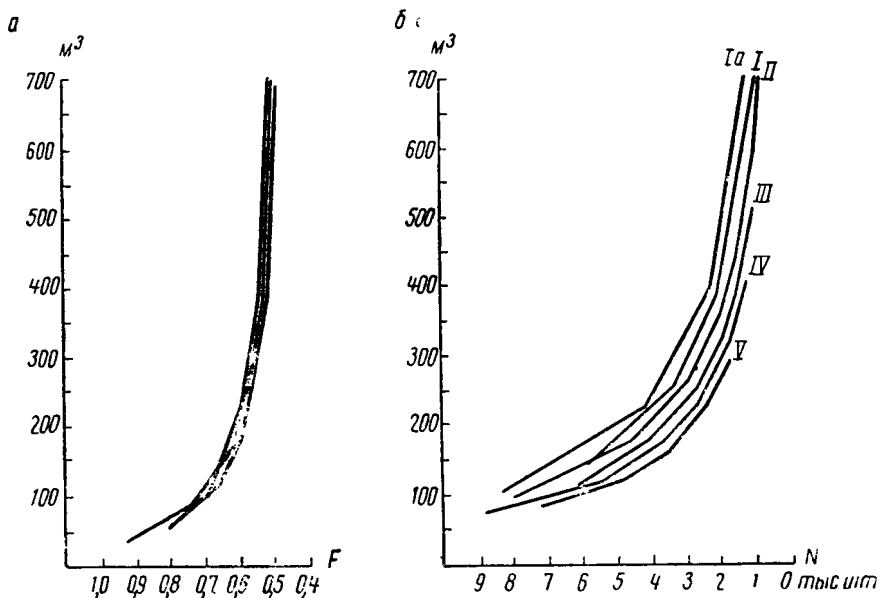


Рис. 2. Связь запаса с видовым числом (а) и числом стволов (б)

на 19,3%. Следовательно, любая таблица, предназначенная для определения полнот и запасов, не может давать точные результаты без учета всех четырех аргументов, составляющих запас.

Все другие таблицы, построенные по более простой схеме, позволяют определять сумму площадей сечений и запас только с той или иной степенью приближения к их истинным значениям.

Однако выше отмечалось, что такая сложная таблица вследствие своей громоздкости и ряда других причин не будет иметь практического значения. Кроме того, следует иметь в виду, что усложнение конструкции стандартной таблицы путем введения в нее дополнительного входа, например среднего диаметра, или даже двух входов (диаметра и видового числа) не повысит существенно точности этой таблицы, так как эти аргументы определяют только размеры и объем среднего дерева в насаждении.

Между названными таксационными показателями и объемом дерева (но не запасом насаждения) существует тесная, почти функциональная зависимость, которая достаточно хорошо может

быть передана и через высоту этого дерева. И действительно, в нормальных насаждениях деревья, имеющие одинаковые высоты, будут иметь и близко равные диаметры и видовые числа. С другой стороны, запас насаждения можно рассматривать как функцию только двух аргументов: числа деревьев и объема среднего дерева

$$M = f(N, V_{\text{ср}}).$$

Существующие стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов составлены, исходя из того предположения, что нормальные насаждения, имеющие равные объемы средних деревьев, должны иметь и одинаковое количество деревьев. Однако, как показывает проверка, это предположение является ошибочным.

Наблюдаемая в приводимых данных разница в запасах определяется разницей в суммах площадей сечений, которая в свою очередь при одних и тех же средних диаметрах определяется различным числом стволов на единице площади. Действительно, по данным табл. 1 хорошо видно, что с ухудшением условий местопроизрастания, т. е. с падением класса бонитета, закономерно уменьшается и число деревьев на единице площади. Это кажущееся на первый взгляд противоречие общепроизрастанию легко объяснимо.

Если отвлечься от размеров деревьев и рассматривать число стволов как функцию только возраста, то, действительно, с ухудшением условий местопроизрастания наблюдается увеличение числа стволов на единице площади. Но если рассматривать количество деревьев как функцию средней высоты, среднего диаметра и видового числа деревьев, слагающих это насаждение, то получится обратная картина: с увеличением средних размеров деревьев их число на единице площади с ухудшением условий местопроизрастания уменьшается. Это объясняется тем, что необходимая площадь питания одного дерева в плохих условиях несомненно больше, чем в хороших. Иными словами, в худших условиях местопроизрастания может расти и нормально развиваться меньшее число одинаковых по размерам, но разных по возрасту деревьев, чем в лучших. Следовательно, для более точного установления величины сумм площадей сечений и запасов нормальных насаждений следует помимо высоты учитывать и количество деревьев на единице площади.

Известно, однако, что процесс определения числа деревьев (N) в насаждении очень сложный и трудоемкий. Точное значение N может быть установлено только путем производства сплошного или хотя бы выборочного пересчета. Более простым способом установления N является его вычисление по формуле

$$N = \frac{\Sigma G}{g_{\text{ср}}},$$

где:

ΣG — сумма площадей сечений в насаждении, определенная измерительными методами с применением различных полнотомеров;

G_{cp} — площадь сечения среднего дерева, которая в свою очередь устанавливается глазомерно или каким-либо другим путем соответственно определенному среднему диаметру.

Но даже этот сравнительно простой, хотя и менее точный путь определения числа деревьев, в настоящее время еще редко применяется на практике. Учитывая это, в предлагаемой методике составления уточненной стандартной таблицы сделана попытка установить связь запаса с числом деревьев по косвенным признакам.

Выше отмечалось, что количество деревьев на единице площади при одинаковых средних размерах зависит от качества условий местопроизрастания. На самом деле, насаждения при одной и той же средней высоте, но различных классах бонитета имеют разное число деревьев, а следовательно, и разные суммы площадей сечений и запасы. Иначе говоря, число деревьев на единице площади является функцией условий местопроизрастания, хорошим показателем которой служит класс бонитета. С другой стороны, известно, что с изменением возраста насаждений происходит и увеличение объемов средних деревьев, которое хорошо передается через показатели роста по высоте. Однако это увеличение объемов всегда сопровождается уменьшением числа деревьев. Иными словами, число деревьев является также функцией возраста и высоты, а это не что иное, как тот же класс бонитета (рис. 3).

На рис. 3 показано изменение числа деревьев в зависимости от класса бонитета и средней высоты насаждений. График построен по данным, полученным из всеобщих таблиц хода роста для сосновых насаждений. Как и следовало ожидать, оказалось, что связь числа деревьев с классами бонитета для всех высот выражается линейным уравнением вида

$$N = a - bx,$$

где x — класс бонитета.

Способом наименьших квадратов определены параметры и установлены конкретные выражения этой зависимости для каждой высоты, которые оказались следующими:

для высоты	9 м	$y = 3623 + 1,0 x,$
»	»	10 м $y = 3285 - 22 x,$
»	»	11 м $y = 2929 - 42 x,$
»	»	12 м $y = 2656 - 60 x,$
»	»	13 м $y = 2417 - 71 x,$
»	»	14 м $y = 2197 - 86 x,$
»	»	16 м $y = 1891 - 111 x,$
»	»	18 м $y = 1624 - 124 x,$
»	»	20 м $y = 1384 - 124 x,$
»	»	22 м $y = 1215 - 126 x,$
»	»	25 м $y = 985 - 128 x.$

Коэффициент при x в этих уравнениях показывает угол наклона ($\text{tg}\alpha$), полученный прямой с осью абсцисс, и характеризует степень зависимости числа деревьев от класса бонитета для каждой высоты. Чем больше величина угла наклона, тем сильнее темпы уменьшения числа деревьев с падением класса бонитета. Анализ этих коэффициентов показывает, что их величина изменяется

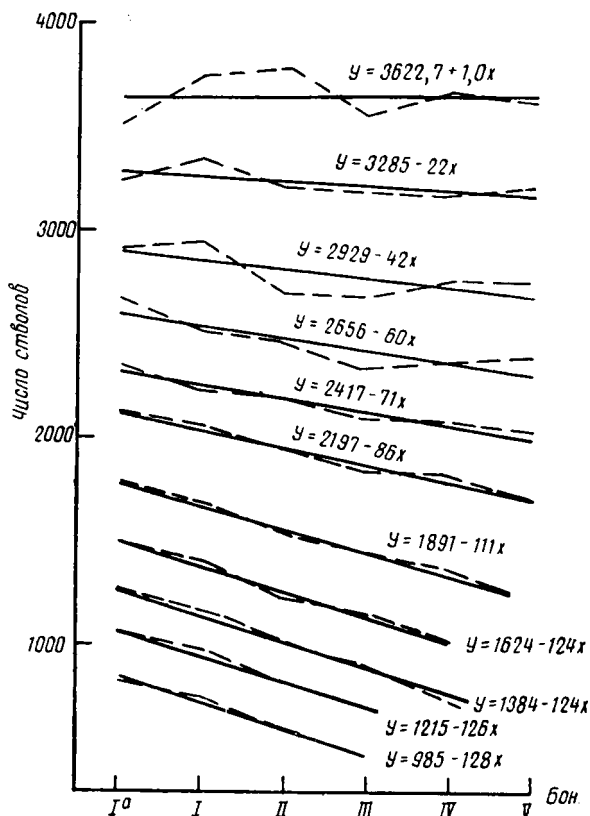


Рис. 3. Изменение числа деревьев в зависимости от класса бонитета и средней высоты насаждений

с увеличением средней высоты насаждений по сложной параболической кривой (рис. 4).

Полученные уравнения и рис. 4 показывают, что в насаждениях с равными высотами падение класса бонитета сопровождается, как правило, уменьшением числа деревьев. Исключением из этого правила являются насаждения, не достигшие высоты 8—9 м. Оказывается, что в насаждениях с малыми высотами прямые изменения числа деревьев идут параллельно оси абсцисс (коэффициент при x близок к нулю), что свидетельствует об отсутствии связи между количеством деревьев и классами бонитета.

С дальнейшим повышением средней высоты насаждений углы наклона прямых к оси абсцисс также начинают увеличиваться (коэффициент при x растет). Рис. 4 показывает, что до высоты 16—18 м наблюдается быстрый рост величины угла наклона, затем темп этого роста постепенно замедляется, а в насаждениях с высотами более 20 м уменьшение числа деревьев с падением класса бонитета происходит примерно одинаково.

Уравнения зависимости числа деревьев от класса бонитета для насаждений с высотами более 20 м отличаются только величиной коэффициента a , определяющей лишь начальное значение N . Это свидетельствует о том, что, несмотря на дальнейшее увеличение высоты (размеров деревьев), темпы изреживания насаждений с ухудшением условий местопроизрастания остаются одинаковыми. Подводя итог изложенному, можно констатировать следующее.

В нормальных насаждениях со средней высотой выше 8—9 м при равных высотах (объемах) средних деревьев между числом стволов и классом бонитета существует довольно тесная корреляционная зависимость. Теснота этой связи увеличивается по мере увеличения высоты насаждений. Таким образом, класс бонитета является тем самым комплексным показателем, характеризующим условия местопроизрастания и позволяющим косвенно судить о количестве деревьев в насаждении.

Если запас насаждения есть функция $M = f(N, V_{cp})$, то для его точного определения по стандартной таблице последняя должна быть построена с учетом обоих аргументов. Так как ни число деревьев, ни объем среднего дерева непосредственно не определяются при глазомерной таксации, то их учет производится косвенным путем. Так, введение в стандартную таблицу показателя высоты позволяет учитывать объем среднего дерева, а введение классов бонитета — число деревьев. Следовательно, чтобы повысить точность стандартной таблицы, необходимо несколько усложнить ее конструкцию. Вместо одного входа — высоты в нее будет введен дополнительный второй вход — класс бонитета. Для практического применения будет предложена всеобщая стандартная таблица следующего вида (табл. 2).

Как видно из табл. 2, она начинается только с высоты 10 м. Для определения полнот и запасов в насаждениях с меньшими

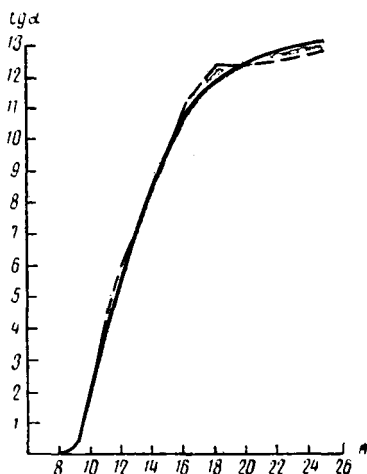


Рис. 4. Зависимость углов наклона прямых числа деревьев от высоты насаждений

Всеобщая стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов насаждений при полноте 1,0

Высота, м	Класс бонитета	Порода								другие породы
		сосна		ель		береза		дуб		
		ΣG	М	ΣG	М	ΣG	М	ΣG	М	
10	I									
	II									
	III и т. д.									
11	I									
	II									
	III и т. д.									
12	I									
	II									
	III и т. д.									

высотами, исходя из установленных закономерностей, уточненная стандартная таблица может быть построена по типу существующей, т. е. без учета классов бонитета.

Основным недостатком таблицы такой конструкции является ее некоторая громоздкость. Однако форму всеобщей стандартной таблицы можно легко изменить применительно к требованиям практики. Например, чтобы уменьшить размеры таблицы, можно сократить число классов бонитета, доведя их до минимально необходимого количества. При этом бонитеты целесообразнее всего расположить через один класс, помещая в таблицу либо только четные, либо нечетные значения, например I, III, V и т. д. Значения сумм площадей сечений и запасы насаждений промежуточных классов устанавливаются путем интерполяции.

Другой путь значительного сокращения размера таблицы и упрощения ее конструкции выявляется из анализа основного назначения стандартной таблицы и техники пользования ею. Отмечалось, что в практике лесного хозяйства и лесоустройства стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов выполняет роль своеобразного эталона для определения относительной полноты и запаса реальных древостоев. Причем при таксации по ходовым линиям, как правило, в стандартной таблице используются лишь данные о запасах. Фактические запасы реальных насаждений определяются путем редуцирования табличных значений на глазмерно установленные относительные полноты. Следует отметить, что данные о суммах площадей сечений для определения запасов непосредственно не используются. Они нужны лишь для тренировки

глазомера в определении полноты насаждений и применяются, как правило, только на пробных площадях. Поэтому без большого ущерба для дела можно разграничить эти две функции стандартной таблицы.

Составление самостоятельной таблицы сумм площадей сечений и таблицы запасов позволит в 2 раза уменьшить размеры стандартной таблицы, сделает ее конструкцию более простой и удобной для пользования. Что касается содержания и точности предлагаемой всеобщей стандартной таблицы, независимо от формы конструкции, то ее преимущества перед существующими очевидны. Подтвердим это на примере.

Допустим, что в нескольких насаждениях, таксационные показатели которых оказались одинаковыми с данными всеобщих таблиц хода роста, оценка полноты и запаса произведена по существующей и принятой ныне производством стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов (табл. 3). Данные стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов в Ia классе бонитета сильно отличаются от данных всеобщих таблиц хода роста. Величина отклонения в суммах площадей сечений достигает — 23,2%, а для всего интервала высот от 16 до 35 м — в среднем — 21,7%. Средняя величина отклонений в запасах несколько больше и составляет — 24,2%. Полноты насаждений, взятые по отношению к суммам площадей сечений стандартной таблицы, оказались всюду больше 1,0. Средняя величина превышения равна + 28,2%. Запасы насаждений, полученные путем редуцирования данных стандартной таблицы на эти относительные полноты, оказались близкими к фактическим. Небольшое преуменьшение, наблюдаемое в пределах от — 0,8% до — 4,2% (чем выше средняя высота, тем больше величина разницы), объясняется тем, что использованные при составлении стандартной таблицы усредненные видовые числа оказались несколько меньше фактических.

В V классе бонитета аналогичные сопоставления сумм площадей сечений свидетельствуют о том, что данные стандартной и всеобщей таблиц хода роста почти полностью совпадают. Средняя величина отклонения равна всего $\pm 0,9\%$. Как следствие этого обнаруживаются совпадения и в относительных полнотах и запасах.

На основании приведенного примера можно отметить следующее.

1. Существующая стандартная таблица представляет собой усредненные ряды данных, выражающих зависимость запасов и сумм площадей сечений только от высоты насаждений независимо от их производительности. В сравнении с всеобщими таблицами хода роста эти усредненные данные соответствуют уровню производительности V класса бонитета. При проверке стандартной таблицы перед началом лесоустроительных работ на это положение следует обратить серьезное внимание. Может оказаться, например, что в качестве объектов для проверки выбраны пробные площади

Сравнительная оценка полноты и запаса еловых насаждений по разным таблицам

Наименование таблицы	Класс бонитета							
	Ia				V			
	Н	ΣG	М	полно- та	Н	ΣG	М	полно- та
Всеобщие	16,0	45,1	387	1,0	6	17,5	74	1,0
Стандартные		34,7	295/384	1,3		17,5	70/70	1,0
% отклонения		-23,2	-23,6 -0,8	+30		—	-5,4	—
Всеобщие		58,1	697	1,0		25,5	152	1,0
Стандартные	24	44,9	525/682	1,3	10	25,3	145/146	1,01
% отклонения		-22,7	-24,7 -2,2	+30		-0,8	-3,9	1,0
Всеобщие		65,8	958	1,0		31,8	247	1,0
Стандартные	30	51,7	725/923	1,27	14	31,7	240/240	1,0
% отклонения		-21,4	-24,3 -3,7	+27		-0,3	-2,9	—
Всеобщие		71,7	1195	1,0		33,9	292	1,0
Стандартные	35	56,9	908/1145	1,26	16	34,7	295/289	0,98
% отклонения		-20,6	-24,0 -4,2	+26		+2,36	-1,0	-2,0

Примечание. В графе запасов (стандартная таблица) в числителе представлены табличные данные, а в знаменателе — значения запасов, полученные путем редуцирования на относительную полноту.

низких классов бонитета. Тогда результаты проверки окажутся вполне удовлетворительными, и, наоборот, если стандартная таблица сопоставляется с данными пробных площадей, заложенных в высших бонитетах, то результаты проверки могут быть и плохими. Для полного и точного суждения о степени пригодности стандартной таблицы в местных условиях надо, чтобы проверкой были охвачены насаждения всех классов бонитета с большей представленностью тех бонитетов, которые являются преобладающими.

2. Относительные полноты анализируемых насаждений IV и выше классов бонитета, установленные по отношению к данным стандартной таблицы, как правило, больше 1,0 и, наоборот, в насаждениях Va класса бонитета — меньше 1,0. И то и другое противоречит понятию «нормальной полноты» и потому не может быть признано правильным. В первом случае складывается ложное представление о перегущенности насаждений, а во втором — об их изреженности по сравнению с нормально полными древостоями. Это свидетельствует о том, что определение относительной полноты лишь по усредненным данным сумм площадей сечений является

неверным и может привести к возникновению значительных систематических ошибок. Так, в отдельных районах страны с преобладанием высокопроизводительных насаждений их средняя полнота будет, как правило, завышенной, и, наоборот, в тех районах, где преобладают насаждения низших классов бонитета, полнота может быть заниженной. Действительно, чаще всего критические высказывания в адрес стандартной таблицы раздаются в тех случаях, когда ее проверка осуществляется на этих крайних полюсах бонитировочной шкалы. Например, при таксации лесов в северных районах страны полнота насаждений, определенная по стандартной таблице, будет, как правило, меньше 1,0. Отсюда делается ложный вывод, что в этих условиях насаждений с полнотой 1,0 вообще быть не может. В буковых лесах Северного Кавказа, наоборот, полноты насаждений могут достигать 1,5—2,0 и больше, что также не отвечает действительности.

3. Если относительная полнота и величина запаса устанавливаются по данным одной и той же таблицы, то для правильного определения запаса безразлично, какая из существующих таблиц принята в качестве эталона полноты. Хотя при этом в полнотах, установленных по разным эталонам, и будет наблюдаться порою значительная разница, но на точность определения запаса это не повлияет. Следовательно, если тренировка глазомера в установлении относительной полноты производится по тем же таблицам, по которым в последующем определяется и запас, то вероятность возникновения ошибки в последнем теоретически исключается. Однако такой произвольный подход к выбору таблицы приводит к тому, что она теряет свое значение как своеобразный эталон, связанный с понятием нормальности, и лишает само понятие полноты ее лесоводственного смысла. В связи с этим возникает вопрос: что же представляет собою относительная полнота, какова ее роль и значение?

В настоящее время признается, что в теории лесной таксации понятие о полноте насаждений является наиболее запутанным и менее всего разработанным. Основываясь на этом, некоторые исследователи выдвигают даже предложение об исключении полноты из лесотаксационного обихода или замене ее каким-либо другим более простым и доступным понятием. Это предложение обосновывается тем, что относительная полнота якобы не может характеризовать состояние насаждений, так как между ней и сомкнутостью полога, густотой или другими таксационными показателями нет тесной связи. Признавая в какой-то мере справедливость подобных высказываний, нельзя все же полностью согласиться со столь категорическим утверждением.

Как бы сложны и запутаны ни были отдельные положения учения о полноте, все же в целом это понятие определяется довольно четко и приносит несомненную пользу не только как мера, облегчающая процесс вычисления запаса, но и как особый таксационный показатель, характеризующий (пусть не совсем точно)

состояние насаждения, а точнее, указывающий на плотность стояния деревьев и степень использования ими занимаемого насаждением пространства. Поэтому понятие полноты, как бы оно ни было спорным, не только не будет исключено, но постоянно будет совершенствоваться и уточняться.

Таким образом, выясняется, что значение полноты двоякое. С одной стороны, это понятие таксационное, получаемое чисто математическим путем как частное от деления суммы площадей сечений реального древостоя на сумму площадей сечений нормального насаждения, это так называемая таксационная полнота, основным назначением которой является облегчение задачи по определению запаса. Если бы принималась во внимание только эта сторона понятия полноты, то, как уже отмечалось выше, было бы совершенно безразлично, какой таблицей пользоваться в качестве эталона нормального насаждения. В этом случае стандартная таблица выполняла бы лишь роль своеобразного нормативного измерителя, позволяющего искусственно классифицировать насаждения по их полнотам.

С другой стороны, относительная полнота — понятие лесоводственно-биологическое, используемое для более полной характеристики качественного состояния насаждения, — это так называемая лесоводственная полнота, основным назначением которой является облегчение задачи по проектированию лесохозяйственных мероприятий. Лесоводственная полнота так же, как и таксационная, устанавливается путем мысленного сопоставления реального древостоя с нормально полным насаждением. Однако в качестве определителя лесоводственной полноты выступает уже не соотношение сумм площадей сечений, а сомкнутость полога и густота деревьев.

Следовательно, относительная полнота является сложным таксационным показателем, позволяющим дать как количественную (таксационная полнота), так и качественную (лесоводственная полнота) характеристику насаждения. Естественно, что определение такого комплексного показателя может быть правильным только тогда, когда взятое в качестве эталона нормальное насаждение полностью отвечает предъявляемым к нему требованиям и хорошо отображает идеальное состояние местных лесов, а исполнитель хорошо знаком с этими требованиями и отчетливо представляет себе понятие о нормальной полноте.

Проф. М. М. Орлов называет нормальным такое насаждение, которое при данной породе, возрасте и условиях местопроизрастания является наиболее высокопроизводительным. Это наиболее совершенное насаждение, в котором все силы природы использованы с максимальной полнотой. Такое же определение нормально полного насаждения предлагают проф. А. В. Тюрин и ряд других исследователей. Относительную полноту нормальных насаждений принято принимать за 1,0. Но так как в пределах каждой древесной породы и возраста нормальное состояние насаждений должно

рассматриваться в зависимости от условий местопроизрастания, то и эталон нормальной полноты должен быть дифференцирован по этим же признакам. Иначе говоря, понятие нормальной полноты неотделимо от условий местопроизрастания, и всякая стандартная таблица, предназначенная для определения полноты реальных древостоев, должна быть составлена с учетом этого требования. Предлагаемая конструкция стандартной таблицы, составленная по классам бонитета, целиком отвечает этому условию.

Анализируя связь абсолютной полноты (величины суммы площадей сечений) нормальных насаждений с классами бонитета, можно видеть, что с ухудшением условий местопроизрастания величина ΣG при одной и той же средней высоте уменьшается, а это значит, что уменьшается и величина эталона, принятого за 1,0 полноты. Такое дифференцированное по классам бонитета понимание эталона нормальной полноты позволит устранить недостатки не только существующей стандартной таблицы, но и исключить ошибочное мнение о низкополнотности северных (низкопроизводительных) и высокополнотности южных (высокопроизводительных) лесов.

Но самое главное преимущество новой конструкции стандартной таблицы заключается в том, что она позволяет разработать цельную и стройную теорию о нормальной полноте насаждений, основанной на закономерных связях между отдельными таксационными показателями.

Практическое применение предлагаемой стандартной таблицы позволит повысить точность определения не только относительной полноты, но и в значительной мере будет способствовать повышению точности таксации древесных запасов. Ведь не секрет, что в настоящее время при пользовании усредненной стандартной таблицей в лучших условиях местопроизрастания получающиеся при этом относительные полноты, большие единицы, как правило, искусственно занижаются, а это в свою очередь приводит к систематическому снижению величины запасов. Приведение эталонов полноты в соответствие с условиями местопроизрастания позволит ликвидировать и этот существенный недостаток.

Методика составления стандартной таблицы предлагаемой конструкции предельно проста. Исходным материалом будут служить отобранные после тщательной проверки и критической оценки таблицы хода роста нормальных насаждений. Все встречающиеся в этих таблицах значения высоты выписываются в порядке постепенного возрастания с интервалом в 1 м. Каждая строка высоты, начиная с 8 м, в свою очередь делится на столько строк, сколько всего классов бонитета. Предварительно бонитеты всех таблиц хода роста приводятся к одному масштабу, т. е. их бонитирование производится по единой общебонитировочной шкале.

Для каждого сочетания высоты и класса бонитета из таблиц хода роста выписываются соответствующие им суммы площадей сечений и запасы насаждений. По полученным данным строятся

отдельно графики изменения сумм площадей сечений и запасов. На первом графике по оси ординат откладываются суммы площадей сечений, на втором — запасы. На ось абсцисс в обоих случаях наносятся высоты. Такие графики строятся отдельно по каждому классу бонитета. Для каждой высоты и класса бонитета выводятся средние значения сумм площадей сечений и запасов. Полученные точки соединяются прямыми линиями, и образовавшиеся ломаные линии выравниваются в плавные кривые. С выравненных кривых для каждого значения высоты и класса бонитета отсчитываются соответствующие им суммы площадей сечений и запасы, которые затем заносятся в таблицы предложенной выше конструкции.

Параллельно с обработкой материала чисто графическим путем, в целях взаимоконтроля и получения более надежных данных, выявление связей сумм площадей сечений и запасов с высотами и классами бонитета будет произведено методом наименьших квадратов с выведением соответствующих уравнений типа:

для сумм площадей сечений

$$\Sigma G_i = aH + b$$

и для запаса насаждений

$$M_i = aH + b,$$

где i — класс бонитета.

Полученные по обобщающим уравнениям данные развертываются в таблицы. После сравнения таблиц, полученных двумя способами, составляется стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов в окончательном варианте.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ Σg И ЗАПАСОВ В ОБЪЕКТЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТ ПО УЧЕТУ ЛЕСНОГО ФОНДА СТАТИСТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

А. Н. Федосимов

Планирование и выполнение работ при статистической таксации леса измерительными методами должны проводиться с учетом изменчивости запасов или Σg (суммы площадей сечений деревьев на 1 га) насаждений в объекте. Изменчивость запасов зависит от ряда факторов и к началу работ для определенного объекта всегда бывает неизвестна. На изменчивость влияет площадь объекта и степень разнообразия лесорастительных условий в нем, возрастная структура и состав насаждений, состояние насаждений в объекте и интенсивность хозяйственного воздействия человека на лес. Кроме того, характеризуя степень неоднородности насаждений, показатель изменчивости (коэффициент вариации) в одном и том же объекте имеет различные значения в зависимости от размера учетных площадок или от применяемого метода выборочной таксации леса. В связи с этим имеющиеся в отечественной литературе сведения об изменчивости запасов при планировании таксационных работ статистическим способом не могут быть достаточны, так как относятся к отдельным участкам или массивам и получены на основе случайной выборки единиц различного размера.

В настоящее время признается эффективным сочетание типической и случайной выборок. Лесоводы ГДР разработали стратифицированный метод размещения выборочных единиц, в соответствии с которым все насаждения делятся на шесть групп (страт), и с учетом изменчивости запасов в каждой страте производится случайная выборка. Средние коэффициенты изменчивости установлены для каждой страты по круговым площадкам постоянного радиуса и колеблются от 40% в строевом однородном лесе до 90% в тонких неоднородных жердняках. Однако различия в состоянии лесов и влияющих на изменчивость факторов делают немецкие нормативы в наших условиях неприемлемыми. Использование их не привело бы к достижению запланированной точности работ по учету лесного фонда.

Таким образом, необходимо выявить изменчивость запасов или Σg в каждом конкретном объекте, где планируются работы по проведению учета лесного фонда статистическим способом.

Выявить изменчивость можно лишь на основе выборки в натуре или используя материалы предыдущего лесоустройства. Первый

вариант отпадает, ибо выполнять одну работу дважды (сначала для выявления изменчивости, а потом на основе выявленной изменчивости проводить учет лесного фонда) не имеет смысла. Остается один путь: использовать для выявления изменчивости имеющиеся лесоустроительные материалы.

Способ случайной выборки запасов из таксационных описаний по стратам ведет к занижению изменчивости, так как запасы на 1 га во всех стратах при глазомерной таксации сильно усредняются. Этот вывод сделан по результатам сравнения данных обработки выборки запасов из таксационных описаний с данными измерительной таксации в двух лесничествах (в Веригинском и Торгошинском) Загорского опытно-механизированного лесхоза. Средняя разность в коэффициентах вариации составила 15,9%, ошибка разности — 1,8%. Разность существенна, ибо коэффициент различия двух рядов равен 8,8. Средняя ошибка коэффициентов вариации, полученных на основе выборки из таксационных описаний, равна $\pm 0,7\%$. Различие остается существенным и после увеличения этих коэффициентов на свою утроенную ошибку. Способ определения изменчивости запасов путем выборки из таксационных описаний и обработки данных по стратам, следовательно, также неприемлем.

В настоящее время определение Σg легко и просто достигается непосредственными измерениями в лесу, и вопрос об изменчивости Σg в участках достаточно хорошо изучен, поэтому целесообразно сначала определить изменчивость Σg в стратах по формуле

$$V_g = \frac{\sqrt{\sigma_{ag}^2 + \sigma_{mg}^2}}{\Sigma g} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где:

σ_{ag}^2 — дисперсия средних по участкам площадью в 1 га;
 σ_{mg}^2 — средняя из дисперсий внутри погектарных участков;
 V_g — коэффициент вариации Σg в объекте по стратам.

Изменчивость Σg в таксационных участках при таксации насаждений с призмой нами установлена и характеризуется уравнением

$$V_g^1 = \frac{202,4}{\Sigma g} + 2,24 \sqrt{F} + 5,8\% . \quad (2)$$

Для участков площадью в 1 га уравнение 2 принимает вид:

$$V_g^1 = \frac{202,4}{\Sigma g} + 8,04\% . \quad (3)$$

Используя имеющиеся в лесхозах таксационные материалы для определения Σg по изложенной выше методике и применяя уравнение 3, можно легко определить значение σ_{mg}^2 :

$$\sigma_{mg}^2 = \left(\frac{V_g^1 \cdot \Sigma g}{100} \right)^2 . \quad (4)$$

Упрощенное определение σ_{ag} по размаху варьирования не приводит к желаемым результатам по точности коэффициентов вариации. Для определения σ_{ag} и изменчивости Σg в объекте необходимо проанализировать распределение насаждений по классам бонитета и полнотам. При анализе оказалось, что в вышеуказанных лесничествах распределение насаждений по полнотам в пределах класса бонитета в стратах отличается от распределения насаждений по полнотам в целом по объекту. Это отличие характеризуется среднеквадратическим отклонением, равным $\pm 11,7\%$ от площади класса бонитета в страте. Если же судить о распределении насаждений по полнотам в стратах по аналогичному распределению в объекте, то наши суждения будут сопровождаться среднеквадратической ошибкой $\pm 8,2\%$ от площади страты. Размеры приводимых отклонений указывают на то обстоятельство, что для небольших объектов (лесничество) распределение насаждений по полнотам должно учитываться в каждой страте. Для более крупных объектов (лесхоз) наблюдается тенденция к уменьшению квадратических отклонений такого рода. Подобный вывод можно сделать и при сравнении распределения насаждений по классам бонитета в стратах и объектах в целом: различие в распределении характеризуется среднеквадратическим отклонением $\pm 8,7\%$ от площади страты.

Таким образом, не составляя единой таблицы распределения насаждений по бонитетам и полнотам в стратах, можно пользоваться итоговыми данными таблиц классов возраста, взяв оттуда распределение насаждений по классам бонитета в страте (в %) и по полнотам в страте (в %). Так как эти данные являются взаимно независимыми и характеризуют насаждения в каждой страте с разных позиций, то применив правило умножения вероятностей для независимых событий, можно получить долю насаждений в страте, обладающих двумя признаками, т. е. относящихся к определенному классу бонитета и определенной полноте. Эти доли являются численностями вариант или встречаемости Σg различных значений на погектарных участках в страте.

Практически для вычисления численностей нужно процент площади каждого класса бонитета в страте умножить на процент площади каждого класса полноты. Сумма всех произведений должна быть равна 10 000. Чтобы дальнейшие вычисления не были громоздкими, нужно каждое произведение уменьшить в 10 раз, тогда сумма всех вариантов в страте будет равна 1000.

После вычисления численностей вариант определяются значения вариант (Σg на погектарных участках), соответствующие ранее установленным численностям. Для этого сначала устанавливается средний возраст пород в возрастных группах и в соответствии с ним из таблиц хода роста вычисляется $G_{норм}$ при полноте 1,0 в Ia и III классах бонитета. Затем в соответствии со средним составом насаждений в стратах устанавливается $G_{норм}$, при полноте 1,0 для смешанных насаждений путем умножения $G_{норм}$, при

полноте 1,0 в чистых насаждениях на коэффициент состава соответствующей породы и деления суммы всех произведений в страте на 10. Указанные действия достаточно сделать для Ia и III классов бонитета. При этом возраст составляющих пород принимается равным возрасту преобладающей породы. В остальных классах бонитета $G_{норм}$ при полноте 1,0 для смешанных насаждений в стратах определяется с применением знаменателя геометрической прогрессии, который равен корню кубическому из частного от деления $G_{норм}$ при полноте 1,0 в Ia классе бонитета на $G_{норм}$ при полноте 1,0 в III классе бонитета. Разделив $G_{норм}$ при полноте 1,0 в Ia классе бонитета на знаменатель прогрессии, получим $G_{норм}$ при полноте 1,0 в I классе бонитета; разделив $G_{норм}$ в I классе бонитета на знаменатель прогрессии, получим $G_{норм}$ во II классе бонитета и т. д.

Значения вариант определяются путем умножения $G_{норм}$ на полноту и вместе с ранее полученными численностями записываются в специальной рабочей таблице. В качестве примера такая таблица (см. табл. 1) приводится для средневозрастных хвойных насаждений Веригинского лесничества.

Данные табл. 1 затем группируются по классам и обрабатываются статистически: определяются среднеарифметическая в страте и среднеквадратическое отклонение. Среднеквадратическое отклонение и есть искомая $\sigma_{\sigma g}$. Подставляя среднеарифметическую Σg в страте в формулу 3 и 4, находим σ^2_{mg} , а по формуле 1 — изменчивость Σg в объекте при таксации насаждений с призмой.

В табл. 2 приводятся результаты вычислений по изменчивости Σg в стратах с использованием материалов лесоустройства, а также коэффициенты вариации, получаемые на основе данных непосредственных измерений в лесу.

Сравнение вычисленных коэффициентов вариации по формуле 1 с фактически полученными показывает, что они имеют близкие значения. Коэффициент различия данных двух рядов близок нулю. Однако в некоторых стратах (средневозрастные хвойные в

Таблица 1

Бонитет	Численности и значения вариант при разных полнотах															
	0,3		0,4		0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1,0	
	N	Σg	N	Σg	N	Σg	N	Σg	N	Σg	N	Σg	N	Σg	N	Σg
Ia	—	13,8	—	18,4	—	23,0	—	27,6	—	32,2	—	36,8	—	41,4	—	46,0
I	3	11,7	3	15,6	8	19,6	236	23,5	339	27,3	41	31,3	8	35,2	—	39,1
II	2	9,9	1	13,2	4	16,6	118	19,9	170	23,2	20	26,5	4	29,8	—	33,1
III	—	8,3	—	11,0	—	13,8	10	16,6	14	19,4	2	22,1	2	24,8	—	27,6
IV	—	6,8	—	9,1	—	11,3	—	13,6	1	15,9	2	18,2	—	20,4	—	22,7
V	—	5,6	—	7,5	—	9,4	6	11,3	9	13,2	1	15,0	—	16,9	—	18,8
Va	—	4,7	—	6,2	—	7,8	—	9,4	—	10,9	—	12,5	—	14,0	—	15,6

Таблица 2

Страты	Веригинское лесничество		Торгошинское лесничество	
	Коэффициент вариации Σg			
	по данным материалов лесоуст- ройства	по даным непосред- ственных измерений	по данным материалов лесоуст- ройства	по данным непосред- ственных измерений
Средневозрастные хвойные	21,3	37,3	31,1	26,4
Приспевающие хвойные . .	23,5	26,1	27,9	29,5
Спелые хвойные	20,9	—	24,6	21,7
Средневозрастные листвен- ные	29,7	29,2	30,7	23,6
Приспевающие лиственные	30,7	24,6	27,3	22,9
Лиственные	23,7	25,3	30,4	34,1

Веригинском лесничестве) с небольшим числом сделанных площадок разница в коэффициентах вариации достигает 16%. Данный случай не является показательным для характеристики описанной методики определения изменчивости в объекте. Здесь, ввиду малого числа наблюдений (7 площадок), полученный на основе данных измерительной таксации коэффициент вариации оказался недостоверен: отношение коэффициента вариации к своей ошибке равно 3,3. С увеличением числа наблюдений в страте различия между коэффициентами вариации снижается до 1—5% и является несущественным, так как не превышает ошибок в коэффициентах вариации, определяемых по данным непосредственных измерений Σg в лесу.

Данные измерения Σg почти во всех стратах оказались выше по сравнению с вычисленной по материалам лесоустройства. Занижение Σg при лесоустройстве ведет к увеличению коэффициентов вариации. Однако известна и другая тенденция таксаторов — приближать значения полноты насаждений к средним для данного района работ и тем самым уменьшать изменчивость Σg в объекте. При наличии этих двух тенденций, противоположных по влиянию на коэффициент вариации, результат (коэффициент вариации Σg) оказывается близким к истине, в чем мы только что убедились.

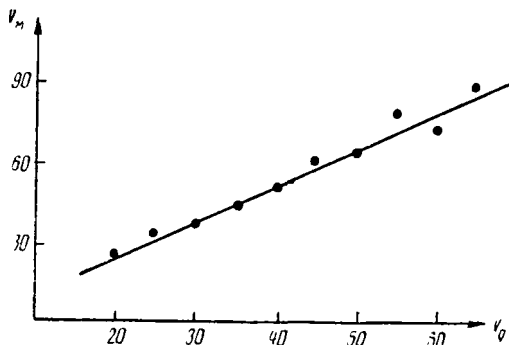
По изменчивости Σg можно определить изменчивость запасов на 1 га в объекте. По исследованиям, между изменчивостью Σg и изменчивостью запасов существует тесная связь (см. рисунок). Эта связь выявлена при анализе коэффициентов вариации Σg и запасов в различных стратах, рассчитанных по данным измерений этих показателей более чем на 1900 площадках.

Уравнение связи имеет вид:

$$V_M = 1,3V_g - 0,4, \quad (5)$$

где V_M — изменчивость запасов.

Коэффициент корреляции $r = +0,944 \pm 0,011$. Основная ошибка уравнения 5 составляет $\pm 5,2\%$.



Взаимосвязь изменчивости запасов и Σg в объектах

Таким образом, изложенный метод определения изменчивости и запасов в объекте при планировании работ по статистическому учету лесного фонда позволяет максимально использовать материалы лесоустройства, обеспечивает получение надежных показателей изменчивости по стратам в объекте и выполнение запланированной точности работ.

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ КУЛЬТУР НА ФОРМИРОВАНИЕ ГУСТОТЫ НАСАЖДЕНИЙ, ИХ РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ

С. Л. Мойров

В лесных насаждениях площадь питания каждого дерева лимитируется числом деревьев на единице площади — густотой. Для каждого возрастного этапа существует оптимальное количество деревьев, при котором обеспечивается наилучшее удовлетворение потребностей основной массы деревьев и устойчивое существование насаждения.

С хозяйственной точки зрения оптимальной густотой является такая, которая позволяет с наименьшими затратами труда и средств обеспечить получение максимально возможного количества продукции, чаще всего древесины высокого качества. Эту формулировку оптимальной густоты следует рассматривать особо по отношению к искусственно созданным насаждениям, так как последние требуют определенных прямых затрат средств и труда на свое производство.

В настоящее время вопрос о первоначальной густоте культур в основном решается с учетом двух особенностей лесокультурной площади: условий местопроизрастания, обеспечивающих приживаемость, сохранность и рост культур, и категорий лесокультурной площади, определяющих возможность применения машин и орудий при создании лесных культур и при уходе за ними. В любом случае вопрос о густоте создания культур должен решаться в пользу той первоначальной густоты, которая бы позволила с наименьшими затратами на производство лесных культур получать к возрасту рубки наиболее продуктивные для данных условий насаждения. Одним из основных факторов, определяющих возможное сокращение затрат труда, является механизация лесокультурных процессов, поэтому принимаемая густота культур должна быть увязана с технологией работы существующих машин и орудий.

Наука и практика показывают, что наименьшие затраты требуются при создании культур с редкой (широкомеждурядной) посадкой (И. А. Фадин, 1958; Н. П. Калиниченко, 1966). Однако не совсем ясно, можно ли создать продуктивное насаждение редкой посадкой и даст ли оно к возрасту рубки древесину необходимого технического качества. Имеющиеся литературные данные по этому вопросу довольно противоречивы, основаны большей частью на

исследованиях несомкнувшихся культур или молодняков до 20-летнего возраста и, что самое главное, относятся к самым разным лесорастительным зонам и районам. Нами этот вопрос был изучен на примере двух пород — ели и лиственницы — в северной лесостепи центрального района лесостепной зоны европейской части СССР (Тульская и Калужская области). Натурным обследованием были охвачены все существующие культуры лиственницы и ели старше 50 лет, всего на площади около 600 га. Насаждения для закладки пробных площадей подбирались с учетом истории их создания, современного состояния и условий местопроизрастания. Все пробные площади заложены в типе условий местопроизрастания Д₂—Д₂—3. Конкретными объектами исследования явились чистые, сомкнутые ($P=0,8-1,0$), одновозрастные (от 55 до 65 лет) насаждения лиственницы и ели, созданные рядовой посадкой на открытых площадях с разной шириной междурядий (от 1,3 до 5,0 м), не поврежденные стихийным явлением, грибными болезнями, энтомовредителями и не тронутые рубками ухода, за исключением уборки сухостоя. Таксационные показатели исследуемых насаждений устанавливались путем закладки временных пробных площадей по принятой в лесной таксации методике со срубкой модельных деревьев по способу пропорционально-ступенчатого представительства. Всего было заложено 34 пробных площади. Лесорастительные условия на пробах устанавливались путем описания почвенных разрезов по генетическим горизонтам и напочвенного покрова по видам и по степени встречаемости. Здесь же учитывалось наличие и состояние кустарниковой растительности и лесной подстилки.

При исследовании было три конкретные задачи:

1. Установить, как сказывается первоначальная густота посадки (ширина междурядий) культур ели и лиственницы на густоте формирующихся из них насаждений к возрасту спелости (возраст рубки по хвойному хозяйству последним лесостроительством для эксплуатационной части установлен с 61 года);

2. Исследовать влияние густоты насаждений на их основные таксационные показатели, установить связи между ними и найти их математические выражения;

3. Найти оптимальное решение для конкретных лесорастительных условий о первоначальной густоте культур ели и лиственницы, а также о густоте в возрасте приспевания, позволяющих в короткий срок получать наибольшее количество товарной древесины, отвечающей по своим размерам и качеству сортиментной структуре потребления древесины в исследуемом районе, и требующих наименьших затрат на свое производство.

В дальнейшем рассматриваются результаты исследований в той последовательности, в которой были поставлены задачи.

В чистых, искусственно созданных насаждениях ели и лиственницы густота к 60 годам формируется под влиянием первоначального числа посадочных мест на 1 га и характера их размещения.

В насаждениях, созданных рядовой посадкой с шириной между-рядий 1,3—2,2 м, к 60 годам густота основного полога в 1,5—2,0 раза больше, чем в насаждениях, созданных посадкой с шириной междурядий 3,5—5,0 м. Данные табл. 1 показывают, что несмотря на то, что в густых культурах шел более интенсивный естественный отпад деревьев, к 60 годам из них сформировались более густые насаждения, чем из редких культур. Дисперсионный анализ данных

Таблица 1

Густота и сохранность культур в возрасте 60 лет в зависимости от первоначальной густоты посадки

Первоначально		На год исследования	
количество посадоч-ных мест на 1 га	размещение в м	количество стволов на 1 га	% сохранности
Насаждения ели			
7700	1,3×1,0	1318	17,1
6600	1,5×1,0	1248	18,7
5000	2,0×1,0	1063	21,2
2500	4,0×1,0	694	27,8
2000	5,0×1,0	655	32,7
1250	4,0×2,0	635	50,8
Насаждения лиственницы			
10000	1,4×0,7	1218	12,2
6600	1,5×1,0	985	14,7
5000	2,0×1,0	870	17,4
3100	3,3×1,0	671	21,6

о количестве стволов на 1 га в 60-летних насаждениях на 1,0% уровне значимости подтвердил их различие по густоте в зависимости от первоначальной ширины междурядий. В то же время, поскольку густота определяет площадь питания и освещенность деревьев в насаждении, она тем самым оказывает влияние на рост деревьев в высоту и по диаметру, что в свою очередь находит отражение в форме и размерах ствола и кроны деревьев в насаждениях.

Исследуемые чистые 60-летние насаждения ели и лиственницы, созданные посадкой разной густоты, были разбиты на две условные группы: густые и редкие. Коэффициенты изменчивости по всем таксационным показателям (за исключением густоты) для насаждений в группах в основном имели значения в пределах 3—4%, поэтому группы считались внутри себя однородными. Сравнение средних статистических данных по группам (табл. 2) показало, что в одном возрасте и при одинаковой полноте редкие и густые насаждения достоверно (на 5%-ном уровне значимости) различаются между собой по всем основным таксационным показателям.

Различия по основным таксационным показателям густых и редких насаждений

84

Таксационные показатели	Насаждения лиственницы			Насаждения ели			Табличное нормированное отклонение
	средние данные для группы густых насаждений	средние данные для группы редких насаждений	фактическое нормированное отклонение	средние данные для группы густых насаждений	средние данные для группы редких насаждений	фактическое нормированное отклонение	
Количество деревьев на 1 га, шт.	985 ± 45	624 ± 31	6,60	1159 ± 40	677 ± 13	11,4	2,18
Возраст, лет	62	63	1,33	59	59	0,56	2,18
Сумма площадей поперечных сечений, м ²	42,65 ± 1,26	42,28 ± 1,13	0,21	39,83 ± 0,58	39,60 ± 0,70	0,25	2,18
Средний диаметр, см	23,86 ± 0,48	29,62 ± 0,72	6,12	21,00 ± 0,35	27,29 ± 0,40	12,10	2,18
Средняя высота, м	25,03 ± 0,23	28,88 ± 0,39	7,70	21,50 ± 0,35	25,40 ± 0,40	7,36	2,18
Видовое число	0,476 ± 0,003	0,462 ± 0,003	3,28	0,500 ± 0,002	0,484 ± 0,003	4,40	2,18
Запас стволовой древесины, м ³	508,0 ± 19,6	560,1 ± 15,3	2,20	429,0 ± 8,3	488,0 ± 12,6	3,25	2,18

При этом редкие насаждения превосходят густые по всем показателям, кроме среднего видового числа. Дальнейшие исследования показали, что эти различия обусловлены прежде всего разной густотой произрастания насаждений и что такие таксационные показатели, как высота, средний диаметр и запас на 1 га, находятся в тесной связи с густотой насаждений.

Принято считать, что наиболее надежным показателем продуктивности насаждений, отображающим качество условий местопроизрастания для определенной породы, является средняя высота насаждения, сопоставленная с возрастом — бонитетом. Вместе с тем известно, что морфологически разные почвы иногда могут давать по отношению к одной породе одинаковый лесорастительный эффект и, наоборот, в примерно одинаковых условиях местопроизрастания насаждения одной породы и в одном возрасте могут иметь разную среднюю высоту и разную продуктивность (Г. Ф. Морозов, 1912; М. М. Орлов, 1925, и др.).

Сомкнутые чистые насаждения ели и лиственницы на свежих дерново-слабоподзоленных, серых среднеподзоленных среднесуглинистых почвах и слабоподзоленных тяжелосуглинистых черноземах, подстилаемых покровными и лёссовидными суглинками в северной лесостепи, при одинаковой густоте их выращивания к возрасту 60 лет по средней высоте и запасу образуют насаждения одного класса бонитета (табл. 3).

Таблица 3

Средние высоты одновозрастных еловых насаждений разной густоты, произрастающих на морфологически разных почвах

Группы густоты	Типы почв			
	дерново-слабоподзоленная средне-суглинистая	серая лесная среднеподзоленная средне-суглинистая	слабоподзоленный чернозем, тяжелосуглинистый	слабоподзоленный чернозем, тяжелосуглинистый
Редкие	22,3±0,2	21,5±0,1	20,2±0,2	I
Густые	25,7±0,1	25,2±0,7	24,2±0,4	Ia

Однако дисперсионный анализ данных о влиянии почвенных разностей на рост в высоту показал, что еловые насаждения в пределах одного класса бонитета достоверно различаются между собой по высоте (высота их от дерново-подзолистых почв к черноземам падает). Это показывает, что бонитировочная шкала в силу своей малой дробности не всегда в состоянии уловить изменения в почвенно-грунтовых условиях, и поэтому в один класс бонитета могут попадать насаждения, произрастающие на разных почвах.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что в этих же условиях, но при изменении густоты в одновозрастных сомкнутых насаждениях ели и лиственницы соответственно от 2100 до 630 и от 1200 до 500 деревьев на 1 га образуются насаждения, различающиеся между собой по средней высоте и запасу: у ели на 3, а у

лиственницы на 2 класса бонитета (табл. 4). Влияние густоты на среднюю высоту насаждений подтверждается данными дисперсионного анализа на уровне 1%-ной значимости. Отсюда следует, что средняя высота чистого сомкнутого насаждения в определенном возрасте является отражением не только условий местопроизрастания, но и той густоты, при которой это насаждение произрастает. Влияние густоты насаждений на их среднюю высоту отмечали многие исследователи как в нашей стране, так и за рубежом

Таблица 4

Характеристика одновозрастных сомкнутых насаждений, имеющих одинаковую полноту, но разное число деревьев на 1 га

Возраст, лет	Сумма площадей сечений, м ²	Количество деревьев на 1 га, шт.	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас на 1 га, м ³	Класс бонитета
Насаждения ели						
61	42,34	2110	16,0	18,5	406	II
55	42,60	1790	17,4	19,0	421	I
58	42,60	1248	21,0	20,5	432	I
59	42,05	904	24,4	23,0	478	I
58	42,36	655	28,7	26,7	540	Ia
Насаждения лиственницы						
58	41,41	1218	22,9	24,4	485	Ia
61	42,39	945	24,0	24,8	497	Ia
60	42,86	870	25,0	25,3	517	Ia
65	41,03	670	27,9	27,8	532	Ia
63	42,05	582	30,5	30,0	577	Ib

(Филипп, 1893; А. Ф. Рудзкий, 1899; Я. С. Медведев, 1910; Г. Р. Эйтинген, 1918; П. С. Кондратьев, 1939; П. В. Воропанов, 1930, 1952; В. П. Тимофеев, 1957, 1961; С. Андерсон, 1963, и др.). Мнение почти всех исследователей по этому вопросу одинаково: с увеличением густоты в сомкнутых насаждениях высота уменьшается. Однако эта закономерность не была более детально исследована, и, самое главное, она не нашла должного отражения в теории и практике лесной таксации и лесоводства.

Наши исследования показали, что между густотой и средней высотой существует тесная обратная корреляционная связь, которая у ели выразилась коэффициентом корреляции $r = -0,910$, а у лиственницы $r = -0,895$. Корреляционные отношения соответственно равны: $\eta = 0,969$ и $\eta = 0,913$ ($t = 5,5 > 2,92$ и $t = 4,83 > 3,01$ при $P = 0,01$). Связь имеет вид гиперболы и выражается уравнениями:

$$\text{для ели} \quad H = \frac{N^*}{0,0596N - 0,1417}; \quad (1)$$

* N — число стволов на 1 га в сотнях шт.

$$\text{для лиственницы } H = \frac{N}{0,0500N - 0,0930} . \quad (2)$$

Было установлено, что при числе деревьев на 1 га в возрасте 60 лет у ели меньше 600, а у лиственницы меньше 500 влияние густоты на среднюю высоту насаждений уменьшается и постепенно исчезает совсем (несомкнутые насаждения, редины, отдельно стоящие деревья). При этом снижается сумма площадей поперечных сечений и запас насаждений. Густоту, после снижения которой уменьшается ее влияние на рост в высоту насаждений, мы назвали критической. Она будет различной для разных условий местопроизрастания, а в пределах последних для разных пород и возраста.

Проф. М. М. Орлов (1911) предлагал в случае сравнения насаждений с различным режимом хозяйства пользоваться наибольшей высотой деревьев в насаждениях как классифицирующим признаком. Этой же точки зрения придерживались Филипп (1924), Петерсон (1929), Крамер (1959) и др. Исследуемые нами насаждения ели и лиственницы отличаются друг от друга густотой, обусловленной в данном случае разной первоначальной густотой посадки, что является показателем разного режима хозяйства. Исследования показали, что максимальная высота так же, как и средняя, зависит от густоты насаждения, но несколько в меньшей степени. Между средней и максимальной высотами существует тесная линейная связь.

У ели она выразилась уравнением

$$H_{\max} = 6,91 + 0,816H; \quad (3) \quad (t_n = 136 > 4,07 \text{ при } P = 0,001); \quad (3)$$

у лиственницы

$$H_{\max} = 1,428 + 1,036H; \quad (4) \quad (t_n = 61 > 4,32 \text{ при } P = 0,001). \quad (4)$$

По исследованиям проф. А. В. Тюрина, высота самых толстых деревьев в насаждениях на 15% выше средней высоты насаждения. При этом проф. А. В. Тюрин указывал, что отклонения от этого правила имеют место только или в молодняках, где вариация высот в насаждении увеличивается, или в старых насаждениях, где изменчивость высот уменьшается. Данные наших исследований показывают, что вариация высот в насаждении зависит не только от возраста, но и от породы и густоты выращивания насаждения. В табл. 5 показано превышение максимальных высот над средними в зависимости от породы и густоты. Наши данные по этому вопросу согласуются с выводами Армасеску (1964), сделанными им для модальных еловых насаждений Румынии.

Причина изменения % превышения H_{\max} над H кроется в разном соотношении деревьев высших и низших классов роста (по Крафту) в густых и редких насаждениях, что раньше отмечалось Г. И. Церлингом (1953) и В. П. Тимофеевым (1957) для листвен-

Таблица 5

Превышение максимальных высот над средними в %
в насаждениях разной густоты

Насаждения ели			Насаждения лиственницы		
число деревьев на 1 га	средняя высота, м	% превышения H_{\max} над H	число деревьев на 1 га	средняя высота, м	% превышения H_{\max} над H
1500	20	15	—	—	—
1200	21	14	1200	24	9,6
1000	22	12	980	25	9,2
880	23	11	840	26	9,2
790	24	10	740	27	8,9
720	25	9	660	28	8,6
660	26	8	600	29	8,4
620	27	7	550	30	8,3

ницы и Ф. Н. Харитоновичем (1964) для сосны. В 60-летних редких лиственничных и еловых насаждениях деревьев I и II классов роста больше, чем в густых, соответственно на 12—18 и на 30—35%.

Из табл. 5 можно сделать вывод, что густота оказывает сильное влияние и на величину среднего диаметра насаждений. Была выявлена тесная обратная связь между густотой и средним диаметром в насаждениях ели и лиственницы и получено математическое выражение этой связи. Она имеет вид гиперболы и выражается уравнениями:

для ели

$$D = \frac{N}{0,0638N - 0,1834}; \quad (5)$$

для лиственницы

$$D = \frac{N}{0,0559N - 0,1354}. \quad (6)$$

Корреляционные отношения соответственно равны: $\eta = 0,985$ ($t = 8,5 > 2,92$ при $P = 0,00$) и $\eta = 0,962$ ($t = 5,53 > 3,01$ при $P = 0,01$). Таким образом, было установлено, что и средняя высота и средний диаметр насаждений одновременно связаны с их густотой.

Для анализа взаимосвязи между густотой, средней высотой и средним диаметром был применен метод множественной корреляции, который позволил получить математическое выражение взаимосвязи между этими тремя показателями. Для ели были получены следующие уравнения взаимосвязи:

$$D = 59,974 - 4,290N + 0,153H, \quad (7)$$

$$H = 20,579 - 0,318N + 0,237D. \quad (8)$$

Полученные уравнения взаимосвязи показывают, что H и D в сильной степени зависят от густоты и одновременно тесно взаимосвяза-

ны друг с другом. Коэффициент множественной корреляции $R=0,97$. Эта взаимосвязь достоверна для всех насаждений, имеющих густоту больше критической.

В сомкнутых чистых еловых и лиственничных насаждениях в возрасте 60 лет, в типе условий местопроизрастания D_2 , густота не имеет существенной связи с полнотой ($r=0,11-0,16$). При одинаковой полноте может быть разное число деревьев на 1 га. Это положение хорошо иллюстрируется данными табл. 2 и 4. С уменьшением числа деревьев на 1 га в сомкнутых насаждениях увеличивается площадь питания каждого дерева, что в свою очередь вызывает усиление прироста по диаметру. Текущий прирост по диаметру (в см) за последние 10 лет в 60-летних редких и густых насаждениях лиственницы соответственно был равен $3,12 \pm 0,38 > 1,68 \pm 0,14$ ($t=3,5 > 3,01$, при $P=0,01$). Насаждение за счет увеличенного прироста по диаметру все время восстанавливает полноту, нарушаемую естественным отпадом или выборкой деревьев при рубках ухода (К. Б. Лосицкий, 1948; Н. П. Георгиевский, 1957; П. В. Воропанов, 1960, и др.).

Исследования показали, что и среднее видовое число связано с густотой насаждений. Связь эта тесная, прямая и выражается у ели корреляционным отношением $\eta=0,810$, а у лиственницы $\eta=0,815$. Полученные уравнения связи имеют вид:

у ели

$$F = \frac{0,529N - 0,327}{N}, \quad (9)$$

у лиственницы

$$F = \frac{0,503N - 0,281}{N}. \quad (10)$$

Влияние густоты на видовое число незначительно. При этом коэффициент изменчивости видового числа внутри насаждений ели и лиственницы ($V_f = \pm 6,0\%$) больше коэффициента изменчивости среднего видового числа в насаждениях с разной густотой ($V_F = \pm 2,0\%$).

Для ряда сомкнутых одновозрастных еловых насаждений (17 пробных площадей), имеющих одинаковую полноту ($\Sigma g = 39,73 \pm 0,43$, $V_g = \pm 4,3\%$), при варьировании густоты от 1318 до 634 деревьев на 1 га ($V_N = \pm 26,3\%$) связь запаса со средней высотой выразилась уравнением

$$M = 16,5H + 72, \quad (11)$$

а связь запаса с густотой

$$M = \frac{16,5N}{0,0596N - 0,1417} + 72. \quad (12)$$

Анализ формул 1, 11 и 12 показывает, что с увеличением густоты в сомкнутых насаждениях уменьшается средняя высота и, как

следствие этого, уменьшается запас насаждений. Наибольший запас насаждения лиственницы и ели в возрасте 60 лет имеют при числе деревьев на 1 га соответственно 550—600 и 650—700, т. е. при той густоте, при которой насаждения имеют наибольшую высоту. Эту густоту насаждений ели и лиственницы следует считать оптимальной по запасу для данного возраста.

Различие по густоте сильно сказывается и на распределении деревьев в насаждениях по ступеням толщины. В табл. 6 представлены средние данные о распределении деревьев по ступеням толщины в группах густых и редких насаждений ели и лиственницы.

Таблица 6

Распределение деревьев по ступеням толщины в %

Группа по густоте	Ступени толщины, см										
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Насаждения ели											
Густые	3,7	23,1	37,4	26,4	7,9	1,3	0,2	—	—	—	—
Редкие	—	3,4	15,2	28,8	26,0	17,1	7,0	1,8	0,7	—	—
Насаждения лиственницы											
Густые	—	3,8	19,3	35,9	27,2	9,8	3,8	0,2	—	—	—
Редкие	—	2,3	9,0	16,5	26,7	23,7	15,7	4,8	1,2	0,3	0,1

Из табл. 6 видно, что если в густых еловых насаждениях деревья с диаметром 28 см и выше составляют 9,4%, то в редких их 52,6%. В густых насаждениях лиственницы деревьев с диаметром 32 см и выше только 13,8%, а в редких — 45,6%. Распределение деревьев по естественным ступеням толщины и в редких, и густых насаждениях одинаково и близко к данным проф. А. В. Тюрина (1945).

Различия в распределении деревьев по ступеням толщины не могли отразиться на товарной структуре насаждений, особенно на выходе крупной деловой древесины. Из табл. 7, показывающей различия в товарной структуре редких и густых насаждений, можно видеть, что редкие еловые насаждения превосходят густые по выходу крупного пиловочника на 20% и по общему пиловочнику на 13%. Несколько меньше эта разница в лиственничных насаждениях. Однако по сортности древесины редкие уступают густым насаждениям на 10—12%.

Денежная оценка 60-летних редких и густых насаждений ели и лиственницы с учетом их запасов на 1 га, сортиментной структуры и сортности получаемой древесины по прейскуранту 07—03 оптовых цен на готовую лесопroduкцию показала, что редкие еловые и лиственничные насаждения превосходят густые соответственно

Различия в товарной структуре редких и густых насаждений

Наименование сортиментов	Средние данные в % для группы густых насаждений	Средние данные в % для группы редких насаждений	Значение <i>t</i>	
			фактическое	табличное при $P=0,05$
Насаждения ели				
Деловая	87,03 ± 0,16	86,94 ± 0,07	0,5	2,18
Пиловочник	64,48 ± 1,42	77,54 ± 0,32	8,7	2,18
В том числе крупный	2,14 ± 0,59	22,30 ± 2,40	7,8	2,18
Деловая 1-го и 2-го сортов	77,01 ± 0,58	65,30 ± 0,60	12,8	2,18
Насаждения лиственницы				
Деловая	74,50 ± 0,11	73,20 ± 0,24	4,3	2,18
Пиловочник	58,80 ± 1,62	63,30 ± 0,87	2,6	2,18
В том числе крупный	5,75 ± 0,51	15,00 ± 2,21	3,5	2,18
Деловая 1-го и 2-го сортов	73,7 ± 0,33	63,60 ± 0,24	23,5	2,18

на 12 и на 7%. Наибольший выход пиловочной древесины дают насаждения ели и лиственницы с оптимальной густотой к возрасту рубки по запасу. Учитывая, что сортиментная структура ежегодного потребления древесины в исследуемом районе складывается на 75—80% из пиловочной древесины, оптимальную густоту по запасу (550—600 деревьев у лиственницы и 600—700 деревьев у ели на 1 га в 60 лет) следует считать оптимальной и по товарной структуре, так как она наилучшим образом удовлетворяет цели хозяйства. Данные исследований показывают, что такую густоту к 60 годам образуют насаждения ели и лиственницы, созданные посадкой с шириной междурядий 3—4 м и расстоянием в ряду 0,7—1,0 м. Поскольку такая первоначальная густота и размещение позволяют создавать культуры с наименьшими затратами труда и средств, обусловленных сокращением количества посадочного материала, сокращением объема работ и возможностью механизации всех работ при создании культур и проведении лесокультурных и лесохозяйственных уходов, их следует признать оптимальными для лиственницы и ели в данных условиях местопроизрастания (D_2-D_2-3) и рекомендовать для лесовосстановительных работ в северной лесостепи центрального района лесостепной зоны европейской части СССР.

НОВЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА НАСАЖДЕНИЯ

Д. Д. Любич

Вопрос о повышении производительности лесов и в связи с этим точность определения текущего прироста с каждым годом приобретают все большее значение. В настоящее время определение текущего прироста предусматривается инструкцией по устройству Государственного лесного фонда СССР (1964 г.).

Известно много способов определения текущего прироста насаждения как годовичного, так и среднегодичного из текущего периодического. В большинстве случаев эти способы основаны на предварительном определении радиального (линейного) прироста на высоте груди, за исключением способов по разнице запасов, за какой-либо промежуток времени — чаще всего в 10 лет. Однако при любом способе для определения текущего прироста насаждения необходимо иметь средние числовые значения ряда таксационных показателей, характеризующих конкретное насаждение, в количестве не менее 3—4.

К наиболее употребительным таксационным признакам относятся: запас, средний диаметр, средняя высота, среднее значение радиального прироста, прирост по видовой высоте, коэффициент, характеризующий энергию роста древостоя, и ряд других признаков и коэффициентов в сочетании, обусловленным тем или иным способом определения текущего прироста по массе. При этом часто необходимо иметь сведения о дополнительных величинах: среднем возрасте насаждения, бонитете, видовом числе или коэффициенте формы q_2 и др. Например, для учета прироста по массе по способу В. Джурджу* в таксируемом древостое по каждой породе обычным путем определяется возраст, средняя высота, бонитет и запас в коре. Кроме того, измеряются диаметры в коре и радиальные приросты (ширина 10 последних годовичных слоев) у 18—20 деревьев, взятых по принципу случайной выборки из центральных ступеней толщины. Затем по трем таблицам определяется ряд дополнительных величин: коэффициенты коры K и K_M и величина процента прироста по видовой высоте P_{Hf} .

На основании найденных величин определяется процент прироста по массе:

$$P_M = K \frac{\sum z_i}{\Sigma d} + P_{Hf};$$

* Журнал «Лесное хозяйство», 1957, № 9, стр. 27—32.

величина «годового» абсолютного текущего прироста определяется по формуле

$$z_M = M \cdot K_M \frac{P_M}{100},$$

где:

Σz_i — суммарный итог измеренного радиального прироста в см;

Σd — суммарный итог измеренных диаметров в см;

K — коэффициент коры;

M — запас в м³;

K_M — коэффициент коры.

Для определения только запаса нужно знать сумму площадей поперечного сечения деревьев насаждения $G_{1,3}$, среднюю высоту насаждения H_{cp} и среднее видовое число F_{cp}

$$M = G_{1,3} H_{cp} F_{cp}.$$

Нужно помнить, что с увеличением количества различных показателей, необходимых для определения текущего прироста любым способом, увеличивается и средняя возможная ошибка, чем и объясняются большие погрешности, достигающие $\pm 15\%$, а в отдельных случаях до 30% и более. Поэтому необходимо пользоваться методами определения прироста на основе минимального числа исходных показателей, легко определяемых в природе.

Натурные измерения диаметров, радиального прироста, запаса и др., необходимые для расчета текущего прироста отдельного насаждения существующими способами (Шнейдера-Турского, Боргревэ, В. Джурджу, М. Л. Дворецкого и др.), очень трудоемки и требуют много времени. При этом в большинстве случаев точность измерений остается невысокой ($15-25\%$). Естественно, что получить средние данные по приросту разных частей одного насаждения трудно, не говоря уже о более точных способах, сочетающих измерение растущих деревьев ($30-60$ шт. с измерением диаметров и радиального прироста) и срубленных моделей ($10-15$ шт. с измерением диаметров и радиального прироста по 2-метровым отрубкам). Но и в этом случае вероятная ошибка чаще всего лежит в пределах $12-15\%$ (способы А. И. Кондратьева, И. М. Науменко, М. Л. Дворецкого и др.) за счет неучтенного прироста отпада и промежуточного пользования.

В последнее время довольно быстро распространяются способы (в каждой стране с теми или другими изменениями) определения текущего прироста по массе по так называемой разности табличных запасов с различной корректировкой исходных данных. Эти способы позволяют определить изменение запасов за определенный промежуток времени по хозяйству в целом, для лесничества или всего лесхоза по данным лесоучастительных таблиц (способы Мейера — Лётча, Г. Гроссмана, В. В. Загрева, А. Г. Мошкалева и др.).

Несколько измененная подобная методика используется для определения текущего прироста отдельных насаждений, небольших лесных массивов, но с последующей корректировкой по данным замеров радиального прироста наиболее представленных в насаждении пород (способы Р. Курта, М. Л. Дворецкого). Эти способы количественно характеризуют изменение запасов за единицу времени, например среднегодичное изменение для последнего периода 10 лет. Однако, если для больших лесных массивов в объеме лесничества или лесхоза средняя ошибка в определении прироста по преобладающим породам не выходит за пределы 6—9%, то для отдельного насаждения она значительно выше 15—25%.

Единой методики для определения текущего прироста по массе отдельного насаждения пока еще нет. Объясняется это тем, что часто смешиваются сами понятия текущий прирост насаждения (выдела), изменение запаса лесного массива, хозяйственной секции и т. д. Кроме того, по приросту имеется много нерешенных вопросов.

В настоящее время наиболее отработанным является вопрос об определении прироста (текущего изменения запасов) крупных лесных массивов. Однако для оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий, расчета ущерба и т. д. очень часто необходимо знать текущий прирост отдельных насаждений, занимающих относительно небольшую площадь. В этом случае самую полную информацию о росте насаждения в данный момент покажет величина текущего годичного (или среднегодичного за период не более 3—5 лет) прироста по массе (прирост наличных, растущих деревьев). Это значительно отличает предлагаемый способ от существующих, где чаще всего определяется текущий периодический прирост, выражаемый среднегодичной величиной для периода в 10 лет. В эту среднегодичную величину текущего прироста уже необходимо вводить поправку на естественный отпад и промежуточное пользование. Учет же последних в конкретном насаждении за прошедшие 10 лет произвести довольно трудно.

Предлагаемый способ предусматривает непосредственное измерение в насаждении только трех величин: суммы площадей поперечного сечения деревьев на высоте груди (в коре), текущего прироста по высоте и среднего возраста насаждения:

$$z'_m = G_{1,3} \Delta h k ,$$

где:

$G_{1,3}$ — сумма площадей поперечного сечения насаждения в коре на высоте груди в m^2 ;

Δh — текущий прирост по высоте в m ;

k — поправочный коэффициент.

При этом определяется действительный текущий прирост насаждения по массе (прирост растущих деревьев).

Определение средней величины суммы площадей поперечного сечения насаждения является наиболее легким и доступным почти в любых условиях измерением.

Коэффициент варьирования суммы сечений в однородном насаждении (элемент леса) в среднем составляет 15—20%. Для однородных участков леса по площади менее 3—5 га коэффициент вариации снижается до 10—12%. Следовательно, для определения суммы площадей поперечного сечения с точностью 7—8% необходимо в разных частях насаждения произвести 4—5 измерений с помощью углового шаблона. Наиболее удобно пользоваться оптическим угловым шаблоном (призма-прицел Н. П. Анучина).

Коэффициент вариации текущего прироста по высоте составляет 30—35%. Для средних по высоте деревьев коэффициент вариации $V_{\Delta h}$ несколько ниже — примерно 23—27%, что позволяет обеспечить точность определения прироста по высоте Δh в среднем 6—7% при измерении прироста у 13—14 деревьев.

У деревьев хвойных насаждений текущий прирост по высоте можно измерить с помощью бинокля, у которого в окуляре имеется дальномерная сетка. Лучше всего измерять прирост средних по высоте деревьев, случайно взятых из разных частей насаждения. Для этого нужно предварительно определить цену деления дальномерной сетки бинокля на модельных деревьях с определенного расстояния (лучше всего 30—40 м).

Текущий прирост по высоте можно измерить и по модельным деревьям. Прирост в высоту с небольшим ущербом по точности проще определить косвенно, через бонитет и возраст насаждения. Считается, что за один-два года бонитет резко не изменяется, если этому не способствуют какие-либо изменения внешних факторов.

Бонитет обычно определяется по средней высоте и среднему возрасту насаждения. Поэтому для многих насаждений их рост по высоте (среднегодовой прирост последнего периода) можно определить по бонитету из местных таблиц хода роста или по бонитетным таблицам со средней точностью 10—12%. При этом средний возраст насаждения должен быть определен с точностью ± 5 —7 лет. Для облегчения расчетов по материалам пробных площадей, собранных за разные годы (2500 шт. модельных деревьев), составлена таблица изменения прироста по высоте в зависимости от бонитета и возраста (табл. 1).

Числовые значения таблицы в большинстве случаев хорошо согласуются с соответствующими расчетными данными из бонитетных таблиц и различных таблиц хода роста. Таблица пригодна для любых насаждений. Однако для хвойных насаждений (по бонитету и среднему возрасту) текущий прирост по высоте определяется в среднем с точностью 10—14% (уровень значимости 0,10).

Поправочный коэффициент K найден экспериментально, как отношение суммы двух полусумм площадей поперечного сечения деревьев на высоте пня (без коры) конкретного насаждения в настоящее время Σg_0^a и год назад Σg_0^b к сумме площадей попереч-

Изменение прироста по высоте в зависимости от бонитета и возраста

Возраст насаждения	Бонитет									
	Ia		I		II		III		IV	
	сем.	пор.	сем.	пор.	сем.	пор.	сем.	пор.	сем.	пор.
	Текущий прирост по высоте в м									
25	0,48	0,50	0,40	0,41	0,33	0,38	0,29	0,32	0,26	
30	0,46	0,42	0,39	0,37	0,32	0,33	0,28	0,28	0,25	
35	0,44	0,39	0,37	0,34	0,30	0,30	0,27	0,25	0,23	
40	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28	0,26	0,25	0,21	0,22	
45	0,40	0,35	0,32	0,32	0,26	0,23	0,24	0,19	0,21	
50	0,38	0,33	0,29	0,30	0,25	0,21	0,22	0,18	0,19	
55	0,35	0,25	0,26	0,25	0,23	0,20	0,21	0,16	0,18	
60	0,32	0,20	0,23	0,17	0,22	0,19	0,20	0,13	0,16	
65	0,28	0,18	0,21	0,12	0,20	0,16	0,19	0,11	0,15	
70	0,24	0,17	0,20	0,10	0,19	0,12	0,18	0,10	0,14	
75	0,22	0,16	0,19	0,10	0,18	0,11	0,16	0,08	0,13	
80	0,19	0,15	0,17	0,09	0,16	0,09	0,15	0,07	0,12	
85	0,17	0,12	0,16	0,07	0,15	0,07	0,14	0,06	0,11	
90	0,15	0,08	0,15	0,05	0,14	0,05	0,13	0,04	0,10	
95	0,14	0,04	0,14	—	0,13	—	0,12	—	0,10	
100	0,13	0,02	0,13	—	0,12	—	0,11	—	0,09	
105	0,12	—	0,11	—	0,11	—	0,10	—	0,09	
110	0,11	—	0,10	—	0,10	—	0,09	—	0,08	
115	0,10	—	0,10	—	0,09	—	0,08	—	0,07	
120	0,10	—	0,09	—	0,08	—	0,06	—	0,06	

ного сечения этого же насаждения на высоте груди в коре (в настоящее время)

$$K = \frac{\Sigma g^a + \Sigma g^b}{2G_{1,3}}$$

Варьирование коэффициента K для хвойных пород (I, II и III бонитетов) не превышает 11—12%, поэтому для приближенных расчетов текущего прироста насаждения этих пород можно пользоваться средним значением $K=1,20$. На основании анализа изменения поправочного коэффициента K установлено, что средние значения K для разных хвойных пород (сосна, ель, лиственница) одного возраста и некоторых лиственных пород (береза, дуб, осина) того же возраста отличаются между собою незначительно. Показатель различия t во всех случаях меньше трех. Следовательно, коэффициенты K , полученные для хвойных пород в зависимости от возраста, можно использовать при определении текущего прироста насаждений указанных лиственных пород в возрасте 30—80 лет (диапазон сравнения лиственных пород). Использование

значений поправочного коэффициента K для других возрастов лиственных насаждений и других пород требует дополнительной экспериментальной проверки. Зависимость коэффициента K от возраста имеет хорошо выраженный прямолинейный характер с незначительными отклонениями от общей средней регрессии по всем указанным породам в диапазоне возраста от 40 до 100 лет. В табл. 2 приведены поправочные коэффициенты K в зависимости от возраста, экспериментальные и выравненные по уравнению регрессии $K=1,13+0,00076A$, где: A — возраст насаждения (лет).

Таблица 2

Изменение коэффициента K в зависимости от возраста

Насаждения	Коэффициент K в возрасте (лет)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
По экспериментальным данным										
Хвойные	1,160	1,164	1,172	1,178	1,177	1,183	1,201	1,21	1,25	1,317
Коэффициент варьирования, %	(6,2)	(6,8)	(6,4)	(7,1)	(9,6)	(10,2)	(8,6)	(9,0)	(7,5)	(6,8)
Лиственные	1,151	1,156	1,171	1,170	1,178	1,190	—	—	—	—
Коэффициент варьирования	(7,0)	(6,4)	(6,8)	(7,6)	(8,1)	(10,4)	—	—	—	—
Выравненные										
Хвойные	—	1,160	1,168	1,177	1,183	1,191	1,198	1,206	—	—
Лиственные	—	1,160	1,168	1,177	1,183	1,191	—	—	—	—

Из табл. 2 видно, что поправочный коэффициент K с возрастом во всех случаях растет для хвойных пород от значения 1,16 (коэффициент варьирования 6—7%) в возрасте 30—40 лет до 1,32 (коэффициент варьирования 7%) в возрасте 120—130 лет; для лиственных пород — от 1,15 (коэффициент варьирования 6—7%) в возрасте 30—40 лет до 1,19 (коэффициент варьирования 10—11%) в возрасте 80—90 лет. Отметим, что в возрасте 70—80 лет коэффициент вариации значения K для хвойных пород имеет максимальную величину — 10%. Из этого следует, что для более точных расчетов текущего прироста насаждения необходимо брать среднее значение поправочного коэффициента K с учетом среднего возраста насаждений или находить его по уравнению регрессии ($K=1,13+0,00076A$).

Проверкой установлено, что точность определения текущего прироста по массе для хвойных насаждений (30—100 лет) обеспечивается со средней ошибкой 15—20% (уровень значимости ко-

нечного результата 0,10), для лиственных насаждений (40—80 лет) — 12—18%, при определении прироста по высоте по табл. 1 на основании среднего возраста, бонитета и происхождения насаждения. При этом делается только одно допущение, что среднее видовое число насаждения за последние 1—2 года остается неизменным.

Теоретическое обоснование данного способа довольно простое. Представим запас стволовой древесины насаждения, для которого нужно определить действительно прирост по массе, называемый часто полным текущим годичным приростом или текущим приростом растущих деревьев, в виде параболоида (рис. 1), что в общем довольно близко к действительности. Предположим, что за известный период (прошедший год или период не более 3—5 лет) насаждение в среднем по высоте приросло на величину Δh и в настоящее время имеет сумму площадей поперечного сечения $G_{1,3}$. Так как за данный период насаждение не изменило своей средней формы (полнодревесность или видовое число остались неизменными), то и в прошлом его запас имел ту же форму (см. рис. 1, б), средняя высота была меньше на величину прироста по высоте, а площадь основания — на величину прироста по площади основания Δg . В этом случае безразлична величина действительной средней высоты насаждения, важно знать прирост по высоте. Имеется два запаса: настоящий (см. рис. 1, а) и прошедший (см. рис. 1, б). Если условно на графике поднять запас б на величину прироста по высоте, то этим можно представить объемный прирост в зависимости от площади сечения основания фигур и прироста по высоте (рис. 2). Прирост по объему, заключенный между поверхностями а и б, при совмещении вершин двух параболоидов одинаковой формы (как бы вытесняется), будет представлен объемом древесины, находящейся между основаниями без коры, т. е. усеченным нейлоидом высотой Δh . Следовательно, если умножить Δh на $G_{1,3}$, то получится текущий годичный прирост по массе, который будет отличаться от реального на столько, на сколько $\frac{\Sigma g_0^a + \Sigma g_0^b}{2} > G_{1,3}$.

Так как в реальных насаждениях непосредственно измерить сумму площадей сечения оснований или на высоте пня (Σg_0^a и Σg_0^b) довольно трудно, то проще измерить эту сумму на высоте груди и воспользоваться поправочным коэффициентом K . Следует отметить, что значения Σg_0^a и Σg_0^b (при определении любым способом) для одного и того же насаждения обычно мало отличаются друг от друга, особенно, если разница в возрасте 1 год. Статистически разница несущественна, коэффициент различия меньше 3, особенно для насаждений старше 50 лет. Эта разница в 2—3 раза меньше средней возможной ошибки одного измерения. При исследовании существенности различия, обусловленного неравенством суммы сечения на высоте груди $G_{1,3}$ со значением $\frac{\Sigma g_0^a + \Sigma g_0^b}{2}$,

разница в большинстве случаев (70%) существенна, хотя частично компенсируется площадью коры (15—20%) в значении $G_{1,3}$. Поэтому пользоваться только значением $G_{1,3}$ без поправки K в зависимости от возраста, по-видимому, недопустимо.

В отличие от существующих способов, предлагаемый способ позволяет получить значение прироста по массе с минимальными затратами труда и времени, со средней ошибкой не более 10—15%. При измерении прироста по высоте ошибка снижается до

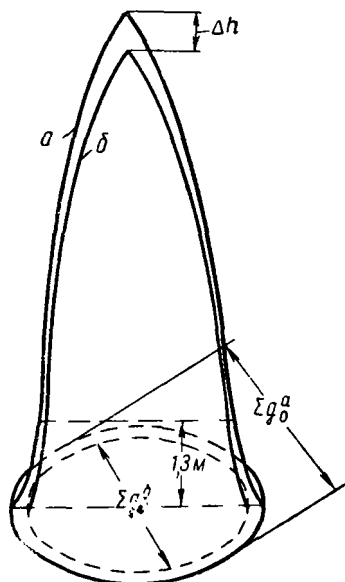


Рис. 1. Схематическое изображение запаса:

a — в настоящее время; *b* — год назад

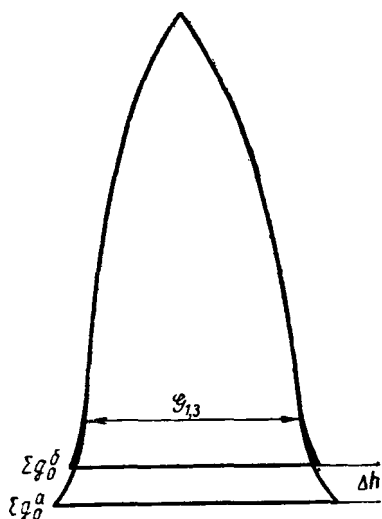


Рис. 2. Графическое объяснение связи текущего прироста по массе со значениями сумм сечений оснований деревьев и приростом по высоте насаждения

8—12% и ниже. При этом исключаются многие трудоемкие измерения непосредственно в лесу: определение среднего диаметра, средней величины радиального прироста или прироста по диаметру (на высоте груди), запаса, возраста, средней высоты и др. Например, в сосновом насаждении сумма поперечных сечений равна 34 м^2 , прирост по высоте $0,25 \text{ м}$. В этом случае при $K=1,20$ (среднее значение независимо от возраста) текущий прирост по массе будет равен

$$z_M = 34 \text{ м}^2 \cdot 0,25 \text{ м} \cdot 1,120 = 10,2 \text{ м}^3.$$

Если вместо измерения прироста в высоту определяется средний возраст насаждения (55 лет) и бонитет (I), то по табл. 1 можно найти наиболее вероятный прирост по высоте $0,26 \text{ м}$, при этом

целесообразно найти значение K в зависимости от возраста (табл. 2) — 1,170 или рассчитать его по уравнению регрессии ($K = 1,13 + 0,00076A$). Текущий прирост по массе будет равен

$$z_m = 34 \text{ м}^2 \cdot 0,26 \text{ м} \cdot 1,170 = 10,35 \text{ м}^3.$$

В смешанных насаждениях текущий прирост определяется для каждой составляющей породы и в зависимости от представленности выводится среднее.

В разновозрастных насаждениях и при приближенных расчетах текущего прироста по массе в любом случае целесообразнее брать среднее значение поправки, которая для хвойных насаждений I, II и III бонитетов составляет $1,20 + 0,015$.

По существу в предлагаемом способе требуется определение суммы сечений деревьев насаждения и прироста в высоту, произведение которых с учетом поправки, дает искомый результат. Сумму площадей поперечного сечения на высоте груди достаточно измерить любым способом (наиболее просто с помощью призмы Н. П. Анучина) в 3—4 местах насаждения для обеспечения указанной точности, а прирост по высоте как среднее из 10—12 измерений. Использование таблицы прироста по высоте в зависимости от среднего возраста насаждения и бонитета позволяет довольно просто определить прирост по массе любого насаждения как чистого, так и смешанного по составу. Затраты времени в общем снижаются в 4—5 раз. Экспериментальный, найденный в зависимости от возраста коэффициент поправки (табл. 2) для компенсации систематической ошибки, проверен в сосновых, еловых и лиственных насаждениях разного возраста и бонитета. В среднем отклонение в конечном результате не превышает 10—15%. Частичная проверка коэффициента K в березовых, осиновых и дубовых насаждениях недостаточна. Так, отклонение достигает 12—18%, что требует более широкой практической проверки. Возможно, несмотря на довольно низкий коэффициент вариации поправки K (7—11%), возникнет необходимость подразделять поправку K (не только по возрасту) и по породам. Кроме того, необходимо составить таблицу поправочного коэффициента и для других пород.

Непосредственно в лесу намного удобнее пользоваться заранее составленными номограммами при нахождении не только коэффициентов поправки, но и для определения прироста по высоте. Этим также достигается небольшое повышение средней точности.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОКРУЖЕНИЯ ЛИСТВЕННЫМИ ПОРОДАМИ

В. С. Чуенков

В настоящее время в большинстве областей центра европейской части СССР преобладают смешанные елово-лиственные и лиственно-еловые насаждения. Эти насаждения возникли после вырубки сосновых и еловых древостоев в дореволюционное время и в первые годы после революции в результате смены пород. При ведении хозяйства в таких смешанных насаждениях основное внимание должно быть уделено главной породе — ели.

В отечественной и зарубежной лесоводственной литературе существует довольно распространенное мнение, что примесь лиственных пород не только не мешает росту ели, но, наоборот, способствует ее росту и увеличивает продуктивность насаждений. Неоднократно указывалось на улучшение почвенных условий при поселении березы; широко известна лесоводственная поговорка, что осина — нянька ели. В последнее время появились работы, доказывающие существенность аллелопатических связей.

Естественно, можно предположить, что такое суммарное влияние лиственных пород, если оно существенно, должно наложить свой отпечаток на рост ели в смешанных насаждениях. Естественно также предположение, что при прочих равных условиях, но разном составе насаждений, это влияние может быть учтено и доказано с помощью современных методов, существующих в лесной таксации. Исследовать эти явления можно двумя путями: длительным наблюдением на постоянных пробных площадях или с помощью анализов хода роста стволов. При исследовании был выбран второй путь, так как материалов длительного наблюдения на постоянных пробных площадях не имеется.

В полевой период 1964—1965 гг. группа сотрудников лаборатории лесной таксации ВНИИЛМ (В. С. Чуенков, А. Ф. Гуров, В. П. Шушурина) заложила 12 постоянных пробных площадей в типе условий произрастания С₂. На пробных площадях были взяты модели на анализ хода роста ствола главной породы — ели. При отборе модельных деревьев руководствовались следующими методическими соображениями.

1. Модельные деревья должны быть взяты из деревьев I класса роста и по толщине превышать средний диаметр насаждения не менее, чем на 50%.

2. Модельные деревья должны быть взяты по схеме ель — в окружении ели, ель — в полукружении лиственных и ель — в полном окружении лиственных пород.

3. Модельные деревья должны выбираться из здоровых деревьев.

4. Возраст лиственных пород должен быть равен возрасту ели в пределах половины класса возраста лиственных пород.

Эти методические положения основаны на результатах предыдущих исследований отечественных и зарубежных таксаторов. В частности, проф. А. В. Тюрин [5] и другие исследователи [1], [3] доказали, что самые толстые и самые высокие деревья обладают наиболее стабильным ходом роста и не меняют своего ранга с возрастом. Они служат индикаторами условий произрастания и поэтому влияние окружения на них должно сказываться без примеси влияния других факторов. Таким образом, при анализе хода роста деревьев I класса роста обеспечивается основной принцип исследования — сравнение при прочих равных условиях. По тем же соображениям, чтобы исключить всякие посторонние влияния, модельные деревья выбираются из здоровых. Руководствуясь подобными методическими предпосылками, мы взяли 100 модельных деревьев на полный анализ хода роста ствола.

Известно, что изменение диаметров и высот в зависимости от возраста приближенно может быть выражено показательной функцией:

$$y = Ae^{mx},$$

где: x — возраст;

y — высота или диаметр.

Если прологарифмировать это выражение, то показательная кривая аппроксимируется в прямую:

$$\lg y = \lg A + mx \lg e.$$

С помощью прямых значительно облегчается анализ хода роста, появляется возможность применить регрессионный анализ.

Следует отметить, что приведенная выше функция только приблизительно отражает ход роста, так как имеет место излом в точке кульминации текущего прироста по высоте и по диаметру. Однако различный наклон ломаных линий позволяет сделать достоверные выводы о влиянии окружения на ход роста по высоте и диаметру.

На рис. 1 приведен график хода роста по высоте и диаметру модельных деревьев ели по различным группам окружения: ели — в окружении ели, ель — в полуокружении лиственных и ели — в полном окружении лиственных.

Из рис. 1 следует, что ход роста по высоте и диаметру у ели, произрастающей в окружении ели и полуокружении лиственных, не имеет существенных различий. В то же время различия между ростом ели по высоте и диаметру у деревьев, находящихся в полном окружении, носят существенный характер.

Для доказательства существенности различий был применен регрессионный анализ, который в настоящее время признается более совершенным, чем корреляционный [4].

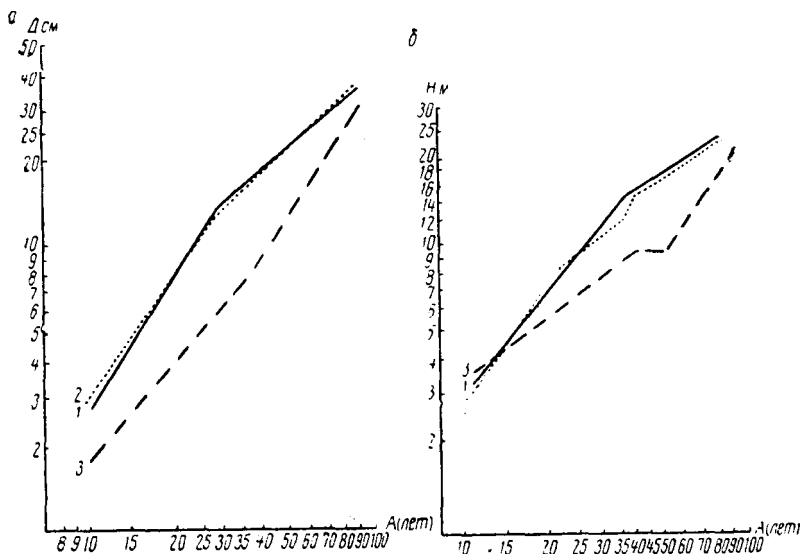


Рис. 1. Ход роста ели по высоте и диаметру в зависимости от окружения:

a — ход роста по диаметру: 1 — ель в окружении ели; 2 — ель в полуокружении лиственных; 3 — ель в полном окружении лиственных; *b* — ход роста по высоте: 1 — ель в окружении ели; 2 — ель в полуокружении лиственных; 3 — ель в полном окружении лиственных

Известно, что регрессионный анализ предполагает, что между двумя парами изменяющихся признаков существует линейная связь. Достоверности различия устанавливаются

с помощью коэффициентов регрессии

$$b = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}};$$

их ошибок

$$S_b = \sqrt{\frac{\Sigma (y - \bar{y})^2 - \frac{[\Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\Sigma (x - \bar{x})^2}}{(n - 2) \Sigma (x - \bar{x})^2}};$$

ошибки разницы

$$S_{d(b_1 - b_2)} = \sqrt{\frac{S_1^2}{\Sigma_1 (x_1 - \bar{x}_1)^2} + \frac{S_2^2}{\Sigma_2 (x_2 - \bar{x}_2)^2}}$$

и вычисления критерия

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{d(b_1 - b_2)}}.$$

Результаты вычислений показали, что существенная разница на 5-процентном уровне значимости существует только между ходом роста деревьев ели, выросших в полном окружении лиственных ($t_{\text{выч}} = 12,810$; $t_{\text{табл}} = 2,365$) и нет существенных различий в росте по высоте и диаметру у елей, растущих в полукружении лиственных пород и окружении ели.

Вторым важным вопросом является вопрос о влиянии окружения лиственных пород на форму стволов ели. В лесоводственной литературе есть указания, что в смешанных насаждениях главная порода имеет лучшую форму ствола, чем в чистых [2].

Для выяснения влияния окружения лиственных пород на форму стволов ели были вычислены числа сбега (без коры) у всех модельных деревьев, взятых на анализ, в настоящее время, 10 лет и 20 лет назад. Числа сбега определены для относительных высот 0,3H, 0,5H и 0,7H (табл. 1).

Однако говорить с уверенностью о существенном влиянии окружения лиственных пород можно только после анализа разницы в числах сбега с помощью t критерия (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что достоверная разница в относительных диаметрах и в зависимости от окружения лиственными породами наблюдается только в трех случаях из 27.

Из всего изложенного выше можно сделать следующие выводы

1. Лиственные породы, произрастающие совместно с елью, не

Таблица 1

Числа сбега по относительным высотам 0,3H; 0,5H и 0,7H в зависимости от возраста деревьев ели и степени окружения их лиственными породами

Относительные высоты	Группы окружения					
	ель в окружении ели		ель в полукружении лиственных		ель в полном окружении лиственных	
	$\eta \pm m_{\eta}$	ν	$\eta \pm m_{\eta}$	ν	$\eta \pm m_{\eta}$	ν

В настоящее время

0,3	$0,852 \pm 0,014$	2,5	$0,869 \pm 0,006$	3,8	$0,877 \pm 0,012$	5,1
0,5	$0,658 \pm 0,017$	11,7	$0,707 \pm 0,008$	6,1	$0,719 \pm 0,015$	7,5
0,7	$0,470 \pm 0,015$	14,7	$0,464 \pm 0,013$	15,1	$0,489 \pm 0,018$	13,1

10 лет назад

0,3	$0,832 \pm 0,016$	8,4	$0,859 \pm 0,012$	7,2	$0,862 \pm 0,015$	16,4
0,5	$0,683 \pm 0,016$	10,5	$0,691 \pm 0,014$	10,8	$0,686 \pm 0,027$	14,0
0,7	$0,483 \pm 0,017$	16,1	$0,464 \pm 0,014$	15,5	$0,457 \pm 0,034$	26,5

20 лет назад

0,3	$0,800 \pm 0,023$	12,5	$0,821 \pm 0,022$	14,0	$0,848 \pm 0,021$	9,1
0,5	$0,634 \pm 0,027$	19,1	$0,665 \pm 0,018$	15,7	$0,681 \pm 0,043$	22,9
0,7	$0,435 \pm 0,024$	24,6	$0,460 \pm 0,025$	29,3	$0,435 \pm 0,050$	41,6

препятствуют росту ели, когда последняя находится в их полуокружении, но и не способствуют более быстрому росту по сравнению с деревьями ели, выросшими в окружении ели.

2. С достоверностью 95 случаев из 100 можно утверждать, что, когда ель растет в полном окружении лиственных, т. е. когда в

Таблица 2

Оценка достоверности различия чисел бсега по группам окружения с помощью критерия t

Относительная высота	Группы сравнения		
	ель в ели и ель в полуокружении	ель в полуокружении и ель в полном окружении лиственных	между елью в ели и в полном окружении
Значение критерия t			
В настоящее время			
0,3	1,13	0,62	2,2+
0,5	2,72 ⁺⁺	0,63	2,77 ⁺⁺
0,7	0,32	1,14	0,82
10 лет назад			
0,3	0,90	1,00	1,37
0,5	0,36	0,16	0,17
0,7	0,86	0,19	0,68
20 лет назад			
0,3	0,68	0,93	1,32
0,5	0,97	0,35	0,94
0,7	0,72	0,45	0

Примечание. + разница достоверна в 95 случаях из 100;
++ разница достоверна в 99 случаях из 100

насаждении ель не является преобладающей породой, рост ее по высоте и диаметру существенно замедляется.

3. Распространенное в лесоводстве мнение, что в смешанных древостоях деревьев главной породы имеют лучшую форму ствола, для елово-лиственных насаждений центра европейской части СССР статистически не доказывается, так как в 90% случаев влияние примеси лиственных на форму ствола ели оказалось недостоверным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворецкий М. Л. О степени устойчивости средних деревьев древостоя с возрастом. ИВУЗ «Лесной журнал», 1966, № 5.
2. Нестеров Н. С. Очерки по лесоведению. М., Сельхозгиз, 1960.
3. Поздняков Л. К. Некоторые закономерности в изменении строения древостоев. Сообщения Ин-та леса АН СССР, вып. 5, 1955.
4. Рокицкий П. Ф. Вариационная статистика для биологов. Минск, 1961.
5. Тюрин А. В. Таксация леса. М., Гослестехиздат, 1945.

О СТРОЕНИИ ЛИСТВЕННИЧНО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ АМУРСКО-ЗЕЙСКОГО ПЛАТО

Л. В. Чистяков

Изучение закономерностей в строении насаждений является одним из важнейших вопросов, решаемых при научных исследованиях.

Одним из главных показателей строения древостоев служит распределение деревьев по толщине. Обнаруженные закономерности такого распределения в однородных насаждениях (В. Вейзе, К. Вимменауэр, Л. Фекете, А. Шиффель, А. В. Тюрин, А. И. Тарашкевич, И. А. Кищенко, Н. В. Третьяков, В. К. Захаров, М. В. Давыдов) вызвали изучение строения древостоев в различных лесорастительных и географических районах.

Многими исследователями установлено, что в разных районах закономерное распределение деревьев по толщине в однородных насаждениях сохраняется, хотя в каждом из них число стволов в ступенях различно. Положение же среднего дерева при этом, как правило, близко к величинам, установленным В. Вейзе — 57,5% и А. В. Тюриным — 57,3%.

К. К. Высоцкий [1] отмечает, что правило В. Вейзе о закономерном расположении среднего дерева в ряду деревьев применимо и к одновозрастным смешанно-сложным древостоям.

Исследования смешанных насаждений начали производить сравнительно недавно и широкого обобщающего материала о закономерностях их строения в разных географических условиях пока еще нет.

В нашей стране, особенно в зоне основной концентрации эксплуатационных запасов древесины, например на Дальнем Востоке, смешанные насаждения занимают большие площади. В связи с этим строение этих древостоев представляет особый интерес.

Выявление закономерностей в строении смешанных насаждений имеет тем большее значение, что для таких древостоев не имеется товарных таблиц и только в последнее время стали проводиться исследования их хода роста. Вообще строение лесов Дальнего Востока изучено недостаточно и не по всем лесорастительным областям этой громадной территории.

Главной древесной породой Дальнего Востока, в том числе и Амурской области, является лиственница даурская. Основные исследовательские работы здесь производились в лиственничных древостоях. Строение лиственничников Дальнего Востока изучалось

Б. П. Колесниковым (Средне-Амурская равнина или Сунгарн-Усури-Амурская котловина), Л. К. Поздняковым (Якутия), А. С. Агеенко (бассейн р. Амгунь), В. С. Чуенковым (северо-западная часть Амурской области и Якутия) и С. С. Шаниным (бассейн нижнего течения р. Амура, Хабаровский край).

В течение ряда лет нами проводилось изучение строения листовечно-березовых насаждений Амурско-Зейского плато, которые в этом лесорастительном районе являются основными. Такие насаждения состоят из лиственницы даурской (*Larix dahurica*) и березы плосколистной (*Betula platiphylla*), относящейся к разряду белых берез. Береза плосколистная, как и лиственница, способна образовывать чистые древостои.

На Амурско-Зейском плато расположены лесные буро-подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Почвы неглубокие, материнская порода начинается с 0,5—1,2 м от поверхности.

Распределение древесных пород по бонитетам характеризуется следующими данными (в %):

Ia—II бонитет: лиственница — 15,2, береза — 46,8

III бонитет: лиственница — 56,0, береза — 48,4

IV—V бонитет: лиственница — 28,8, береза — 4,8

Средний бонитет лиственницы — III, 1, березы — II, 6.

Типы леса листовечно-березовых насаждений представлены (по схеме Г. А. Трегубова [3]) лиственничниками рододендроновым, ольховым и помари, или (по фитоценоэкологической схеме С. Н. Моисеенко, рекомендуемой Амурской ЛОС [4]) лиственничниками свежим, влажным, сырым и сырым — застойным. Следует отметить, что для исследовательских таксационных работ лучше подходит последняя схема, которая охватывает более широкий диапазон условий местопроизрастания.

В процессе полевых работ по изучению строения древостоев автором было заложено 179 пробных площадей с пересчетом 44 644 деревьев. Диаметры стволов на пробах измерялись по односантиметровым ступеням толщины и, в отдельных случаях, — по двухсантиметровым грациям. Пробные площади заложены на территории Шимановского, Свободненского, Тыгдинского, Зейского и Мазановского лесхозов. Использованы также материалы 497 пробных площадей с пересчетом 112 334 деревьев за 1911, 1913, 1936, 1939, 1953, 1954, 1957—1965 гг. В качестве вспомогательного материала явились таксационные описания и планы лесонасаждений лесоустройства 1939, 1940, 1953, 1954, 1955, 1957 и 1965 г., а также лесоустроительные отчеты за 1911, 1913, 1936, 1957, 1959 и 1965 гг. Эти материалы автору были предоставлены Амурским управлением лесного хозяйства, Амурской лесной опытной станцией, Всесоюзным объединением «Леспроект», Хабаровской лесоустроительной экспедицией, Шимановским, Зейским и Тыгдинским лесхозами. Кроме того, автором были осуществлены аэровизуальный осмотр насаждений с самолета АН-2 на площади 2,5 млн. га

и наземная глазомерная таксация древостоев на площади 142,0 тыс. га.

Данные исследований и материалы использованных пробных площадей показывают, что изучаемые насаждения можно отнести к одновозрастным, амплитуда колебаний возраста в которых не выходит за пределы одного-двух классов возраста. Деревья разных диаметров, от тонких до толстых, имеют близкий к среднему возраст. Возраст же лиственницы и березы в одном и том же древостое может быть разным.

Очевидно, одновозрастность лиственничных древостоев для всей Амурской области является характерной. На одновозрастность лиственничников области указывают Е. Р. Киселев и Ю. П. Зубов [5], а также Н. М. Глазов [2].

По нашим материалам, береза тоже является одновозрастной, хотя колебания возраста отдельных деревьев у нее оказываются несколько большими, чем у лиственницы.

Следовательно, лиственницу и березу в смешанных насаждениях можно рассматривать как отдельные элементы леса.

При изучении строения насаждений было рассмотрено распределение стволов по ступеням толщины в различных типах леса. Оказалось, что при одном и том же составе распределение деревьев по ступеням толщины в разных типах леса сохраняется постоянным. Показатель существенности, вычисленный для каждого типа леса по формуле

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} \quad (1)$$

во всех случаях оказался менее 3. Таким образом, строение древостоев является одинаковым в любом типе леса, классе бонитета и положении по рельефу.

Рассмотрено также строение как чистых древостоев с составом 10Л и 10Б, так и смешанных с составом 7ЛЗБ, 5Л5Б и 7БЗЛ. Каждый вид насаждения представлен бонитетами от II до IV, полнотами от 0,3 до 0,8 и средними возрастам: лиственницы — от 80 до 160 лет, березы — от 40 до 110 лет.

Для каждого отдельного вида древостоя производилось сравнение распределения стволов по естественным ступеням толщины. В качестве критерия различия был применен критерий К. Пирсона «хи-квадрат», обозначаемый через χ^2 . Такой критерий дает возможность проверить однородность эмпирических рядов, причем не просто их средних значений, но и всего хода кривых распределения.

Для вычисления критерия «хи-квадрат» применена формула

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - n_2)^2}{n_1 + n_2}, \quad (2)$$

где:

χ^2 — критерий различия «хи-квадрат»;

n_1 — значения первого ряда;

n_2 — значения второго ряда.

Расчет χ^2 производился способом попарного сравнения всех имеющихся рядов распределения в пределах каждого указанного выше вида состава насаждения. При этом оказалось, что для различных полнот, диаметров и классов возраста нулевая гипотеза H_0 , т. е. гипотеза об отсутствии существенного различия между сравниваемыми рядами, подтверждается и отвергнута быть не может. Так, наибольшее значение χ^2 выявлено при составе 5Л5Б в древостоях со средним возрастом березы 50 лет, где оно казалось равным 11,34 при числе степеней свободы $K=7$. Табличное значение $\chi^2_{0,5}$ при 5%-ном уровне значимости равняется 14,07. Полученное значение χ^2 менее $\chi^2_{0,5}$, что подтверждает нулевую гипотезу. В остальных случаях фактическое значение χ^2 также всегда менее $\chi^2_{0,5}$ (табличное), причем различие между ними является большим, чем в приведенном выше примере. Следовательно, все эмпирические совокупности в каждом виде древостоя распределены одинаково, что позволяет объединить их в одну общую выборку.

Для всех видов состава насаждений составлены выравненные ряды распределения деревьев по естественным ступеням толщины. Каждое эмпирическое распределение сравнивалось с выравненным рядом при помощи критерия А. Н. Колмогорова «лямбда» по формуле

$$\lambda = \frac{|D|}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

где:

λ — критерий «лямбда»;

$|D|$ — максимальная абсолютная разность между накопленными частями эмпирического и выравненного распределения;

N — общая численность совокупности.

При сопоставлении полученных графиков по отдельным древостоям выяснилось, что кривые распределения стволов лиственницы для насаждений с составами 10Л и 7ЛЗБ весьма близки между собой и практически накладываются друг на друга. Применяя в качестве оценки этих рядов критерий А. Н. Колмогорова (3), установлено, что распределение по толщине стволов лиственницы при составе 7ЛЗБ совершенно несущественно отклоняется от такого же распределения для состава 10Л. Критерий $\lambda=0,24$.

Граничное значение критерия λ при 5%-ном уровне значимости равно 1,36. Как видим, различие между сравниваемыми рядами ($\lambda=0,24 < 1,36$) весьма несущественное. Данное положение позволяет составить единый ряд распределения стволов лиственницы по естественным ступеням толщины для насаждений 10Л и 7ЛЗБ.

Распределение деревьев по толщине в древостоях с составами 5Л5Б и 7БЗЛ является иным, чем в вышеназванных насаждениях. Однако и для них нужно иметь единый ряд распределения, так как очевидная различие рядов для 5Л5Б и 7БЗЛ, мы обнаруживаем, что

и в этом случае $\lambda < 1,36$, а значит и отклонение этих рядов является несущественным.)

Таким образом, распределение стволов лиственницы по естественным ступеням толщины в лиственнично-березовых насаждениях Амурско-Зейского плато выражается двумя рядами распределения. Один ряд характеризует древостои с составами 10Л—7ЛЗБ, другой 5Л5Б—7БЗЛ. Это распределение приводится в табл. 1. В этой же таблице приводятся данные В. С. Чуенкова [7], установленные им для западной части Амурской области, С. С. Шанина [9] — для Хабаровского края и А. В. Тюрина [6] — для однородных нормальных насаждений.

Сравнивая между собой приведенные ряды распределения, видим, что наши ряды резко отличаются от рядов С. С. Шанина и А. В. Тюрина и в то же время близки к данным В. С. Чуенкова. Наши ряды, как и ряды В. С. Чуенкова, носят общие черты и обладают сходными особенностями. В наших рядах заселенность естественных ступеней толщины охватывает больший диапазон, чем в рядах С. С. Шанина и А. В. Тюрина. Кроме того, наши ряды отличаются от сравниваемых и по числу деревьев в каждой естественной ступени толщины. Наибольшее варьирование числа деревьев наблюдается в крайних ступенях толщины. Между этими параметрами варьирование резко снижается.

На рис. 1 представлен график распределения числа стволов лиственницы по естественным ступеням толщины. График показывает, что в рядах распределения В. С. Чуенкова и в наших рядах рассеяние значений является большим, чем в рядах С. С. Шанина и А. В. Тюрина. В то же время кривые для Амурской области более симметричны, чем сравниваемые.

Растянutosть наших рядов свидетельствует о том, что лиственнично-березовые насаждения состоят из высокого числа разных ступеней толщины, хотя наибольшие диаметры представлены незначительным количеством деревьев.

Из графика видно, что в лиственнично-березовых древостоях Амурско-Зейского плато стволы лиственницы низших диаметров представлены значительным количеством деревьев.

Место среднего дерева по нашим данным определяется числом деревьев лиственницы с самого тонкого, равным 59% для насаждений 10Л—7ЛЗБ и 58,6% для древостоев 5Л5Б—7БЗЛ. По данным В. С. Чуенкова, для западной части Амурской области место среднего дерева соответственно определяется как 59,95% и 59,15%.

Близость рядов распределения деревьев лиственницы по естественным ступеням толщины на Амурско-Зейском плато с другими частями Амурской области, со сходными типами рельефа, свидетельствует о стабильности строения таких древостоев по толщине. В связи с этим представляется возможным распространение данных о распределении деревьев по естественным ступеням толщины на все районы Амурской области, которые носят общие черты Амурско-Зейского плато и могут быть в лесотаксационном отно-

Распределение числа деревьев лиственницы по естественным ступеням толщины в лиственнично-березовых насаждениях

Показатели	Естественные ступени толщины																	Итого	
	0,3	0,4	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	1,8	1,9		2,0
1 0Л—7ЛЗБ																			
%	0,8	2,5	4,6	7,1	9,5	11,9	14,7	15,8	11,6	8,4	5,8	3,1	1,8	1,0	0,6	0,4	0,3	0,1	100
Коэффициент вариации C	—	43,2	33,3	14,2	11,6	10,9	10,7	11,0	11,9	12,5	14,6	18,8							
Показатель точности опыта P	—	5,05	4,88	4,11	2,58	1,86	1,78	1,69	1,89	1,95	2,23	3,57							
По В. С. Чуенкову	0,8	2,6	4,6	6,8	9,7	12,8	15,4	14,5	10,8	7,8	5,3	3,6	2,0	1,3	0,9	0,6	0,3	0,2	100
По С. С. Шанину	—	—	—	4,8	11,6	15,1	18,1	17,9	13,7	7,0	3,9	3,2	2,5	1,5	0,3				100
По А. В. Тюрину	—	—	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	—	—	—	100
5Л5Б—7БЗЛ																			
%	1,2	3,3	5,7	8,2	10,2	11,6	12,4	12,0	10,4	8,1	5,9	3,8	2,7	1,8	1,2	0,7	0,5	0,3	100
Коэффициент вариации P	—	45,9	34,4	17,9	15,8	14,3	12,1	11,5	12,7	13,9	15,8	18,3	20,5	24,9					
Показатель точности C	—	5,15	4,97	4,39	3,13	2,00	1,73	1,67	1,82	1,96	2,37	3,22	3,52	4,28					
По В. С. Чуенкову	0,7	3,2	6,1	9,0	10,5	11,6	12,0	12,1	10,8	8,0	5,3	3,5	2,0	1,3	0,7	0,3	0,1	—	100

шении причислены к нему. Такими районами в области являются северная часть Зейско-Буреинской равнины, примыкающая к плато, и Верхне-Зейская котловина.

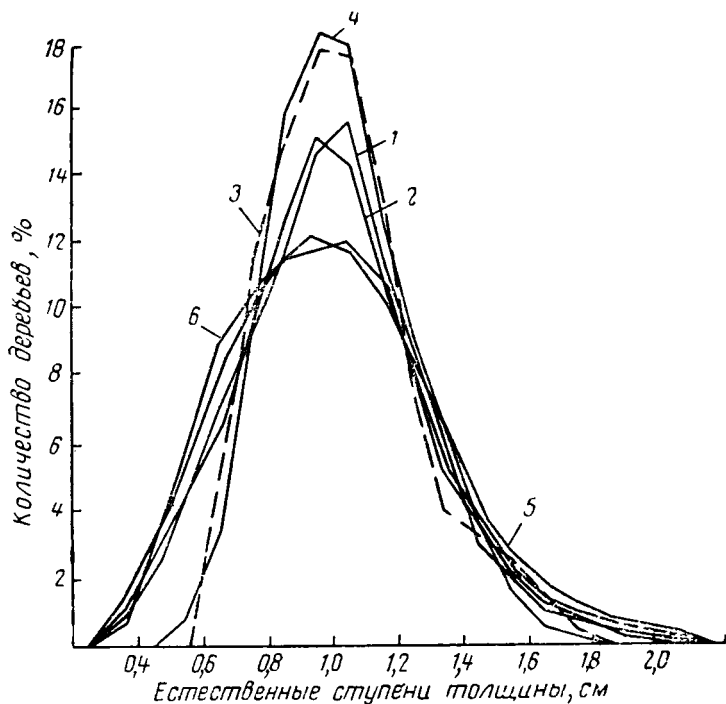


Рис. 1. Распределение числа стволов лиственницы по естественным ступеням толщины в древостоях с составами 10Л—7ЛЗБ (1 — по Чистякову, 2 — по Чуенкову, 3 — по Шанину, 4 — по Тюрину) и 5Л5Б—7БЗЛ (5 — по Чистякову, 6 — по Чуенкову)

Данные авторов о положении среднего дерева в лиственничниках разных районов дальнего Востока приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Место среднего дерева в лиственничных древостоях Дальнего Востока в % от самого тонкого

Автор	Район исследований	Место среднего дерева
Л. В. Чистяков	Амурско-Зейское плато (Амурская область)	59,0
В. С. Чуенков	Западная часть Амурской области	59,95
В. С. Чуенков [8]	Якутский лесхоз (Якутия)	58,4
С. С. Шанин	Нижнее течение реки Амур (Хабаровский край)	58,9

Распределение числа стволов березы по естественным ступеням толщины

Показатели	Естественные ступени толщины																		Итого
	0,3	0,4	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	1,8	1,9	2,0	
10Б																			
%	0,7	1,7	3,0	5,7	10,1	14,9	15,9	15,6	11,9	8,6	5,5	2,5	1,6	1,0	0,6	0,4	0,2	0,1	100
Коэффициент вариации <i>C</i>	—	42,3	39,9	20,3	15,3	12,3	11,1	10,9	13,9	14,6	17,6	19,9	—	—	—	—	—	—	—
Показатель точности опыта <i>P</i>	—	0,09	0,15	0,25	0,32	0,30	0,28	0,25	0,22	0,17	0,14	0,08	—	—	—	—	—	—	—
По А. В. Тюрину	—	—	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	—	—	—	100
5Л5Б																			
%	1,1	3,5	6,4	8,3	9,9	11,3	12,3	13,2	10,6	8,1	5,3	3,7	2,6	1,5	1,0	0,6	0,4	0,2	100
Коэффициент вариации <i>C</i>	—	40,1	35,7	19,3	14,8	11,8	11,0	10,5	12,6	13,5	14,4	18,7	21,3	—	—	—	—	—	—
Показатель точности опыта <i>P</i>	—	5,21	4,97	4,80	3,51	1,88	1,71	1,53	1,79	1,98	2,69	3,31	3,82	—	—	—	—	—	—

Данные всех исследователей о месте среднего дерева в лиственничниках близки между собой и практически одинаковы. Это обстоятельство позволяет судить о типичности положения среднего дерева в сравнительно одновозрастных древостоях лиственницы даурской Дальнего Востока.

В табл. 3 приводится распределение стволов березы по естественным ступеням толщины в лиственнично-березовых древостоях. Как и для лиственницы, распределение деревьев березы по толщине выражается двумя рядами.

Количество естественных ступеней как в чистом, так и в смешанном насаждении оказывается больше, чем в ряду распределения для нормальных однородных насаждений по А. В. Тюрину.

Наибольшее варьирование числа стволов березы, как и у лиственницы, наблюдается в крайних ступенях толщины. В смешанном насаждении при составе 5Л5Б количество деревьев в естественных ступенях толщины оказывается меньшим, чем в чистом березовом древостое. На рис. 2 представлен график распределения числа стволов березы в процентах по естественным ступеням толщины.

Как видно из графика, рассеяние значений обоих рядов оказывается большим, чем при нормальном распределении, что соответствует рядам распределения и для лиственницы. В целом распре-

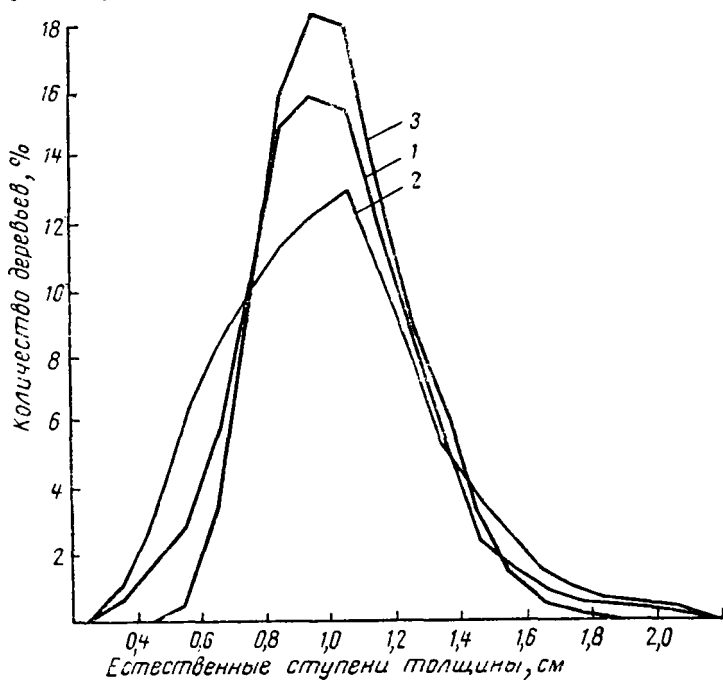


Рис. 2. Распределение числа стволов березы по естественным ступеням толщины в древостоях с составами:

1 — 10Б; 2 — 5Л5Б; 3 — по Тюрину

ление березы по естественным ступеням толщины носит общий характер с таким же распределением стволов лиственницы.

Место среднего дерева определяется числом деревьев березы от самого тонкого, равным 59,8% для насаждений с составом 10Б и 59,2% для древостоев 5Л5Б.

Таковы закономерности распределения числа стволов лиственницы и березы по естественным ступеням толщины в разных видах древостоев Амурско-Зейского плато, которые могут быть использованы в научных и производственных целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий К. К. Закономерности строения смешанных древостоев. М., Гослесбумиздат, 1962.
2. Глазов Н. М. Варьирование средних диаметров насаждений в крупных лесных массивах. «Лесное хозяйство», 1965, № 9.
3. Ефимов Н. В. Справочник таксатора. Хабаровск, 1955.
4. Зубов Ю. П. Методические указания по изучению естественного возобновления леса в условиях Амурской области. Свободный, Амурская лесная опытная станция, 1959.
5. Киселев Е. Р., Зубов Ю. П. Леса Амурской области. «Лесное хозяйство», 1964, № 3.
6. Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений (сосны, березы, осины и ели). М.—Л., Сельхозгиз, 1930.
7. Чуенков В. С. Строение и товарная структура лиственничников Амурской области. Автореферат кандидатской диссертации, 1961.
8. Чуенков В. С. Об особенностях роста и строения лиственничников Якутского лесхоза. «Лесное хозяйство», 1957, № 12.
9. Шанин С. С. Строение сосновых и лиственничных древостоев Сибири. М., «Лесная промышленность», 1965.

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ХОДА РОСТА СМЕШАННЫХ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. Поляков

Большое количество таблиц хода роста, составленных к настоящему времени по разным методам и с различной степенью точности, отображают динамику роста чистых, одноярусных, разновозрастных и полных насаждений. Но в природе преобладают смешанные по составу, сложные и модальные, т. е. среднеполнотные насаждения. Специфические трудности, связанные с разнообразием типов, форм и степеней смешения различных пород, отсутствие достаточно разработанной методики составления таблиц, трудности по установлению научно-обоснованных эталонов для различных категорий насаждений, необходимость большого количества стационарных многолетних наблюдений и ряд других факторов являются причиной очень небольшого числа исследований по ходу роста смешанных, сложных, модальных и разновозрастных насаждений.

Между тем познание природы смешанного по составу и сложного по форме леса, познание взаимоотношений древесных пород в процессе их совместного произрастания, установление особенностей, а затем и закономерностей в росте и развитии такого рода насаждений, разработка наиболее рациональных типов смешения пород в культурах, таксационно-лесоводственная характеристика явлений смены пород, составление доброкачественных таблиц хода роста и динамики сортиментной структуры — все это чрезвычайно важно для лесной науки и практики.

В настоящей статье приводятся результаты исследования хода роста наиболее распространенных во Владимирской области сосново-березовых насаждений высшей производительности.

Несмотря на широкое распространение этой биологически устойчивой растительной ассоциации, сосново-березовые насаждения в области совершенно не изучены. Применяемые же при таксационных, лесоустроительных и других работах таблицы хода роста, составленные для чистых насаждений, при оценке смешанных лесов дают искажающие результаты, что значительно понижает точность учета и часто дезориентирует лесных специалистов. Поэтому вполне понятен большой интерес, проявляемый учеными и практиками к изучению смешанных насаждений. В частности, рост и строение сосново-березовых насаждений изучали в послед-

нее время А. И. Котов [4] для условий Брянской области, В. С. Мирошников — в БССР [5], В. Н. Валяев и Н. И. Рябинин — в Южной Карелии [2], О. А. Неволин — в Архангельской области [6] и др.

Не останавливаясь подробно на каждой из этих работ, отметим, что большинство указанных авторов при сборе и обработке собранных материалов использовало метод ЦНИИЛХ [3, 10].

При исследованиях хода роста смешанных насаждений нами был применен комбинированный метод, сочетающий в себе способ ЦНИИЛХ и способ указательных насаждений. Как отмечает акад. Н. П. Анучин [1], комбинированный метод является наиболее надежным способом составления таблиц хода роста, за исключением, разумеется, способа стационарных многолетних наблюдений на постоянных пробных площадях.

Несмотря на известную трудоемкость, комбинированный метод имеет ряд важных преимуществ. Так, он требует двойного контроля при подборе насаждений одного естественного ряда развития, что дает твердую уверенность в отборе однородного полевого материала. Кроме того, при этом методе рассматриваются в неразрывной связи два важнейших показателя — тип леса и класс бонитета. Принадлежность насаждений к одному естественному ряду, в данном случае к одному типу леса, проверяется с помощью построения графиков прямых линий.

При построении этих графиков, на которые наносятся данные для насаждений, прошедших так называемый период большого роста, на оси абсцисс откладываются средние возрасты (первый и второй графики) и средние высоты насаждений, а по оси ординат — соответственно произведения средних высот, средних диаметров на возрасты и коэффициентов формы q_2 на высоты. Данные насаждений, относящихся к одному типу леса, должны располагаться на одной прямой линии с допустимыми отклонениями по высоте не более чем на $\pm 10\%$, по диаметру $\pm 15\%$ и по коэффициенту формы $q_2 \pm 6\%$ [3].

Проверка показала, что указанные пределы отклонений по высоте и диаметру являются слишком завышенными. Заложенные нами пробные площади укладывались в пределы одного естественного ряда при отклонениях по высоте в $\pm 5\%$ и по диаметру в $\pm 10\%$.

При аналитическом способе требуется производство анализов стволов наиболее высоких и толстых деревьев насаждений разных возрастов. Если эти деревья, взятые из разных насаждений, имеют в определенные периоды (чаще всего по десятилетиям) близкие высоты, то такие насаждения относятся к одному естественному ряду развития.

Для установления площадей сосново-березовых насаждений и особенностей распределения их по составу, возрасту и полноте в пределах данного класса бонитета составлены ведомости соответствующей формы, куда были занесены площади участков указанных насаждений из таксационных описаний последнего лесоустрой-

ства. Выборка производилась по лесничествам, а затем обобщалась для всего лесхоза или леспромхоза. Так, по Гусевскому леспромхозу, где проводились исследования, отмечено 2330 участков сосново-березовых насаждений I бонитета общей площадью 12571,7 га и 5235 участков II бонитета общей площадью 26234,4 га. В Курловском леспромхозе, где также заложены пробные площади, отмечено 1017 участков I бонитета общей площадью 4421,2 га и 3890 участков II бонитета общей площадью 15799 га. В пределах ведомости каждого десятилетия устанавливались средние составы и средние полноты, приведенные в целом по леспромхозам.

Анализ показывает, что с возрастом происходит постепенное увеличение доли участия сосны в общем составе, причем это увеличение на протяжении 100 лет составляет 1,2; 1,3; 1,5 и только в Курловском леспромхозе для I бонитета — 2,1 общего состава. Такая же тенденция с небольшими колебаниями отмечена и для выборок по отдельным лесничествам. Эти показатели состава в разные периоды жизни сосново-березовых насаждений учитывались нами при закладке пробных площадей. Медленное изменение состава сосново-березовых насаждений с возрастом подтверждается длительными стационарными наблюдениями на постоянных пробных площадях, заложенных в лесной даче ТСХА [7, 9].

В полевой период 1965 г. было заложено 30 пробных площадей, из которых 20 проб в насаждениях I бонитета, 6 проб в насаждениях II бонитета и 4 пробы в насаждениях Ia класс бонитета. Пробные площади заложены в ряде лесничеств Гусевского и Курловского леспромхозов. В среднем на каждой пробе срублено и обмерено 25 модельных деревьев сосны и березы, причем модельные деревья подбирались по способу ступенчатого представления (в среднем по две модели на ступень). Кроме того, для производства полного анализа ствола из числа наиболее высоких и толстых деревьев срубалось по 4 дерева от каждой породы. Таким образом, в целом по всем пробным площадям срублено и обмерено 992 модельных дерева. На модельных деревьях непосредственно в лесу проводилась разметка на сортименты, чаще всего выкраиваемые из стволов сосны и березы в данных леспромхозах. На каждой пробе производилось подробное описание подроста, подлеска, почвенного покрова и рельефа. В насаждениях до 20 лет перечет деревьев производился по 0,5-сантиметровым ступеням, в возрасте 20—50 лет — через 2 см, а в насаждениях старше 50 лет — через 4 см. При перечетах деревья распределялись на 2 части: 1) деревья, образующие основную или оставляемую часть и относящиеся к первым трем классам развития (по Крафту); 2) деревья IV и V классов развития, составляющие отпад или вырубаемую часть насаждения.

В молодняках на пробных площадях насчитывалось не менее 400 деревьев преобладающей породы, т. е. сосны, в средневозрастных не менее 300 и в остальных не менее 200 деревьев сосны.

Обмер моделей производился в молодняках по однометровым, а в остальных насаждениях по 2-метровым отрезкам. На каждой пробной площади делались 2-метровые почвенные разрезы, по которым давалась характеристика почвы участка.

В табл. 1 описание одного из почвенных разрезов, взятого в Гусевском лесничестве Гусевского леспромхоза (кв. 78, литер 1).

Таблица 1

Горизонт, мощность, см	Описание разреза
A ₀ 0—7	Лесная подстилка из двух слоев. Первый — неразложившееся мох, хвоя, листья, толщиной 4 см; второй — полуразложившийся, черного цвета
A ₁ 7—22	Серый связной песок, рыхлый. Корни, дендриты. Подтеки гумуса черного цвета. Переход постепенный
A ₂ 22—35	Белесый песок, рыхлый, местами плитчатый. Корни, дендриты. Переход постепенный
B ₁ 35—67	Светло-бурый песок, плотноватый, неясно глыбистый. Корни, дендриты. Полуторные окислы железа. Переход постепенный
B ₂ 67—95	Бурый песок, плотноватый, неясно глыбистый. Корней мало. Переход ясный
B ₃ 95—120	Светло-серый песок, сырой, бесструктурный. Переход ясный
B ₄ 120—190	Белесоватый песок, плотноватый, пятна глея, бесструктурный. Переход ясный
C 190—200	Темно-желтый тяжелый суглинок, опесчанен, оглеен до 75%

Примечание. Почва дерново-среднеподзолистая, песчаная на флювиогляциальных песках. Подстиляющая порода — древнеаллювиальные пески.

Кроме обстоятельного морфологического описания почвы для 20 пробных площадей по данным 115 образцов, взятых из разных горизонтов почвенных разрезов, в лабораторных условиях сделан полный механический анализ, а также анализы на определение суммы поглощенных оснований, подвижного фосфора и калия, солевой вытяжки рН, гумуса и гидролитической кислотности.

В полевых условиях сделана проверка принадлежности насаждений к одному естественному ряду с помощью графиков прямых линий (по высоте, диаметру и коэффициенту формы q_2) и с помощью анализов ствола. Двойная проверка позволила обоснованно установить место каждой пробной площади и вместе с тем показала, что графики прямых линий можно применять для насаждений только с возраста 40 лет и выше.

Динамика средних высот и диаметров с возрастом, а также коэффициентов формы q_2 с высотой характеризуется следующими частными уравнениями:

по сосне

$$H = 34,91 - \frac{714,30}{A};$$

$$D = 46,17 - \frac{1247,48}{A};$$

$$q_2 = 0,54 + \frac{2,86}{H};$$

по березе

$$H = 31,69 - \frac{558,22}{A};$$

$$D = 32,19 - \frac{801,93}{A};$$

$$q_2 = 0,56 + \frac{2,33}{H}.$$

В насаждениях до 40 лет значения таксационных показателей определялись с помощью графиков кривых, а проверка для насаждений всех возрастов сделана по анализам модельных деревьев, взятых для каждой породы. Ниже приводится таблица, в которой приведены обобщенные по пробам I бонитета результаты анализов 160 деревьев сосны и березы, растущих в смешанных насаждениях.

Высоты наибольших деревьев сосны и березы всех 20 пробных площадей имеют близкие высоты по десятилетиям и характеризуются своими средними значениями. Эти средние значения у каждой породы имеют свои особенности. В первые 40 лет наиболь-

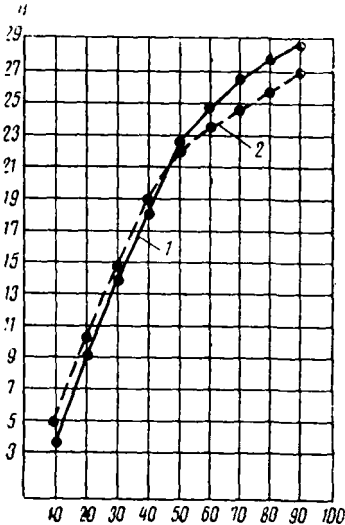


Рис. 1. Ход роста по высоте наибольших деревьев сосны и березы в смешанных сосново-березовых насаждениях (I бонитет):

1 — сосна; 2 — береза

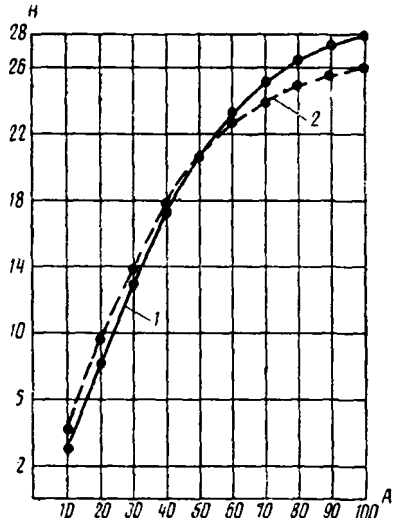


Рис. 2. Ход роста по высоте сосны и березы при совместном произрастании (I бонитет):

1 — сосна; 2 — береза

шие стволы березы имеют более интенсивный рост в высоту, чем наибольшие стволы сосны, причем уже в 40 лет разница в пользу березы составляет 0,5 м. После 40 лет деревья сосны обгоняют в росте по высоте деревья березы с неуклонным увеличением разницы в пользу сосны, достигающей 2 м в 80—90 лет. На рис. 1 показан ход роста наибольших деревьев сосны и березы по высоте.

Обобщенные по пробам результаты анализа стволов сосны и березы, произрастающих в смешанных сосново-березовых насаждениях I бонитета Владимирской области, приведены в табл. 4.

Таблица 2

Породы	Высоты (м) наибольших деревьев в возрасте (лет)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Сосна	3,4	9,0	13,8	18,3	22,3	24,4	26,3	27,6	28,7
Береза	4,7	10,1	14,8	18,8	21,7	23,4	24,5	25,5	26,8

Полученные нами в 1959 г. данные [8] хода роста наибольших деревьев в чистых сосновых насаждениях, произрастающих в идентичных условиях со смешанными, позволяют сделать следующие выводы. Данные о высотах наибольших деревьев сосны чистых сосновых и смешанных сосново-березовых насаждений I бонитета Владимирской области приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Насаждения	Высоты (м) наибольших деревьев сосны в возрасте (лет)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Чистые	4,2	9,9	14,5	18,3	21,3	24,1	26,2	28,0	28,5
Смешанные сосново-березовые	3,4	9,0	13,8	18,3	22,3	24,4	26,3	27,6	28,7

Таким образом, небольшие деревья сосны смешанных насаждений уступают наибольшим деревьям этой породы, растущим в чистых и одинаковых со смешанными условиях произрастания, в возрасте 10—30 лет на 0,7—0,9 м, далее рост по высоте деревьев почти одинаков, а в 50 лет он даже больше на 1 м у деревьев сосны смешанных насаждений.

Сравнение полученных результатов обработки пробных площадей с данными глазомерной таксации лесоустройства 1961—1962 гг. показало, что при оценке смешанных насаждений таксаторами

допускаются наибольшие ошибки в сторону занижения при определении запаса и средней высоты древостоя. Часто допускаются ошибки при нахождении класса бонитета. Так, например, из 20 участков I бонитета только на 4-х запас найден с допустимой погрешностью, а на остальных со следующими занижениями: 57,1; 75,7; 37,0; 61,0; 43,9; 23,5; 40,7; 32,1; 34,1; 30,8; 44,6; 34,6; 17,3; 20,7; 21,0%. Аналогичная картина наблюдается и в насаждениях Ia и II бонитетах (рис. 2). Вместе с тем, наименьшие ошибки допускаются в определении состава древостоя и среднего возраста преобладающей породы.

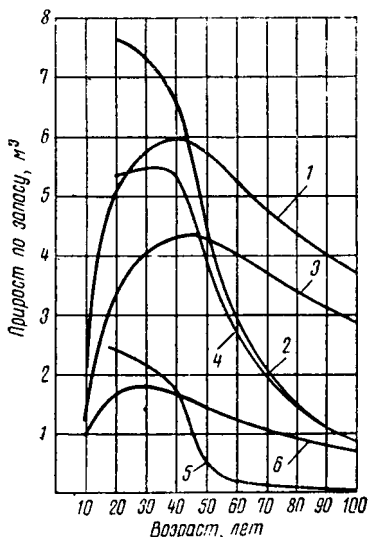


Рис. 3. Текущий и средний приросты по запасу в сосново-березовых насаждениях (I бонитет)

В результате тщательной обработки собранных полевых материалов впервые для условий Владимирской области составлена оригинальная таблица хода роста сосново-березовых насаждений I бонитета типа леса сосняк-зеленомошник, в которой показана динамика состава, высоты, диаметра и других таксационных показателей каждой породы за период от 10 до 100 лет (рис. 3, см. табл. 4).

Большой интерес представляет сравнение хода роста чистых и смешанных насаждений [11, 12]. Ниже приведены сравнения полученных нами данных с показателями всеобщих таблиц проф. А. В. Тюрина (табл. 5).

Сосна, растущая в смешанных насаждениях, в течение 70 лет не только не уступает, но даже в 30—60 лет превосходит по высоте сосну чистых насаждений, и лишь с 80 лет преимущество на стороне последних; разница в возрасте 100 лет составляет 2,1 м. Примерно такая же картина наблюдается и при сравнении хода роста средних высот чистых [8] и смешанных сосново-березовых насаждений, произрастающих в одинаковых условиях I бонитета Владимирской области (табл. 6).

Как видим, разница по высоте в пользу чистых насаждений в 100 лет составляет всего 0,6 м. Средние диаметры в первые 40 лет у смешанных насаждений имеют меньшие значения, особенно в 20 и 30 лет, а затем они выше, чем у чистых (до 80 лет), и в 90—100 лет снова уменьшаются. Полнодревесность деревьев сосны смешанных насаждений особенно в молодом возрасте заметно выше (на 24,4 и 12,4%), но с 70 лет значения видовых чисел у чистых насаждений несколько большие.

Таблица 4

Ход роста преобладающей части сосново-березовых насаждений I бонитета
типа леса сосняк-зеленомошник Владимирской области

Возраст насаждений, лет	Состав	Средняя вы-сота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Запас стволовой древесины, м ³	Текущий прирост, м ³	Средний прирост, м ³	Видовое число (0,001)
10	5,7 С	2,9	2,5	12,220	6,0	12	—	1,2	680
	4,3 Б	3,9	2,3	9,586	4,1	9	—	0,9	578
	Итого	—	—	22,076	10,1	21	—	2,1	—
20	6,7 С	8,1	5,6	5,320	13,1	65	5,3	3,3	612
	3,3 Б	9,5	5,2	3,107	6,6	33	2,4	1,7	521
	Итого	—	—	8,427	19,7	98	7,7	5,0	—
30	6,9 С	12,8	10,1	2,147	17,2	118	5,3	3,9	536
	3,1 Б	13,5	8,0	1,571	7,9	52	1,9	1,7	487
	Итого	—	—	3,718	25,1	178	7,2	5,6	—
40	7,2 С	17,0	15,0	1137	20,1	172	5,4	4,3	503
	2,8 Б	17,7	12,1	722	8,3	70	1,8	1,7	474
	Итого	—	—	1859	28,4	242	7,2	6,0	—
50	7,4 С	20,6	21,2	612	21,6	213	4,1	4,2	478
	2,6 Б	20,5	16,2	378	7,8	75	0,5	1,5	468
	Итого	—	—	990	29,4	288	4,6	5,8	—
60	7,6 С	23,0	25,4	446	22,6	239	2,6	4,0	460
	2,4 Б	22,5	18,8	267	7,4	77	0,2	1,3	464
	Итого	—	—	713	30,0	316	2,8	5,3	—
70	7,7 С	24,7	28,4	369	23,4	259	2,0	3,7	448
	2,3 Б	23,8	20,7	211	7,1	78	0,1	1,1	461
	Итого	—	—	580	30,5	337	2,1	4,8	—
80	7,8 С	26,0	30,6	325	23,9	273	1,4	3,4	439
	2,2 Б	24,8	22,2	178	6,9	79	0,1	1,0	459
	Итого	—	—	503	30,8	352	1,5	4,4	—

Возраст насаждений, лет	Состав	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Запас ствольной древесины, м ³	Текущий прирост, м ³	Средний прирост, м ³	Выловое число (0,001)
90	7,8 С	27,0	32,3	297	24,3	284	1,1	3,2	433
	2,2 Б	25,4	23,3	159	6,8	79	—	0,9	358
	Итого	—	—	456	31,1	363	1,2	4,1	—
100	7,9 С	27,8	33,7	276	24,6	293	0,9	2,9	428
	2,1 Б	26,1	24,2	143	6,6	79	—	0,8	457
	Итого	—	—	419	31,2	372	0,9	3,7	—

Важнейшим показателем является запас древостоя. По запасу смешанные насаждения, редуцированные на соответствующую полноту, превосходят до 60 лет чистые насаждения, причем в 20 и 30 лет разница достигает 18%. Хотя в 70 и 80 лет запасы чистых насаждений сосны выше, все же разница довольно небольшая и только к 100 годам она достигает 11,5%.

Характерная особенность отмечается при сравнении по числу стволов. Смешанные молодняки (с относительной полнотой 0,9) имеют значительно большее число стволов, чем чистые нормальные (на 1350 шт. в 20 лет, или на 34%). К сожалению, нельзя сделать такого сравнения в 10 лет, когда число сосновых деревьев в смешанных древостоях достигает 12 220 шт. Возраст количественной спелости для сосны в смешанных насаждениях наступает в 50 лет, т. е. более чем на 10 лет раньше, чем у сосны, произрастающей в чистых насаждениях. Таким образом, по сосновой части смешанных насаждений их преимущество наиболее ощутимо наблюдается в первые 60 лет, а далее они постепенно уступают чистым насаждениям.

Иная картина получается при сравнении по березе. Несмотря на то, что береза в смешанных насаждениях в 20—50 лет имеет высоты на границе между I и Ia бонитетами (по общепониманной шкале проф. М. М. Орлова), тем не менее она заметно уступает березе чистых насаждений по данным всеобщих таблиц. Однако следует иметь в виду, что значения высот во всеобщей таблице для березы соответствуют в возрасте 10—70 лет не I, а Ia бонитету и только в 80—100 лет тому бонитету, для которого составлена таблица. Диаметры во всех возрастах значительно ниже, чем в чистых насаждениях. Для березовой части смешанных насаждений, в еще большей степени, чем для сосновой, характерны весьма значительные расхождения в сторону превышения по числу

Сравнение полученных данных по ходу роста сосново-березовых насаждений
I бонитета с данными всеобщих таблиц проф. А. В. Тюрина

Возраст, лет	Высота, м			Диаметр, см			Видовое число ствола (0,001)			Число стволов на 1 га, шт.			Запас стволовой древесины на 1 га, м³		
	полученные данные	табличные данные	% расхождения	полученные данные	табличные данные	% расхождения	полученные данные	табличные данные	% расхождения	полученные данные	табличные данные	% расхождения	полученные данные	табличные данные	% расхождения
Сосна															
20	8,1	8,4	-3,5	5,6	8,4	-33,3	612	492	+24,4	5320	2382	+123,3	65	55	+18,2
30	12,8	12,3	+4,1	10,1	12,6	-20,0	536	477	+12,4	2147	1368	+57,0	118	100	+18,0
40	17,0	16,2	+5,0	15,0	16,6	-9,6	503	466	+8,0	1137	935	+21,6	172	152	+13,2
50	20,6	19,6	+5,1	21,2	20,4	+3,9	478	460	+4,0	612	660	-7,3	213	194	+9,8
60	23,0	22,4	+2,7	25,4	23,8	+6,7	460	456	+0,9	446	505	-11,7	239	230	+4,0
70	24,7	24,8	-0,4	28,4	27,0	+5,2	448	452	-0,9	369	410	-10,0	259	263	-1,5
80	26,0	26,7	-2,6	30,6	30,2	+1,3	439	450	-2,4	325	331	-1,8	273	286	-4,5
90	27,0	28,4	-5,0	32,3	33	-2,1	433	449	-3,5	297	284	+4,6	284	310	-8,4
100	27,8	29,9	-7,0	33,7	35,5	-5,1	428	448	-4,4	276	249	+10,9	293	331	-11,5
Береза															
10	3,9	5,7	-31,6	2,3	4,0	-42,5	578	541	+6,8	9586	3265	+193,6	9	13	-30,8
20	9,5	11,3	-16,0	5,2	9,0	-42,2	521	490	+6,3	3107	1034	+200,4	33	36	-8,3
30	13,5	15,5	-12,9	8,0	13,5	-40,7	487	465	+4,7	1571	495	+217,3	52	58	-10,3
40	17,7	19,0	-6,8	12,1	18,5	-34,6	474	449	+5,6	722	305	+136,7	70	70	0
50	20,5	21,6	-5,1	16,2	22,0	-26,4	468	440	+6,4	378	209	+80,9	75	75	0
60	22,5	23,8	-5,5	18,8	25,4	-26,0	464	435	+6,7	267	144	+85,4	77	75	+2,7
70	23,8	25,5	-6,7	20,7	28,7	-27,8	461	432	+6,7	211	108	+95,4	78	77	+1,3
80	24,8	26,8	-7,4	22,2	31,0	-28,4	459	430	+6,7	178	92	+93,5	79	79	0
90	25,4	27,7	-8,3	23,3	32,7	-28,7	458	429	+6,7	159	80	+98,7	79	80	-1,3
100	26,1	28,4	-8,4	24,2	34,0	-28,8	457	429	+6,5	143	71	+101,4	79	80	-1,3

Таблица 6

Насаждения	Высоты (м) средних деревьев сосны в возрасте (лет)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Чистые	12,9	16,5	19,4	22,4	24,5	26,2	27,4	28,4
Смешанные сосново-березовые	12,8	17,0	20,6	23,0	24,7	26,0	27,0	27,8

стволов на 1 га при сравнении с чистыми березняками. Это явление, неоднократно наблюдавшееся таксаторами Владимирской области, теперь подтверждается конкретными количественными данными, основанными на большом экспериментальном материале.

Полнодревесность стволов березы во всех возрастах смешанных насаждений в среднем на 6,5% выше, чем у чистых березняков. Запасы березовой части смешанных насаждений при одинаковой относительной полноте только в первые 30 лет уступают, а далее имеют одинаковые с чистыми запасы стволовой древесины. Возраст количественной спелости для основной части насаждения одинаков как у березы смешанных, так и чистых древостоев и наступает в 40 лет.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Сосново-березовые насаждения Гусевского и Курловского леспромхозов являются одноярусными и разновозрастными. Средние возрасты сосны и березы до 60 лет имеют разницу всего в 2—3 года. В более старших возрастах разница увеличивается до 5—10 лет и лишь в отдельных случаях до 15 лет. Внутри пород амплитуда отклонений от среднего возраста составляет чаще всего 5—6 лет и только на отдельных пробах за счет возраста моделей из крайних ступеней амплитуда возрастает до 20 лет.

2. С возрастом наблюдается постепенное уменьшение доли участия березы в общем составе сосново-березовых насаждений от 4 единиц в 10 лет до 2 единиц в 100 лет, что нашло отражение в составленной таблице хода роста.

3. В жизни сосново-березовых насаждений I бонитета можно выделить два периода: первый (до 50 лет), когда береза имеет большие средние высоты, чем сосна, с максимальной разницей в 1,4 м в 20 лет; второй — после 50 лет, когда сосна, догнав березу по высоте, обгоняет ее к 100 годам на 1,7 м.

В первом периоде своего роста сосна, отставая от березы, тем не менее растет интенсивнее, чем сосна в чистых насаждениях (в среднем на 5%). Такие же периоды характерны и для наибольших деревьев сосны и березы; при этом разница в пользу сосны увеличивается после 50 лет более интенсивно и достигает уже к 80 годам 2,1 м.

4. Сопоставление полученных данных с общепонитировочной шкалой показало, что при совместном произрастании сосна и бе-

реза относятся к одному классу бонитета на протяжении 80 лет (кроме 10-летнего периода, когда сосна имеет высоту II бонитета). Отставая от сосны в росте по высоте, береза в 90 и 100 лет следует по верхней границе II бонитета общебонитировочной шкалы.

5. Средние диаметры у березы только в 10 и 20 лет имеют близкие значения по сравнению со средними диаметрами у сосны; далее они у сосны выше; разница с возрастом неуклонно растёт и достигает к 100 годам 9,5 см.

6. Видовые числа, характеризующие полнодревесность ствола, у сосны в возрасте 10—12 лет выше, чем у березы, на 15%, затем разница уменьшается и в 60 лет видовые числа у обеих пород одинаковые. Далее с 60 до 100 лет видовые числа у березы имеют несколько большие значения, чем у сосны (на 3—6%).

7. Возраст количественной спелости наступает у сосны в 50 лет, у березы — в 40 лет, а для всего сосново-березового насаждения — в 45 лет.

8. Составленная нами таблица хода роста смешанных сосново-березовых насаждений I бонитета типа леса сосняк-зеленомошник имеет ряд существенных различий по сравнению со всеобщими таблицами хода роста для чистых насаждений, и поэтому она рекомендуется для практического использования при таксационных и лесоустроительных работах.

9. Анализ почвенных разрезов показал, что высокопроизводительные сосново-березовые насаждения исследованного объекта произрастают главным образом на дерново-среднеподзолистых, песчаных, слабо- и среднеоглееных почвах с материнской породой на древнеаллювиальных песках и суглинках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. Изд. 2, М.—Л., Гослесбумиздат, 1960.
2. Валяев В. Н., Рябинин Н. И. Ход роста сосново-березовых насаждений III класса бонитета Южной Карелии. ИВУЗ, «Лесной журнал», 1965, № 4.
3. Вопросы лесной таксации. Труды ЦНИИЛХ, Л., Гослестехиздат, 1937.
4. Котов А. И. Рост смешанных сосново-березовых насаждений и их хозяйственная оценка. Научные труды Украинской с.-х. академии, т. 31, вып. 10, Киев, 1963.
5. Мирошников В. С. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение. Автореферат кандидатской диссертации, Минск, 1955.
6. Неволин О. А. Строение и рост сосново-березовых насаждений Архангельской области и организация лесного хозяйства в них. Автореферат кандидатской диссертации, Минск, 1966.
7. Нестеров Н. С. Лесная опытная дача в Петровско-Разумовском под Москвой. М.—Л., Сельхозгиз, 1935.
8. Поляков А. Н. Таксационно-лесоводственная характеристика сосновых насаждений I класса бонитета Владимирской области. Сборник № 9 «Вопросы лесной таксации и лесоустройства», М., 1959.
9. Тимофеев В. П. и др. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862—1962 гг. М., 1964.
10. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. Изд. 2, М., 1965.
11. Тюрин А. В. Нормальная производительность лесонасаждений сосны, березы, осины и ели. М.—Л., Сельхозгиз, 1931.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РЯДОВ ПО ВЫСОТЕ

Б. Б. Зейде

Среди сотен естественных рядов по высоте, отображенных в существующих таблицах хода роста, есть много одинаковых или почти одинаковых. Это наталкивает на мысль о возможности сведения всего множества рядов хода роста по высоте к небольшому числу типов хода роста, т. е. о возможности стандартизации этих рядов. Стандартизация, кроме сокращения до целесообразного минимума количества типовых рядов хода роста, призвана гарантировать определенную точность оценки хода роста, что очень важно в лесоустройстве. Проведение стандартизации рядов хода роста может привести к созданию нового рационального метода определения хода роста и составления таблиц. Для этого прежде всего необходимо рассмотреть некоторые принципиальные свойства существующих методов определения хода роста.

Существующие методы определения хода роста

Определение хода роста может производиться двумя различными путями: 1) путем определения индивидуального хода роста непосредственно для каждого конкретного объекта лесоустройства; 2) путем подбора подходящего типа хода роста из заранее составленного набора таких типов.

Определение индивидуального хода роста. Производится при составлении местных таблиц хода роста. При этом чаще всего закладывается 12—15 пробных площадей для одного естественного ряда. Тем самым для каждого таксационного показателя определяется 12—15 значений, связанных с возрастом, по которым строится кривая, изображающая ход роста. В дальнейшем составляется таблица, содержащая обычно также 12—15 значений каждого показателя, но уже по десятилетиям. Такое определение хода роста было необходимо, когда предшествующий опыт был незначителен, так как при этом никак непосредственно не используются закономерности хода роста, полученные предыдущими исследованиями. Сейчас положение иное. Имеется полуторавековой опыт составления таблиц хода роста и, главное, огромный факти-

ческий материал, на основе которого можно создать более совершенные методы определения хода роста.

Определение хода роста путем подбора типа хода роста. Много возможностей более рационального определения динамики заложено в стандартизации рядов или кривых, выражающих ход роста. Эти возможности были давно замечены и использованы в виде бонитетных шкал и общих таблиц хода роста. К этому же виду определения динамики таксационных показателей относится предложение В. Ф. Лебкова (1965), который разработал 5 разрядов густоты, выражающих связь числа стволов с диаметром насаждения. Пользуясь этими разрядами, можно по принадлежности древостоя к тому или иному разряду и известной динамике среднего диаметра насаждения с возрастом определить значение густоты в прошлом и предвидеть его в будущем.

Существенной особенностью, общей для всех перечисленных наборов типов хода роста, является то, что подходящий класс бонитета, одна из общих таблиц хода роста, нужный разряд густоты подбираются по двум входам. В первых двух случаях эти два входа — высота и возраст, а в третьем для подбора разряда густоты нужен диаметр и число стволов. Эти два входа дают одно значение ряда, или одну точку на кривой, изображающей этот ряд. Утверждение о том, что можно определить весь ход роста по одной из точек его, представляет собой чрезвычайно важное положение таксации. Оно получено путем обобщения опытных данных о ходе роста в конце прошлого века.

А. В. Тюрин (1913), изучая ход роста сосны, выразил это утверждение в следующих словах: «Нормальные сосновые насаждения, имеющие в одинаковом возрасте равные высоты, имели одинаковый ход роста в прошлом и будут иметь одинаковый ход роста в будущем независимо от того, находятся ли они в Германии, Петербургской или Архангельской губернии». Впоследствии А. В. Тюрин, составив всеобщие таблицы для ели, березы и осины, распространил тем самым и на них этот закон. Из определения А. В. Тюрина следует, что если две кривые хода роста совпадают в одной точке, то они должны совпадать и во всех остальных. Следовательно, если имеется набор кривых, то по одной точке можно выбрать наиболее подходящую кривую для описания хода роста конкретного древостоя. Сформулированный А. В. Тюриным закон представляет собой обобщение опытных фактов, сделанное с определенной степенью точности. Обобщение фактов принято называть в науке принципами. Поэтому описанную закономерность, характеризуя существо проблемы и предмет обобщения (опытные факты), следует назвать принципом одной точки.

Это обобщение представляет собой значительный прогресс по сравнению с индивидуальным методом определения хода роста. Именно принцип одной точки является основой стандартизации хода роста, представленной в виде бонитетных шкал и общих таблиц. Преимущество принципа одной точки состоит в его предельной

простоте: меньше, чем одной точкой кривую хода роста вообще нельзя количественно охарактеризовать.

О точности принципа одной точки. К сожалению, принцип одной точки содержит существенный недостаток. Его простота идет в ущерб точности. Неоднократно возникал вопрос, нельзя ли как-то улучшить, модернизировать бонитетную шкалу, сузить промежутики классов бонитета, чтобы добиться большей точности. Но оказывается, что уточнение бонитетной шкалы невозможно, если оставаться на прежней основе—принципе одной точки. Это выражается в следующем. Высоты разных древостоев так же, как и другие показатели, в природе часто оказываются равными в каком-то определенном возрасте, но, вопреки приведенному мнению А. В. Тюрина, резко различаются в другом возрасте. Так, например, ель Ia бонитета по А. В. Тюрину и ель III бонитета по Н. В. Огородову (1951) в 20 лет имеют одинаковые высоты (соответственно 6,5 и 6,4 м). В 120 лет те же древостои различаются по высоте ровно на 12 м (36,1 и 24,1 м) и на 3 бонитета (соответственно Ia и III). Ель по А. В. Тюрину совершила за тот же период «переход» из II,5 бонитета в Ia. Часто встречаются и «переходы» с понижением класса бонитета.

Приведенный пример не является исключением. Чтобы показать это, нами проанализированы 118 таблиц хода роста хвойных и твердых лиственных древостоев семенного происхождения, для которых определялся класс бонитета по шкале М. М. Орлова у каждого ряда высоты в 50 и 120 лет. При этом подсчитывалось, на сколько классов бонитета различаются высоты одного ряда в 50 и 120 лет. Различие на один класс давало однократный переход. Если различие составляло 2,3 м и так далее класса, то засчиты-

Таблица 1

Количество переходов из одного класса бонитета в другой по породам

Порода	Количество рядов	Количество однократных переходов	% тех же переходов
Сосна	115	24	21
Ель	59	21	36
Пихта	25	22	88
Лиственница	19	3	16
Кедр	11	3	27
Дуб, ясень	50	23	46
Бук	20	13	65
Всего	299	109	36

валось соответственно 2,3 и так далее однократных перехода. Результаты даны в табл. 1.

Столь частые переходы даже при существующих относительно широких бонитетных интервалах показывают, что на основе принципа одной точки нельзя сколько-нибудь точно определить ход роста по высоте, нельзя провести стандартизацию этих рядов, отвечающую инструктивным требованиям к точности (7%).

Таким образом, с одной стороны, находить непосредственно все 12—15 точек нецелесообразно, а с другой стороны, одной точки недостаточно для определения всего хода роста.

Определение хода роста по высоте по двум точкам

Отсюда возникает важная практическая задача: сколько же нужно точек, чтобы найти ход роста с необходимой точностью?

Гипотеза. Для ответа на этот вопрос прежде всего рассмотрим факторы, влияющие на рост древостоев. Эти факторы естественно делятся на две группы. Одна группа складывается из факторов, зависящих от наследственных свойств организмов, составляющих древостой. Другая группа включает в себя факторы внешней среды, в которой находится древостой. Факторы в пределах каждой группы обладают большим разнообразием. Все же, основываясь на сходстве, позволившем провести объединение факторов в указанные группы, можно предположить, что существует параметр, характеризующий с достаточной точностью каждую из групп в целом. Из этого предположения следует, что для характеристики всего хода роста необходимы два параметра (соответствующие числу групп факторов). Два параметра можно определить, зная два значения функции (в данном случае высоты), соответствующих двум значениям аргумента — возраста, т. е. две пары значений «высота — возраст», или две точки на кривой хода роста. Разумеется, такое предположение имеет смысл при постоянстве внешней среды или, вернее, при отсутствии в ней неперiodических изменений.

Сформулированное предположение о двух точках есть очередной шаг в повышении точности по сравнению с принципом одной точки. Это же сравнение наводит на мысль составить набор типов хода роста по высоте по двум точкам, аналогично бонитетной шкале, составленной на основе принципа одной точки. Иными словами, предположение о том, что по двум точкам кривой хода роста можно с достаточной точностью восстановить всю кривую, позволяет провести стандартизацию рядов хода роста по высоте на принципиально новой основе. Одновременно можно будет оценить точность нашего предположения. Для этого надо, собрав все ряды хода роста со значениями, совпадающими в двух возрастах, определить, насколько велико расхождение во всех остальных возрастах.

Материал. Наиболее подходящим материалом для доказательства принятого предположения являются таблицы хода роста,

в которых отражена динамика таксационных показателей, полученная при обобщении громадного материала. Была проведена большая работа по сбору таблиц хода роста, в результате чего мы располагаем 118 таблицами хода роста хвойных и твердых лиственных пород семенного происхождения. Общее число рядов хода роста, доведенных до 120 лет, и их распределение по породам было приведено выше (см. табл. 1).

Метод относительных значений (индексов). Чтобы привести все ряды высоты к сравнимому виду и обеспечить совпадение их в одном определенном возрасте, был применен метод относительных значений, или индексов. Этот метод состоит в том, что одно из значений принимается за единицу (или тысячу), а другие значения выражаются соответственно их абсолютным величинам в долях единицы. А. В. Тюрин применил этот метод для выражения хода роста, приводя несколько рядов к среднему значению в 120 лет (Тюрин, 1916). А. С. Матвеев-Мотин в 1931 г. применял данный метод так же, как А. В. Тюрин. Позднее за тысячу он принимал значение высоты в 100 лет.

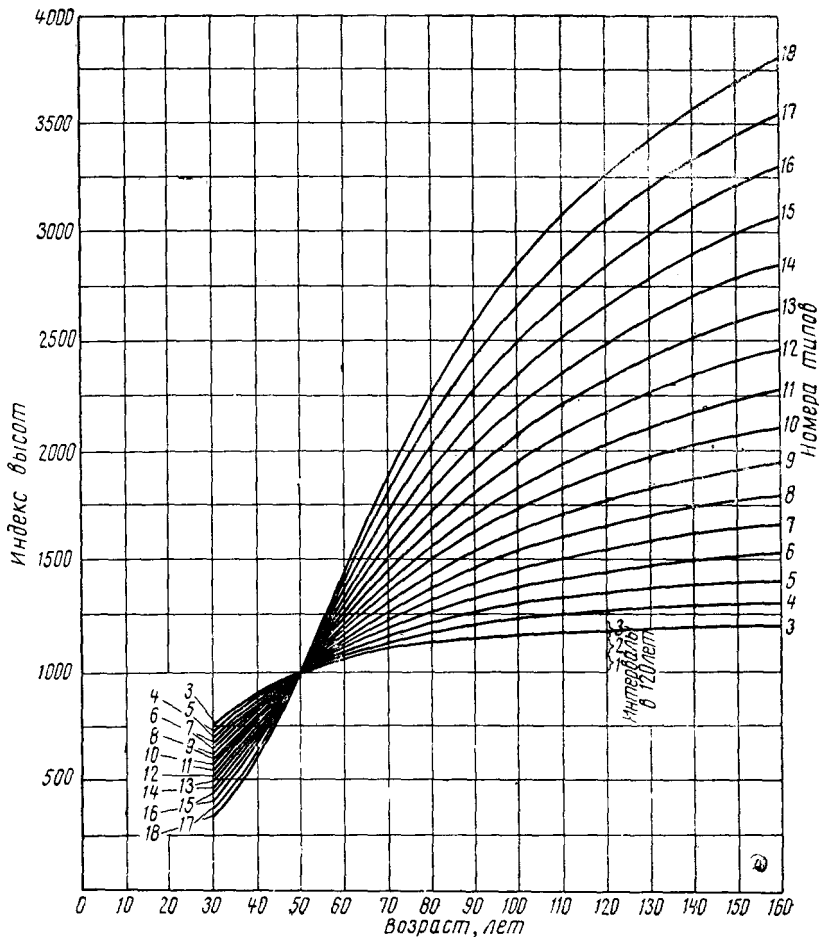
Расчет типов хода роста по высоте. Было намечено составить типы для возрастов от 30 до 160 лет. Все ряды высоты были пересчитаны так, чтобы значение высоты каждого ряда в 50 лет оказалось равным 1000. Значения же высоты в других возрастах были выражены в долях 1000. Таким образом, были найдены относительные значения высоты, или индексы.

В возрасте 120 лет относительные значения рядов высоты были разбиты на интервалы, верхняя граница каждого из которых была больше нижней на 7%. Первый такой интервал, оказавшийся пустым, заключен между значениями 1001—1070, второй — 1071—1145 и так далее (см. рисунок). Заполненными оказались интервалы с 5 по 17. Это означает, что все разнообразие хода роста значительной части лесов мира укладывается в 13 типов, соответствующих числу заполненных 7% интервалов.

Ряды, попавшие в один интервал, были просуммированы, после чего были найдены среднеарифметические величины для каждого возраста от 30 до 160 лет, представляющие собой типы хода роста по высоте. Типы затем были выравнены, а также в ряде случаев проэкстраполированы на основе более представительных типов. Анализ распределения последних позволил достроить типы № 3, 4, 18. Типы хода роста, полученные в результате, приводятся ниже.

Пример применения типов хода роста. Составленные типы позволяют практически использовать наше исходное предположение для определения хода роста по высоте. Например, предположим, что нам надо найти ход роста древостоя, который имел в 50 лет высоту 12,8 м, а в 120 лет — высоту 23,8 м. Для этого достаточно выбрать подходящий тип из составленного набора (табл. 2), что можно сделать по любым двум парам возрастов и соответствующих им высот. В данном примере, разделив высоту в 120 лет на высоту в 50 лет, мы получим относительное значение высоты в

120 лет, равное 1859. По нему находим ближайший тип хода роста. Им оказался тип № 10, у которого значение относительной высоты в 120 лет равно 1902. Теперь можно установить соотношение меж-



Типы хода роста по высоте

ду относительными значениями высоты типа и нашими абсолютными значениями высоты. По типу значение в 50 лет равно 1000, а высота в этом возрасте равна 12,8. Поэтому искомое соотношение есть $\frac{12,8}{1000}$. Если на него умножить все значения типа № 10,

то мы получим весь ход роста древостоя по высоте, соответствующий заданным величинам высоты в 50 и 120 лет. Сравним рассчитанный таким образом ход роста с ходом роста сосны Ленинградской области III бонитета по таблицам Варгаса де Бедемара, откуда взяты исходные высоты в 50 и 120 лет (табл. 3).

Таблица 2

Типы хода роста по высоте хвойных и твердых лиственных древостоев
семенного происхождения. Значения высоты в 50 лет приняты за 1000

Возраст, лет	Номера типов хода роста							
	3	4	5	6	7	8	9	10
30	756	733	706	681	651	619	584	553
40	900	885	872	856	839	820	800	783
50	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
60	1067	1081	1097	1115	1133	1152	1175	1196
70	1109	1139	1169	1205	1243	1276	1323	1366
80	1135	1180	1225	1276	1332	1384	1447	1512
90	1152	1210	1269	1333	1404	1474	1552	1635
100	1165	1234	1304	1380	1463	1549	1641	1739
110	1176	1253	1333	1419	1512	1611	1716	1827
120	1185	1268	1357	1452	1553	1662	1778	1902
130	1193	1281	1377	1480	1590	1706	1832	1968
140	1200	1292	1394	1504	1621	1744	1879	2025
150	1206	1302	1409	1525	1648	1777	1920	2075
160	1211	1311	1422	1543	1672	1807	1957	2119
	11	12	13	14	15	16	17	18
30	521	489	455	425	395	370	345	323
40	764	745	723	702	680	658	636	615
50	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
60	1217	1243	1268	1299	1333	1371	1412	1454
70	1412	1463	1516	1580	1649	1727	1811	1899
80	1579	1653	1731	1827	1922	2033	2154	2281
90	1721	1816	1915	2034	2154	2290	2439	2597
100	1842	1955	2074	2211	2352	2508	2678	2858
110	1946	2075	2212	2363	2522	2695	2882	3081
120	2036	2179	2331	2494	2669	2855	3055	3269
130	2114	2270	2433	2609	2797	2994	3207	3433
140	2182	2349	2520	2708	2908	3115	3339	3577
150	2241	2418	2596	2794	3004	3221	3455	3704
160	2292	2476	2662	2868	3087	3313	3557	3817

Типы хода роста можно рассчитать более точно, до десятых долей. Тип № 10,0 в 120 лет имеет значение 1902, тип № 9,0 — 1778. Отсюда значению 1859 соответствует тип № 9, 7. Его значения для остальных возрастов можно получить, прибавив к соответствующим значениям типа № 9 0,7 разности между значениями 10 и 9 типов. Как видно из табл. 3, рассчитанные высоты, особенно по уточненному типу, мало отличаются от данных Варгаса де Бедера.

О точности типов хода роста по высоте. Решающим моментом

Сравнение хода роста, рассчитанного по типам высоты, с ходом роста из таблиц Варгаса де Бедемара

Возраст, лет	Высота, м			Возраст, лет	Высота, м		
	рассчитанная по типу № 10,0	рассчитанная по типу № 9,7	по таблицам Варгаса де Бедемара		рассчитанная по типу № 10,0	рассчитанная по типу № 9,7	по таблицам Варгаса де Бедемара
30	7,4	7,5	7,6	90	20,9	20,6	20,7
40	10,0	10,2	10,4	100	22,3	21,8	21,9
50	12,8	12,8	12,8	110	23,4	22,8	22,9
60	15,3	15,2	15,2	120	24,4	23,8	23,8
70	17,5	17,3	17,4	130	25,2	24,6	24,4
80	19,3	19,1	19,2	140	25,9	25,3	25,0

работы было нахождение среднеквадратических отклонений рядов, попавших в один интервал, от типа высоты того же интервала. Иными словами, рассчитывалась точность, с которой ряды, соединенные в двух возрастах, совпадают во всех остальных возрастах от 30 до 160 лет. Были вычислены также среднеквадратические отклонения отдельно по породам в каждом типе, в основе которого лежало более 5 рядов одной породы. Затем были найдены средние величины отклонений по всем типам, выраженные в % от величины индекса каждого возраста, т. е. были найдены средние по типам коэффициенты вариации для каждого возраста. Они приведены в табл. 4.

Результаты, помещенные в табл. 4, показывают, что если по двум точкам подобран тип хода роста, то отклонения по высоте в возрастах от 30 до 160 лет будут в среднем равны 2,4% от высоты в конкретном возрасте. Полученные коэффициенты вариации дают нам основание считать, что составленные типы вполне отвечают требованиям к точности, предъявленным современным лесоустройством. При этом нужно иметь в виду, что указанные коэффициенты определяют отклонения от наиболее вероятного прогноза хода роста, а не текущей оценки древостоя. Коэффициенты вариации по отдельным породам оказались настолько близки к общим коэффициентам, что нет необходимости составлять типы отдельно для каждой породы.

Типы хода роста по высоте можно применять и для древостоев, пройденных низовыми рубками ухода с точностью, близкой к общей, так как для 232 из 317 значений 29 рядов хода роста по высоте, т. е. для 73% значений, отклонений от соответствующих типов оказалось в пределах среднеквадратического. Некоторая осторожность необходима при использовании типов в смешанных древостоях. В этом случае из 117 значений 11 рядов только 59, или 50%, оказались в пределах среднеквадратического отклонения.

Общий вывод. Для определения хода роста по высоте хвойных и твердых лиственных древостоев семенного происхождения в воз-

расте от 30 до 160 лет необходимо и достаточно двух точек хода роста при отсутствии непериодических изменений внешней среды. Наше предположение о том, что каждую группу факторов можно оценить одним параметром, подтвердилось. В результате мы имеем

Таблица 4

Коэффициенты вариации рядов, соединенных в двух точках (50 и 120 лет)

Возраст, лет	Общие коэф- фициенты ва- риации (без разделения пород)	Коэффициенты вариации по породам				
		сосна	ель	листвен- ница	дуб	бук
30	6,2	4,8	5,4	3,7	4,5	7,8
40	2,9	2,5	3,0	1,9	2,0	2,6
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	1,7	1,5	1,7	1,1	1,6	1,4
70	2,1	1,9	2,2	1,9	2,2	2,4
80	2,5	2,4	2,0	2,3	2,5	2,6
90	2,2	1,7	2,1	2,3	2,4	1,8
100	2,0	2,0	1,7	2,3	2,2	2,3
110	1,8	1,9	1,7	1,9	2,3	1,6
120	1,8	1,8	1,6	2,1	2,0	1,6
130	1,9	1,9	1,6	2,8	2,1	1,8
140	2,3	2,2	1,1	3,3	2,0	2,4
150	2,7	3,0	0,9	2,1	2,9	—
160	3,1	2,5	3,2	2,0	3,2	—
Среднее	2,4	2,2	2,0	2,1	2,3	2,4

метод определения хода роста по высоте более простой, чем те, которые используются при составлении таблиц хода роста, и более точный, чем шкала классов бонитета.

ЛИТЕРАТУРА

Акулинин А. Н. Структура, рост и продуктивность сосновых насаждений Татарской АССР и основы ведения хозяйства в них. Автореферат диссертации на соискание звания канд. с.-х. наук, Воронеж, 1955.

Лебков В. Ф. Метод составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений. «Лесное хозяйство», 1965, № 2.

Матвеев-Мотин А. С. Лесотаксационные очерки. Тула, 1931.

Огородов Н. В. Ход роста сомкнутых елово-пихтовых насаждений по типам леса на северо-востоке европейской части СССР. «Лесное хозяйство», 1951, № 2.

Таблиці ходу росту і товарності насаждень деревних порід України. Київ, 1958.

Тюрин А. В. Исследование хода роста нормальных сосновых насаждений в Архангельской губернии. Труды по лесному опытному делу в России, вып. 45. СПб., 1913.

Тюрин А. В. Еловые насаждения в северо-восточной России. Труды по лесному опытному делу в России. Вып. 58, СПб., 1916.

Цзянь И-инь. Изучение хода роста модельных сосновых насаждений и установление их возраста спелости по Центральным районам европейской части СССР. Автореферат диссертации на соискание звания канд. с.-х. наук, М., 1959.

ВЗАИМОСВЯЗИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧИСТЫХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А. В. Богачев

В 1965 г. автором изучалась взаимосвязь суммы площадей сечений и площади полога насаждений, а также исследовалась зависимость средней видовой высоты насаждения от различных факторов. Для этой цели в Кривандинском лесхозе Московской области было заложено 9 пробных площадей в чистых сосновых насаждениях, различных по условиям места произрастания, возрасту, сомкнутости и режиму выращивания.

Обычная методика закладки пробных площадей была несколько дополнена: рубилось повышенное число учетных деревьев (от 22 до 38 шт.), путем визирования в зенит на 360—1200 точках статистическим методом замерялась сомкнутость полога. При этом просветы в кроне учитывались как занятое пространство. Учет точек визирования велся по сериям в 10 наблюдений, что дало возможность вычислить коэффициенты вариации сомкнутости полога при визировании в зенит через 2 м. При сомкнутости 0,7—0,8 он колебался от 16 до 20%. Таким образом, для достижения 3%-ной точности учета сомкнутости полога необходимо $N = \frac{162}{32} = 28,5$ серий, или 285 точек визирования.

Так как число наблюдений колебалось от 360 до 1200, то на всех пробных площадях была достигнута 3%-ная точность учета сомкнутости полога. Сумма площадей сечений приводилась к 1 га и далее через сомкнутость полога к 100% сомкнутости.

Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ пробной площади	D	H	Σg	N	W ·	A	Бонитет	HW
1	20,6	21,3	37,8	1135	3,25	64	II	69,3
2	27,3	20,7	31,8	544	4,84	51	I	100,0
3	15,1	18,1	42,8	2380	2,31	41	I	41,8
4	12,6	14,7	40,2	3210	2,00	35	I	29,4
5	10,9	13,4	41,3	4450	1,69	41	II	22,7
6	10,3	9,8	36,3	5480	1,54	56	IV	15,1
7	10,5	10,3	26,8	3100	2,03	25	II	21,1
8	19,3	13,7	37,5	3480	2,00	37	II	27,4
9	16,2	16,4	35,0	1700	2,75	42	I	45,1

Анализ табл. 1 показывает, что суммы площадей сечений слабо связаны со средними высотами насаждений, в то же время довольно явно просматривается обратная зависимость сумм площадей сечений от средних диаметров. Следовательно, нельзя таблицами с одним входом по высоте однозначно определить сумму площадей сечений.

Для объяснения полученных результатов и установления зависимости между суммами площадей сечений, высотой и диаметром были использованы материалы Г. М. Бонора¹.

Г. М. Бонор на основании 8 пробных площадей, заложенных в насаждениях одинаковых условий места произрастания и возраста, но различных по густоте, установил, что связь между шириной кроны дерева W , его диаметром D и высотой H хорошо выражается уравнением

$$D = a + bWH \quad (1)$$

и не зависит от густоты. Связь характеризуется высоким коэффициентом корреляции (0,90—0,97). Все 8 уравнений, кроме одного, не имели существенных различий по 1%-ому уровню значимости от обобщающего их среднего уравнения связи.

Мы применили уравнение Г. М. Бонора не к отдельным стволам, а к целым насаждениям, для этой цели был несколько изменен смысл уравнения Бонора. Величина W определялась как диаметр круга, равного площади полога, деленной на число деревьев. Высота H определялась по графику высот через средний диаметр. Произведения HW показаны в последнем столбце табл. 1.

Методом наименьших квадратов вычислено уравнение:

$$d = 6,205 + 0,213HW. \quad (2)$$

Связь характеризуется высоким коэффициентом корреляции $r = +0,993 \pm 0,005$. Наибольшее отклонение составило +4,5%.

На основании изложенного расширяется вывод Г. М. Бонора: связь между d и HW чистых сосновых насаждений не зависит от густоты, бонитета, полноты, сомкнутости, режима выращивания, т. е. является единой для всех чистых сосновых насаждений, исключая леса на горных склонах, где необходимы дополнительные исследования. Этот вывод подтверждается таблицами хода роста сомкнутых сосновых насаждений Московской области, составленными Воронежским ЛТИ, таблицами для Куйбышевской обл. Варгас де Бедемара и таблицами проф. Захарова для молодняков сосняка-брусничника. На рис. 1 нанесены прямая эмпирического уравнения и данные вышеуказанных таблиц.

Из уравнения 2 следует, что прямолинейная связь при диаметрах примерно менее 10 см должна нарушаться.

¹ Г. М. Бонор. Влияние густоты насаждений сосны скрученной на связь диаметра ствола с шириной кроны и высотой. Реферативный журнал, 1965, № 5, стр. 27.

Следует заметить, что величина W не является средним диаметром кроны дерева среднего по диаметру, так как распределение относительно диаметров сумм площадей сечений и сумм квадратов диаметров крон не совпадают, но тесная корреляционная связь

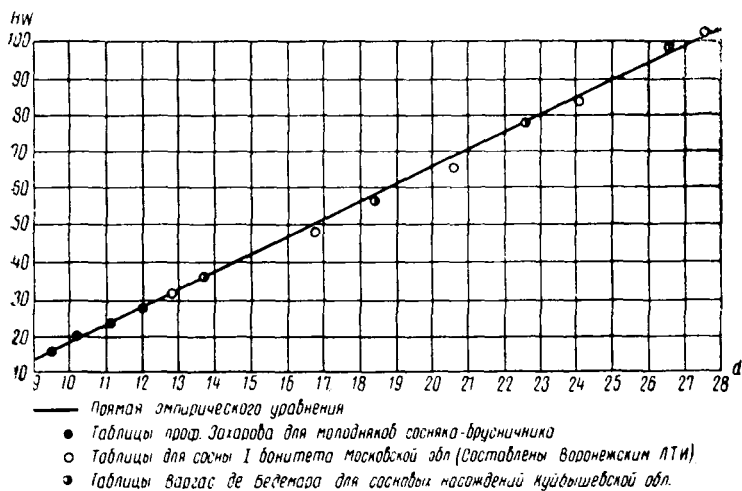


Рис. 1. Зависимость HW от d чистых сосновых насаждений

d и HW позволяет выразить зависимость сумм площади сечения насаждения от H и d при полной сомкнутости полога:

$$\Sigma g = \frac{S_n}{S_{кр.}} \frac{nd^2}{4} = \frac{10000d^2}{W^2} = \frac{10000a^2H^2d^2}{(d-a)^2} = \frac{KH^2d^2}{(d-a)^2} \text{ м}^2/\text{га}, \quad (3)$$

где:

S_n — площадь полога,

$S_{кр.}$ — площадь полога, приходящаяся на 1 дерево.

На основании уравнения 2 для чистых сосновых насаждений

$$\Sigma g = \frac{0,04537H^2d^2}{(d-6,205)^2} \text{ м}^2/\text{га}, \quad [d \text{ в см, } H \text{ в м}]. \quad (3a)$$

По уравнению 3а вычислены суммы площадей сечений табл. 3 (таблица дана сокращенно).

Как было указано, вторая часть работы заключалась в исследовании факторов, влияющих на среднюю H_j насаждения.

Анализируя результаты 9 пробных площадей, использованных в первой части работы, а также материалы 10 пробных площадей со сплошной рубкой деревьев (данные проф. Дворецкого, проф. Третьякова и ВНИИЛМ) автор пришел к выводу, что средняя видовая высота насаждения зависит от его средней высоты и средней ширины кроны.

Таблица 2

№ пробной площади	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>Hf</i> фактическое	<i>Hf</i> по уравнению	Отклонение	% отклонения	<i>Hf</i> по стандартной таблице	Отклонение	% отклонения
1	21,3	20,6	10,7	10,46	-0,24	2,2	9,60	-1,10	10,2
2	20,7	27,3	9,2	9,35	+0,15	1,6	9,40	+0,20	2,2
3	18,1	15,1	8,95	9,23	+0,28	3,1	8,30	-0,69	7,3
4	14,7	12,6	8,00	7,65	-0,65	4,4	7,00	-1,00	12,5
5	13,4	10,9	7,35	7,16	-0,19	2,6	6,50	-0,85	11,5
6	10,3	9,8	5,47	5,60	-0,13	2,4	5,30	-0,17	3,1
7	10,3	10,5	5,60	5,44	-0,16	2,9	5,30	-0,30	5,4
8	13,7	12,3	6,92	7,10	+0,18	2,6	6,60	-0,32	4,6
9	16,4	16,2	8,35	8,11	-0,24	2,9	7,65	-0,70	8,4
10	8,7	11,0	4,31	4,33	+0,02	0,5	4,70	+0,29	6,7
11	16,8	16,6	8,27	8,30	+0,03	0,3	7,85	-0,42	5,1
12	20,4	18,5	9,84	10,16	+0,32	3,3	9,29	-0,59	6,0
13	20,8	24,0	9,69	9,85	+0,16	1,6	9,40	-0,24	2,9
14	30,4	40,7	13,86	14,07	+0,21	1,5	13,15	-0,71	5,1
15	25,5	34,1	12,10	11,67	-0,43	3,6	11,25	-0,85	7,0
16	30,8	54,8	13,50	13,31	-0,19	1,4	13,30	+0,20	1,5
17	31,8	52,8	13,86	14,10	+0,24	1,7	13,75	-0,11	0,8
18	28,9	51,9	12,28	12,35	+0,07	0,6	12,60	+0,32	2,6

Ширина кроны на всех 18 пробных площадях была вычислена по уравнению 2, т. е.

$$W = \frac{d - 6,205}{0,213 H}$$

Общее уравнение связи было принято в виде

$$Hf = aH + bW + c. \quad (4)$$

Параметры конкретного уравнения вычислены методом наименьших квадратов:

$$Hf = 0,508H - 0,466W + 1,115. \quad (4a)$$

Теснота связи выражается совокупным коэффициентом корреляции:

$$R = 0,992 \pm 0,004.$$

Связь между *H* и *Hf* имеет $r_{HfH} = 0,986 \pm 0,006$; между *H* и *W* $r_{HW} = 0,899 \pm 0,042$; между *Hf* и *W* $r_{HfW} = 0,835 \pm 0,070$.

Частный коэффициент корреляции между *Hf* и *H*, когда *W* остается постоянной, $r_{HfH(W)} = 0,973 \pm 0,011$; частный коэффициент корреляции между *Hf* и *W*, когда *H* остается постоянной

$$r_{WHf(H)} = -0,673 \pm 0,119.$$

Как видим, в последней связи не исключена более тесная криволинейная связь, однако недостаточно высокий коэффициент кор-

реляции этой связи можно объяснить также тем, что ширина кроны, сравнительно с высотой, оказывает небольшое влияние на видовую высоту, поэтому на связь H_j и W в большей мере, чем в связи H и H_j оказывают влияние ошибки измерений, что ведет к понижению коэффициента корреляции.

В табл. 2 сравниваются результаты вычисления средних H_j насаждений по уравнению 4а и по стандартной таблице. Как видим, наибольшее отклонение от эмпирических данных на 18 пробных площадях составило для уравнения 4,4%. Эти же данные дали наибольшее отклонение для стандартной таблицы ЦНИИЛХ +13,7%. Сравнение среднеквадратических отклонений не производилось, так как уравнение в этом случае находится в более благоприятном положении.

Проверку необходимо произвести на дополнительном материале. При этом надо учитывать видовые высоты и средние высоты насаждений, а не отдельных деревьев. В нашей таксационной литературе широко утвердилось мнение, что дерево среднее по диаметру будет средним и по объему, поэтому ставится знак равенства между видовой высотой насаждения и видовой высотой стволов. Однако проф. Продан, ссылаясь на многочисленные исследования немецких ученых, указывает, что дерево среднее по диаметру имеет объем на 2—8% меньше, чем дерево среднее по объему; в старых насаждениях, ввиду падающего хода кривой видовой высоты, дерево среднее по диаметру имеет несколько больший объем, чем дерево среднее по объему (2—3%) — Messung der Waldbestände, 1951, стр. 121. Данные положения подтверждаются проверкой автора.

Так как ширина кроны была вычислена по уравнению 2, то на основании уравнения 4а составлена табл. 4 для средних видовых высот насаждений в зависимости от H и d по уравнению

$$Hf = 0,508H - \frac{0,466(d-6,2)}{0,213H} + 1,115. \quad (4б)$$

На основании уравнения 3а и уравнения 4б составлена табл. 5 для запасов чистых сосновых насаждений в зависимости от H и d (таблица дается сокращенно).

Табл. 3 и 5 составлены для насаждений полной, 100%-ной сомкнутости, т. е. для насаждений, в которых все пространство занято пологом и просветы имеются только в кронах. В природе таких насаждений нет, однако это не обесценивает таблицы, так как они предназначены не для отражения хода роста, а для определения суммы площадей сечений, H_j или запаса. Редуцируя табличные значения на фактическую сомкнутость полога, мы получаем эти показатели для конкретного, таксируемого насаждения. Табл. 4 может найти применение при частичной перечислительной таксации для определения H_j .

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

Таблица 3

Зависимость сумм площадей сечений чистых сосновых насаждений от H и D при 100%-ной сомкнутости полога

$H, м$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	49,7	42,5	37,4	33,8	31,0	28,8	27,0	25,6	24,4	23,4	22,5	21,8	21,1	20,5	20,0	19,5
17		47,9	42,2	38,0	35,0	32,5	30,5	28,9	27,5	26,4	25,4	24,6	23,8	23,2	22,6	22,1
18			47,4	42,7	39,2	36,4	34,2	32,4	30,9	29,6	28,5	27,6	26,7	26,0	25,3	24,7
19				47,6	43,7	40,6	38,1	36,1	34,4	33,0	31,8	30,7	29,8	29,0	28,2	27,6
20					48,4	45,0	42,2	40,0	38,1	36,5	35,2	34,0	33,0	32,1	31,3	30,5

142

Таблица 4

Зависимость средней видовой высоты чистых сосновых насаждений от H и D

$H, м$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	8,45	8,31	8,18	8,04	7,90	7,77	7,63	7,49	7,36	7,22	7,09	6,96	6,82	6,67	6,54	6,40
17		8,88	8,75	8,64	8,49	8,36	8,23	8,10	7,97	7,85	7,72	7,59	7,46	7,33	7,20	7,07
18			9,31	9,19	9,06	8,94	8,82	8,70	8,58	8,46	8,34	8,22	8,10	7,97	7,85	7,73
19				9,76	9,65	9,53	9,42	9,30	9,19	9,07	8,95	8,84	8,72	8,60	8,48	8,37
20					10,20	10,09	9,98	9,87	9,76	9,65	9,55	9,44	9,32	9,21	9,11	9,00

Таблица 5

Зависимость запасов чистых сосновых насаждений от H и D при 100%-ной сомкнутости полога

$H, м$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	420	353	306	272	245	224	206	192	180	169	160	152	144	137	131	125
17		425	369	328	297	272	251	234	219	207	196	187	178	170	162	162
18			441	392	355	325	302	282	265	250	238	229	216	207	199	191
19				466	422	387	359	336	316	299	285	271	260	249	239	231
20					494	454	421	395	372	352	336	321	308	297	285	275

максимально возможные суммы площадей сечений определяются формулой

$$\Sigma g = \frac{KH^2d^2}{(d-a)^2} \text{ (при } d > 10 \text{ см);}$$

средняя видовая высота насаждений определяется уравнением

$$Hf = 0,508H - 0,466W + 1,12,$$

или

$$Hf = 0,508H \frac{0,466(d-6,2)}{0,213H} + 1,12$$

(при $d > 10$ см);

таблицами с одним входом по высоте нельзя однозначно определить ни сумму площадей сечений, ни видовую высоту;

граница применения таблиц для корректирования запасов определяется соответствием соотношения $H:d$ этих таблиц и таксируемого насаждения;

применение для корректирования глазомерного определения запаса таблиц хода роста сомкнутых насаждений при таксации насаждений, пройденных рубками ухода или сформировавшихся при небольшой первоначальной густоте, всегда приводит к завышению запаса, так как и суммы площадей сечений и видовые высоты сомкнутых насаждений всегда выше.

ВОЗРАСТЫ СПЕЛОСТИ И РУБКИ ПОРΟΣЛЕВЫХ ДУБРАВ КУЙБЫШЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Моисеев

Поставленные в настоящей статье вопросы освещаются на базе изучения порослевых дубрав одного из лесорастительных районов Куйбышевской области — Высокого Заволжья. Этот район наиболее широко представлен в области и характерен для юго-востока европейской части страны. Порослевые дубравы произрастают здесь в условиях засушливого, резко континентального климата. Они сильно нарушены прошлым и современным хозяйством. Выборочные рубки, применявшиеся в прошлом и в скрытом виде до последнего времени, неумеренные промежуточные пользования, пастьба скота и сенокошение привели на значительной площади к сильному изреживанию дубовых древостоев, уничтожению подгона, подлеска и лесной подстилки, а также к уплотнению почв. Атмосферные осадки, лимитирующие в этом районе лесорастительный эффект, такими насаждениями используются далеко не полно; большая часть их теряется на испарение и сток.

Дуб, формируясь при слабом защитном и подгонном влиянии спутников или без него, образует типичное криволесье. Такие деградированные дубравы занимают более половины всей площади дубрав. Санитарное состояние их неудовлетворительное. Эти дубовые насаждения были сильно повреждены морозобоем 1941 г., а в последующем подверглись нападению златогузки и непарного шелкопряда.

Сопоставление разных категорий порослевых дубовых насаждений привело к выводу, что низкая производительность и неудовлетворительное санитарное состояние являются следствием не порослевого происхождения, чем иногда объясняют лесоводы, а ненормальной лесорастительной обстановкой для дуба, созданной всей историей хозяйства в дубравах. Поэтому необходимо реконструировать насаждения путем перевода дубрав без подгона в дубравы с подгоном. На таком хозяйственном основании нами была разработана классификация порослевых дубрав. В зависимости от структуры насаждений (формы, состава, сомкнутости древесного полога) порослевые дубравы разделены на две группы, а в пределах последних — на шесть категорий (табл. 1).

Учитывая требования реконструкции отдельных категорий, мы разделили порослевые дубравы на два хозяйства: хозяйство слож-

ных (подгонных) дубрав и хозяйство простых (бесподгонных) дубрав. Первое хозяйство, к которому относятся также смешанные, сомкнутые дубравы из группы простых, не подлежит реконструкции. Второе хозяйство, включающее все остальные категории порослевых дубрав, подлежит реконструкции, а частично — замене насаждениями других пород. По этим хозяйствам были установле-

Таблица 1

Группы дубрав	Категории дубрав	Классы бонитета
Сложные (подгонные) дубравы	Липово-лещиновые . . .	II—III
	Кленово-лещиновые . . .	III
Простые (бесподгонные) дубравы	Смешанные сомкнутые	III—IV
	Смешанные разомкнутые	IV—V
	Чистые сомкнутые . . .	IV
	Чистые разомкнутые . . .	IV—V

ны возрасты спелости и рубки порослевых дубрав. Для этого предварительно были изучены ход роста и сортиментная структура двух наиболее распространенных категорий дубрав из разных групп — кленово-лещиновой и чистой разомкнутой. Таблицы хода роста и сортиментной структуры этих дубрав были уже опубликованы¹.

При установлении ведущих сортиментов в порослевых дубравах и технической спелости их мы исходили из характера местного потребления древесины и наличной сортиментной структуры в насаждениях.

Куйбышевская область является остролесодефицитным районом. Сбыт находит всякого рода древесина по размеру и качеству. Основными потребителями древесины являются: колхозы, местные учреждения, организации и население. Вследствие такого положения при решении вопроса технической спелости дубрав определяющим фактором является, конечно, сортиментная структура насаждений.

В дубравах, растущих без подгона, такие пороки, как кривизна ствола, сучки и гниль, весьма ограничивают выход деловой древесины, определяя ее мелкотоварный характер. Так, в возрасте 50—60 лет выход деловой древесины в чистых, разомкнутых дубравах около 25%. Понятно, что при таком небольшом удельном весе деловой древесины не приходится говорить о специализации хозяйства на какие-либо отдельные сортименты. Техническая же спелость на всю деловую древесину наступает в возрасте 45 лет.

Указанные выше пороки в дубравах, растущих с подгоном, не имеют сильного развития. Выход деловой древесины в этих насаждениях почти вдвое выше, чем в насаждениях, растущих без подгона; при этом преобладают среднего размера сортименты, срав-

¹ Н. А. Моисеев. Порослевые дубравы Куйбышевской области и основы организации лесного хозяйства в них. «Лесной журнал», 1958, № 1.

нительно длинномерные (4—8 м). На последние в порослевых дубравах с подгоном и установлена техническая спелость, которая определилась в возрасте 55 лет.

При решении вопроса о возрастах рубок в порослевых дубравах пришлось учитывать, кроме установленных выше технических спелостей, количественную и возобновительную спелость. Последняя, как правило, для порослевых дубрав определяет верхний предел возраста рубок, выше которого успешное порослевое возобновление не может быть обеспечено. Принималась во внимание также возрастная структура насаждений.

Таблица 2

Время учета	Площадь дубрав, тыс. га	Распределение площади дубрав по классам возраста, %							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
На 1/1 1956 г.	207,5	18,4	14,2	24,7	21,3	10,4	5,7	2,9	2,4
На 1/1 1961 г.	227,6	20,0	15,0	45,0		12,0	8,0		

Возраст количественной спелости для изученных нами дубрав по таблицам хода роста определен в 40 лет. Возраст порослевой возобновительной спелости, по литературным данным, наступает в 60 лет.

Возрастная структура порослевых дубрав характеризуется одинаковыми особенностями как в целом по области, так и по отдельным лесхозам: недостаток дубрав с VI класса возраста (51—60) и выше и преобладание молодняков и средневозрастных. В табл. 2 показана возрастная структура порослевых дубрав Куйбышевской области по данным двух учетов.

Основываясь на вышеизложенном материале, мы считаем целесообразным установить следующие возрасты рубок порослевых дубрав: в хозяйстве сложных (подгонных) порослевых дубрав — в VI классе (51—60 лет), учитывая возрасты технической и возобновительной спелости; в хозяйстве простых (бесподгонных) дубрав — в V классе (41—50 лет), исходя из возраста спелости на всю деловую древесину. Эти возрасты рубок, как мы видим, соответствуют и возрастному распределению насаждений.

Говоря о перспективе изменения возрастов рубок в порослевых дубравах, следует иметь в виду, что при указанной выше реконструкции они будут все более подтягиваться к VI классу возраста за счет перевода бесподгонных дубрав в подгонные. Дальнейшее повышение класса возраста возможно только для той части порослевых дубрав, которую хозяйство определит перевести в высокоствольные насаждения. Это возможно сделать для наиболее про-

изводительных подгонных порослевых дубрав. Но в таком случае хозяйство для этой части дубрав будет уже ориентироваться на последующее семенное возобновление.

В заключение отметим возрасты рубки порослевых дубрав, применявшиеся в прошлом и установленные лесоустройством. Судя по архивным материалам, до революции преобладали следующие возрасты рубки: в порослевых дубравах, тяготевших к крупным поселениям, 30—40 лет, а в более отдаленных от сел местах, где было накопление древостоев сравнительно высокого возраста, 60—80 лет и даже 100—120 лет. В бывших лесах местного значения применялись возрасты рубки преимущественно в 50 лет, а в остальных — 60 лет.

Для исследованных нами лесхозов Высокого Заволжья лесоустройством устанавливался в большинстве случаев возраст рубки порослевых дубрав в 60 лет. При этом для всех порослевых дубрав было образовано одно хозяйство — твердолиственное низкоствольное.

Таким образом, применявшиеся возрасты рубок порослевых дубрав находятся почти на одном уровне с установленными нами при исследовании. В нашем случае дается дифференциация возрастов рубок по отдельным хозяйствам в связи с выявленными различиями насаждений по производительности и сортиментной структуре и разными направлениями хозяйства.

ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕЗОВО-ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ РУБКАХ

Н. М. Набатов

В лесохозяйственной литературе имеется много данных, касающихся изменения таксационных показателей насаждений перед очередным приемом постепенной рубки. Однако сведений о том, какие изменения произошли в таксационных показателях сразу же после первого или второго, но неокончательного приема рубки, т. е. какое насаждение будет расти до очередного приема, в лесохозяйственной литературе имеется мало. Чаще всего в литературных источниках упоминается лишь изменение полноты насаждений. Между тем установление изменения состава насаждения после каждого приема рубки, а также других таксационных показателей (числа деревьев, запаса, среднего диаметра, средней высоты, полноты, площадей сечений и др.) имеет определенное практическое значение, так как позволяет найти наиболее целесообразные принципы отбора деревьев в рубку и для выращивания, т. е. решать важнейшие задачи постепенных рубок. С этой точки зрения представляют интерес исследования Е. В. Шульца, описанные В. В. Гуманом в 1931 г.

Е. В. Шульц отметил, что после первого приема постепенной рубки в лиственново-еловых насаждениях Ленинградской области состав древостоя значительно изменился в сторону увеличения ели и сосны. Полнота насаждения при интенсивности рубки 29% снизилась на 0,22, а средний диаметр — всего на 3%.

Анализируя изменение некоторых таксационных показателей, Г. А. Игаунис (1961), Н. П. Анучин (1962) отметили, что средний диаметр насаждения в одновозрастных древостоях после первого приема постепенной рубки снижается меньше, чем в разновозрастных. Н. П. Анучин (1962) на основании теоретического расчета приводит следующий пример. Если до рубки насаждение имело средний диаметр 25 см, то после первого приема этот таксационный показатель у оставшихся для выращивания деревьев в одновозрастных насаждениях будет равен 22 см, а в разновозрастных — 20 см.

Частичный анализ изменения структуры насаждений в сосняках, ельниках, елово-лиственных и лиственново-еловых формациях в равнинной части европейской территории СССР дан Д. И. Деря-

биным (1964). Рассматривался этот вопрос для березняков и ельников (А. С. Туркин, Н. М. Набатов, 1964).

В настоящей работе рассматривается изменение таксационных показателей березово-еловых насаждений при постепенных рубках на примере лесов Калужской области, характеризующей до известной степени центральный район европейской части СССР.

В районе исследований, как и в остальных областях Центра, широко распространены лиственно-еловые насаждения, под пологом которых сформировался 2-й ярус ели или чаще всего ее жизнеспособный самосев и подрост. В Калужской области спелые и перестойные лиственные и лиственно-еловые насаждения составляют примерно 90% от площади всех лесов этой возрастной группы. На долю спелых и перестойных сосновых и еловых насаждений приходится всего около 10% площади лесов. Следовательно, перевод лиственных насаждений в хвойные путем использования богатейшего природного фактора самосева и подростка ели имеет большое народнохозяйственное значение. Эту задачу успешно решают при правильном проведении постепенных и группово-выборочных рубок.

Прежде чем рассматривать изменение таксационных показателей, вызванных первым приемом постепенной рубки, приведем краткую характеристику опытно-производственного участка до его рубки. Этот участок наиболее полно отражает особенности березово-еловых насаждений с наличием большого количества самосева и подростка ели.

Рельеф опытно-производственного участка ровный, с незначительным повышением в середине. Почва дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая свежая, с постепенным переходом в северной части в дерново-среднеподзолистую легкосуглинистую влажную. Тип леса — березняк-кисличник, состав 6БЗЕ10с+С, I бонитета, запас 256 м³/га. Средний возраст преобладающей породы 55 лет, средняя высота 23 м и средний диаметр 20 см. В насаждении, кроме ели (30%), начинает формироваться из этой породы 2-й ярус.

Живой напочвенный покров представлен в основном кислицей, ятрышником, вороньим глазом, папоротником, калганом, ландышем, буквицей и зелеными мхами. В подлеске кусты лещины, отдельные деревья рябины, можжевельника, крушины ломкой и жимолости обыкновенной.

Следует отметить, что в рассматриваемом насаждении за последние 14 лет проведены проходные и санитарные рубки, при которых было выбрано 80 м³/га ликвидной древесины. В результате проведенных рубок были созданы благоприятные условия для возобновления ели, а также значительно улучшено санитарное состояние насаждения. В этом отношении опытный участок следует считать, с одной стороны, как подготовленный для проведения постепенных рубок, а с другой, как впитавший уже в себя их начальный прием.

До первого приема постепенной рубки было учтено 7,3 тыс. экз.

на 1 га 10—32-летних экземпляров подроста ели высотой от 0,21 м и выше и, кроме того, почти 15 тыс. экз. на 1 га самосева со средним возрастом 7—8 лет.

Отбор деревьев в рубку проводился с учетом размещения самосева и подроста ели. В местах, где не было самосева и подроста или было его мало, верхний полог насаждения изреживался равномерно. В местах же с групповым размещением самосева и подроста в верхнем пологе над ними расширялись или создавались «окна». В связи с тем, что в пределах даже относительно небольшой площади наблюдаются различия в размещении самосева и подроста, в большинстве случаев на лесосеке сочетали принципы равномерного и группового изреживаний насаждения.

Отбор деревьев в рубку проводился с целью перевода лиственного хозяйства в хвойное и повышения продуктивности насаждения. В таком насаждении при полноте 0,8 и выше назначены трехприемные рубки в течение одного класса возраста (20 лет). Интенсивность первого приема около 40% по запасу. При этом полностью выбирались деревья V и IV классов роста, примерно половина ели и березы III класса (в основном отставшие в росте экземпляры) и незначительное количество всех пород II класса роста. Из I класса роста в рубку отбирались старые, наиболее крупные деревья всех пород с пониженным текущим приростом. В рубку назначались также все деревья осины и фаутовые экземпляры других пород. Отбор деревьев в рубку проводился с таким расчетом, чтобы для выращивания оставались преимущественно экземпляры II (70—90% от общего количества деревьев в классе), I и III классов роста (40—60%).

Разработка опытно-производственного участка осуществлена в 1962 г. малой комплексной бригадой в составе 5 человек, скомплектованной на основе трактора ТДТ-40 и двух бензопил «Дружба». При разработке участка испытывалась и усовершенствовалась широко распространенная технология лесосечных работ по постепенным рубкам леса (М. В. Колпиков и др., 1960; Д. И. Дерябин, 1962).

Изменение таксационных показателей после первого приема постепенной рубки в березово-еловом насаждении характеризуется приводимыми ниже данными (табл. 1).

Из показателей табл. 1 видно, что в результате проведенного первого приема постепенной рубки состав насаждения изменен в сторону увеличения количества ели. Вследствие этого до следующего (второго) приема рубки созданы условия для роста и формирования более ценного насаждения, чем до начала работ. Во вновь сформированном при помощи рубок насаждении половина деревьев представлена елью, тогда как до первого приема рубки этой хвойной породы было не более $\frac{1}{3}$ от общего количества экземпляров. Следует полагать, что улучшение качественного состава насаждения позволит не только заменить порослевое березово-еловое насаждение хвойно-лиственным, но и получить при

Изменение таксационных показателей насаждения после первого приема
постепенной рубки

№ по пор.	Показатели	Порода	До рубки	Вырубается	После рубки
1	Состав: по числу деревьев	—	6Б3Е1Ос + С	7Б2Е1Ос, ед. С	5Б5Е, ед. С
2	по запасу	—	6Б3Е1Ос + С	5Б3Ос2Е, ед. С	6Б4Е, ед. С
3	Полнота	—	0,96	0,43	0,53
	Число деревьев, шт/га . . .	С	5	1	4
		Е	275	72	203
		Б	461	259	202
		Ос	42	42	—
	Всего		783	374	409
4	Площадь сечения, м ² /га	С	0,4	0,1	0,3
		Е	8,6	2,4	6,2
		Б	15,0	7,0	8,0
		Ос	2,4	2,4	—
	Всего		26,4	11,9	14,5
5	Средний диаметр, см	С	30,6	40,0	29,2
		Е	19,9	20,6	19,7
		Б	20,4	19,0	22,0
		Ос	27,1	27,1	—
	Средний		20,8	20,5	21,0
6	Средняя высота, м	С	25,3	27,3	24,8
		Е	19,8	20,5	20,1
		Б	22,5	22,0	22,5
		Ос	24,0	24,0	—
	Средняя		21,8	21,9	21,7
7	Запас, м ³ /га	С	4	1	3
		Е	83	21	62
		Б	142	59	83
		Ос	27	27	—
	Всего		256	108	148
8	Интенсивность рубки (%): по числу деревьев	С	—	20,0	В том чис- ле на во- локах
		Е	—	26,5	9,3
		Б	—	54,1	10,5
		Ос	—	100,0	12,2
	Средняя		—	46,6	10,1

№ по пор.	Показатели	Порода	До рубки	Вырубается	После рубки
	по запасу	С Е Б Ос	— — — —	25,0 25,3 41,5 100,0	— 8,0 8,2 14,3
	Средняя		—	42,2	8,7
9	Средний объем хлыста, м ³	С Е Б Ос	0,80 0,30 0,31 0,64	1,00 0,29 0,24 0,64	0,75 0,30 0,41 —
	Средний		0,33	0,30	0,36

следующих приемах рубки более высокий выход деловой древесины.

Полнота насаждения снижена на 45%, что составляет в абсолютной величине 0,43. Такое резкое снижение полноты насаждения на первый взгляд должно бы привести к сильному ветровалу. Однако относительно небольшие изменения в составе насаждения и других таксационных показателях в целом не изменили резко структуру древостоя. Оказалось, что полнота 0,53 после рубки обеспечивает достаточную ветроустойчивость насаждения. За 4 года после рубки буреломные и ветровальные деревья составили всего 0,96% от оставленных для выращивания деревьев ели и березы. Это практически ничтожная величина, если учесть, что летом 1965 г. скорость ветра в отдельные дни достигала до 20 м/сек.

Аналогичные изменения произошли и в количестве деревьев и сумме площадей сечений. Число деревьев на 1 га уменьшилось на 46,5%, а сумма площадей сечений — на 45,2%. Уменьшение количества деревьев на единице площади произошло за счет частичной рубки березы (31,8%) и полной вырубке осины. Из состава насаждения изъяты также пораженные гнилью деревья ели (9,2%).

Вследствие отбора сильно отставших в росте деревьев березы и ели и их крупномерных экземпляров, имеющих пониженный текущий прирост, средняя высота насаждения после первого приема постепенной рубки практически осталась неизменной.

Особо следует указать на изменение среднего диаметра и среднего объема хлыста. Как уже отмечалось, на опытно-производственном участке в течение последних 14 лет проводились проходные и санитарные рубки, следствием которых явилось изменение распределения количества деревьев по ступеням толщины. В результате отбираемые в рубку деревья по среднему диаметру и

среднему объему оказались близкими к этим таксационным показателям насаждения до рубки. Поэтому величина среднего диаметра и среднего объема хлыста после рубки также существенно не изменилась.

Особый интерес представляет на наш взгляд характер распределения числа деревьев, площадей сечений и запасов до рубки, в момент рубки и после рубки. Распределение числа деревьев березы по естественным ступеням толщины до рубки и особенно вырубаемых приближается к кривой нормального распределения со свойственной им положительной асимметрией (рис. 1). Положи-

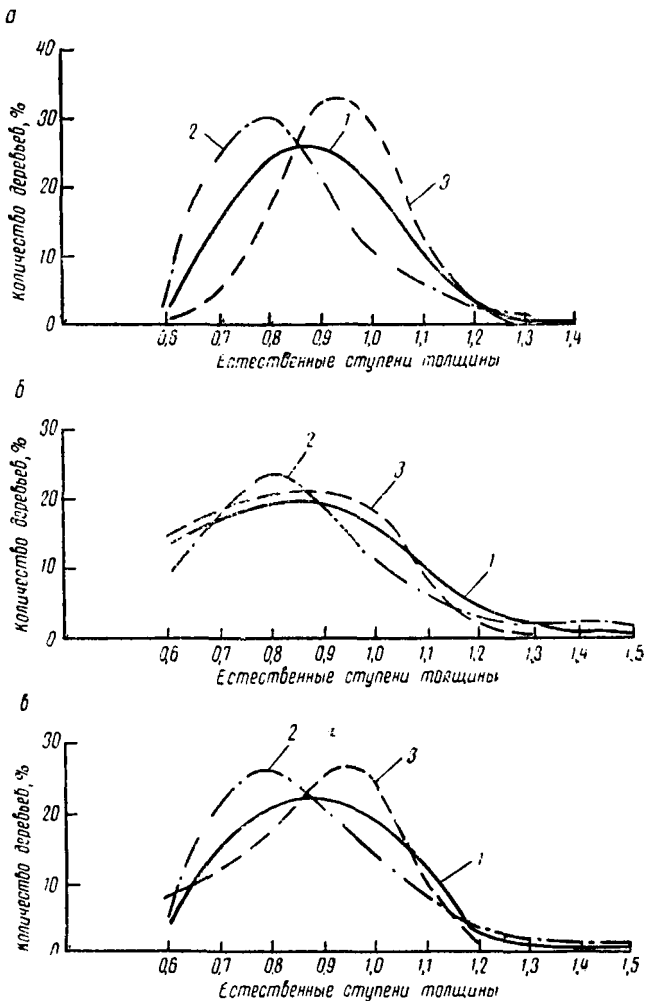


Рис. 1. Распределение количества деревьев по естественным ступеням толщины: а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки; б — ель; в — общее количество деревьев

тельная асимметрия свидетельствует о преобладании в вырубаемой части тонкомерных деревьев березы (ступени толщины 8—16 см), т. е. сильно отставших в росте экземпляров (V—IV классы роста) и сравнительно небольшом количестве деревьев толще среднего дерева. Вследствие такого отбора деревьев в рубку в насаждении остаются экземпляры березы диаметром 20—28 см, которые обеспечивают наибольший «световой прирост». Об этом свидетельствует характер распределения числа деревьев березы по естественным ступеням толщины после рубки, который наиболее точно выражается кривой нормального распределения. Этим достигается

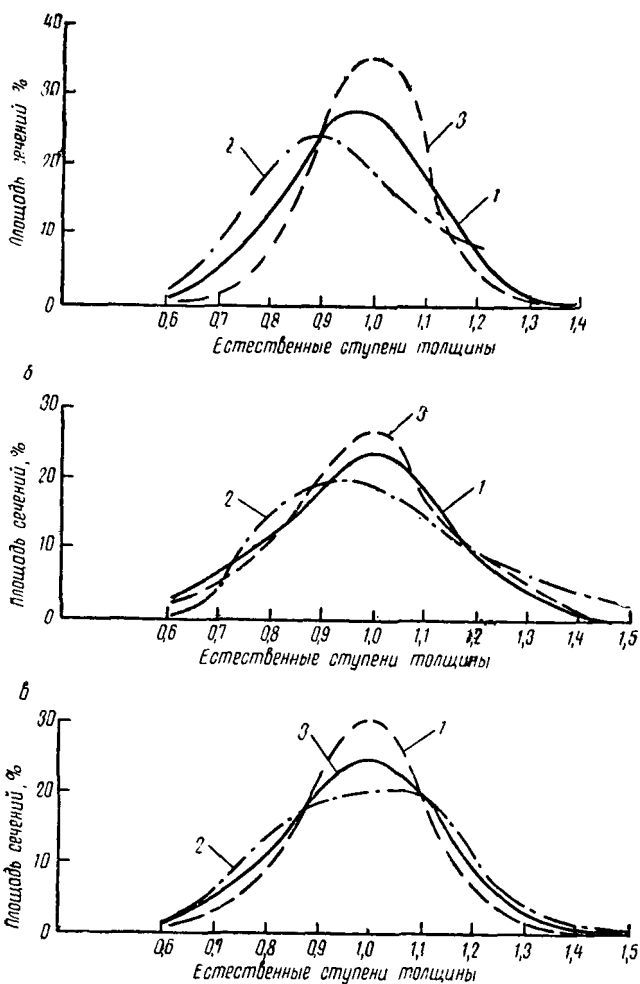


Рис. 2. Распределение площадей сечений по естественным ступеням толщины: а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки; б — ель; в — общая сумма площадей сечений

разрешение основных задач постепенных рубок. Одновременно сохраняется и усиливается целевое назначение этих рубок — возобновление главной породы (ели) естественным путем.

Иное распределение количества деревьев по естественным ступеням толщины у ели (см. рис. 1). Основное количество деревьев ели сосредоточено в низших ступенях толщины. Причиной этого является то, что в составе 1-го яруса ель представлена небольшим числом стволов, а значительное количество ее экземпляров оказалось под пологом березы. Относительно большая выборка ели из ступеней толщины тоньше среднего дерева связана с тем, что эти деревья были поражены гнилью. В целом же, характер распределения общего количества деревьев в насаждении близко к кривой нормального распределения. Амплитуда естественных ступеней толщины у деревьев до рубки, как правило, шире, чем после проведения ее. В итоге структура насаждения имеет определенную тенденцию к улучшению.

Распределение площадей сечений по естественным ступеням толщины ели и особенно березы как до, так и после рубки близко приближается к кривой нормального распределения (рис. 2). Очень близки к кривым площадей сечений и кривые распределения запаса (рис. 3).

Таким образом, после первого приема постепенной рубки в березово-еловом насаждении распределение количества оставленных для выращивания деревьев, их площадей сечений и запаса (по породам) изменяется в сторону концентрации этих показателей около среднего дерева. Эта зависимость сохраняется в целом и для смешанного березово-елового насаждения. Следовательно, искусственная концентрация в распределении указанных таксационных показателей путем рубки (при интенсивности по запасу 30—40%) не

Таблица 2

Количество, площади сечения и запасы деревьев тоньше среднего диаметра

№ по пор.	Показатели	До рубки	Вырубается	После рубки
1	Количество деревьев в насаждении (%):			
	березы	53,9	67,6	38,0
	ели	58,7	60,1	58,0
	во всем насаждении	53,3	59,4	47,9
2	Сумма площадей сечений (%):			
	березы	33,0	44,3	23,1
	ели	30,1	30,5	29,3
	во всем насаждении	29,0	33,3	25,4
3	Запас (%):			
	березы	29,6	39,7	21,3
	ели	23,4	24,2	23,2
	во всем насаждении	24,2	27,7	21,7

вызывает резкого изменения в качественном состоянии насаждения, а лишь способствует восполнению изъятых запасов древесины за счет увеличения текущего прироста. Это находит подтверждение при учете количества деревьев, их площадей сечений и запаса тоньше среднего диаметра (табл. 2).

Из показателей табл. 2 следует, что до начального приема постепенной рубки эти таксационные показатели были во всех случаях выше, чем после рубки. При первом приеме постепенной рубки вырублены преимущественно те деревья, которые не могли бы дать заметного повышения продуктивности насаждения.

Наглядное представление об изменении абсолютного количества деревьев, площадей сечений и запасов в процессе проведения постепенной рубки показано на рис. 4, 5, 6.

В заключение следует отметить, что аналогичные изменения в

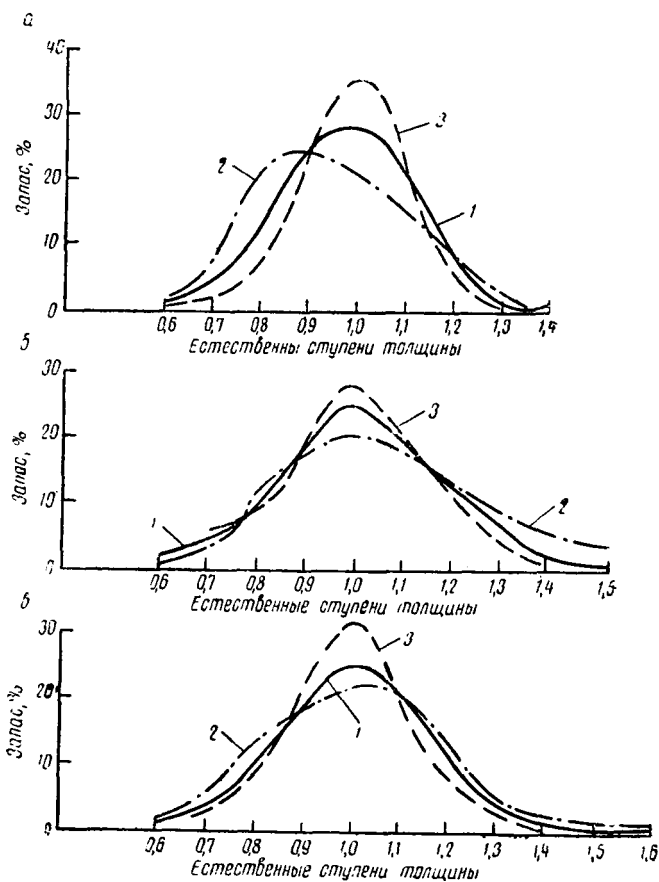


Рис. 3. Распределение запасов по естественным ступеням толщины:

а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки; б — ель; в — общий запас

таксационных показателях и структуре насаждений при проведении постепенных рубок произошли и в других березово-еловых древостоях.

Таким образом, при проведении первого приема постепенной рубки в березово-еловых насаждениях с интенсивностью до 40% по запасу обеспечивается высокая устойчивость древостоев и обнаруживается реальная возможность даже на коротком промежутке времени заменить лиственные насаждения хвойными. Эта задача является в настоящее время одной из важных в развитии лесного хозяйства в центральных районах европейской части СССР, где значительные площади заняты березняками, под пологом которых имеется многочисленный подрост ели.

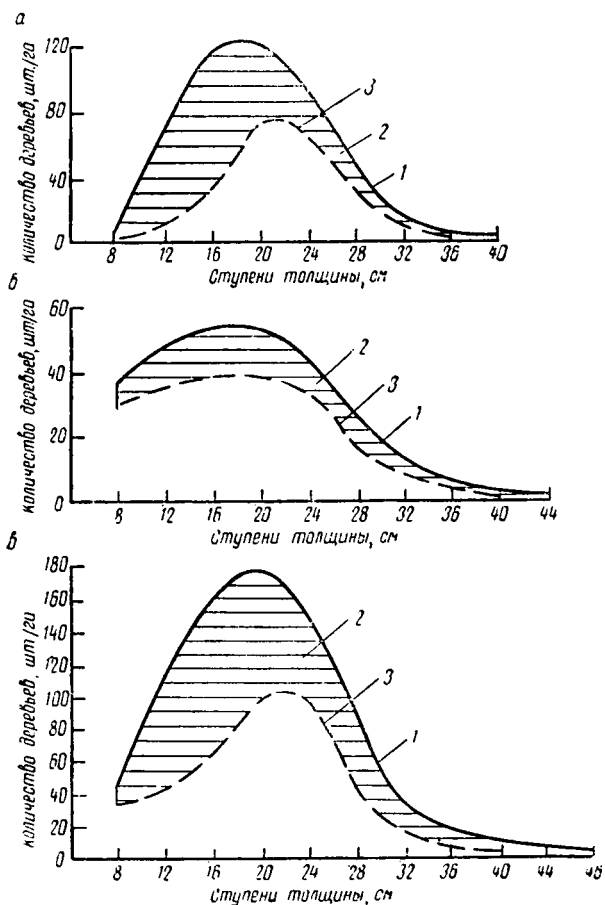


Рис. 4. Изменение количества деревьев при проведении постепенной рубки: а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки; б — ель; в — общее количество

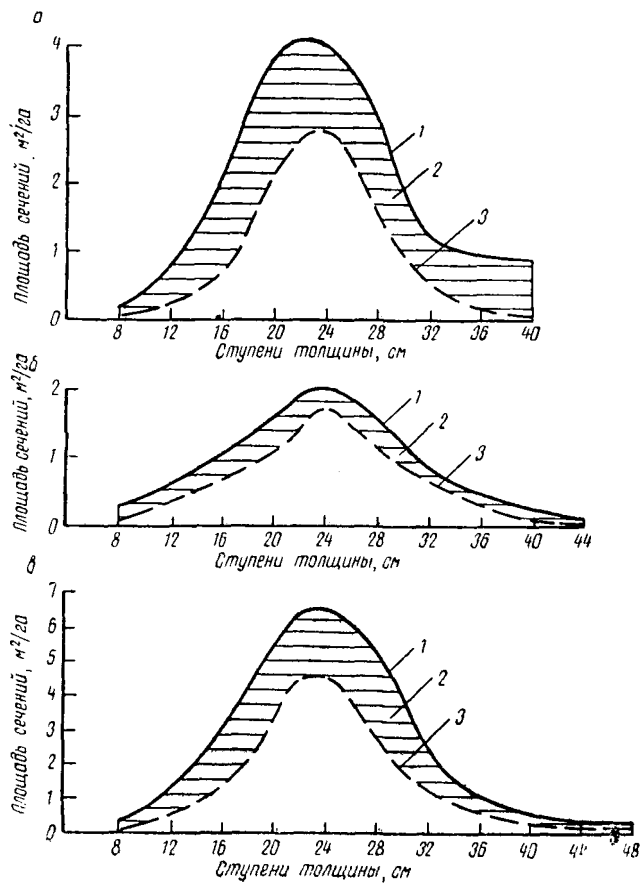


Рис. 5. Изменение площадей сечений при проведении постепенной рубки:

а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки;
б — ель; *в* — общая сумма площадей

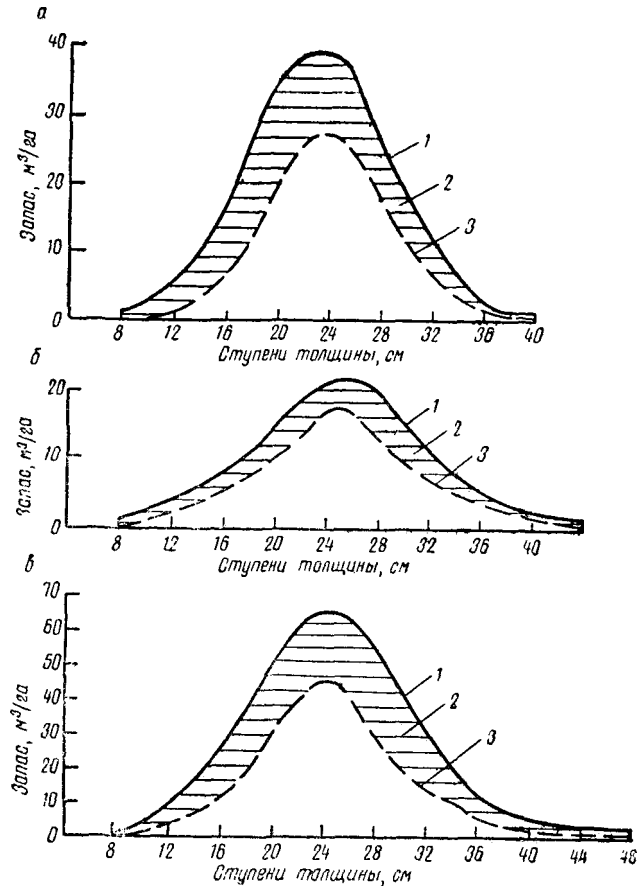


Рис. 6. Изменение запасов при проведении постепенной рубки:

а — береза; 1 — до рубки; 2 — вырубается; 3 — после рубки;
б — ель; *в* — общий запас

ЛИТЕРАТУРА

- Анучин Н. П. Постепенные и выборочные рубки. Пушкино, 1962.
- Гуман В. В. Рубки главного и промежуточного пользования. М.—Л., Сельхозгиз, 1931.
- Дерябин Д. И. Технология работ при постепенных рубках на основе комплексной механизации. Пушкино, 1962.
- Дерябин Д. И. Изменения в структуре насаждений и технология работ при постепенных рубках на основе комплексной механизации. Сб. «Повышение продуктивности и сохранности лесов». М., «Лесная промышленность», 1964.
- Игаунис Г. А. Биологическое и экономическое обоснование постепенных рубок в ельниках-кисличниках на моренных возвышенностях Латвийской ССР. Автореферат кандидатской диссертации, Рига, 1961.
- Колпиков М. В. и др. Постепенные рубки на основе механизации лесосечных работ, 1960.
- Набатов Н. М. Опыт постепенных рубок леса в зимних условиях. Сб. «Новое — производству», М., 1964.
- Туркин А. С., Набатов Н. М. Постепенные рубки в березняках. «Лесное хозяйство», 1964, № 4.
-

**ОПИСАНИЕ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ
И МЕТОДИКА ИХ ОЦЕНКИ
(НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ г. МОСКВЫ)**

А. Я. Родионов

Под ландшафтом в географическом определении подразумевается однородный участок поверхности суши, окаймленный естественными границами, в пределах которых природные компоненты в виде растительности, рельефа, водных пространств, почвы образуют взаимообусловленное единство.

Можно считать, что при относительно спокойном рельефе, которым характеризуется зеленая зона Москвы, главным компонентом ландшафтов является древесная растительность. Следовательно, классификация ландшафтов и методика их описания тесно связаны с характером леса в широком смысле этого слова и с конкретными особенностями лесных насаждений.

Зеленая зона Москвы с границами в виде кольца состоит из двух частей. Леса, наиболее близко расположенные к городу, выделены в лесопарковый защитный пояс, площадь которого в связи с расширением территории столицы увеличилась до 70 тыс. га. Эта территория находится в непосредственном ведении Управления лесопаркового хозяйства Мосгорисполкома. Величина радиуса защитного пояса составляет около 30 км, увеличиваясь до 40 км там, где имеются водохранилища, водные каналы и иные бассейны. За пределами лесопаркового пояса в радиусе 50 км от Москвы располагаются остальные основные лесные массивы зеленой зоны, находящиеся в ведении Московского управления лесного хозяйства, они составляют 446 тыс. га. Кроме того, на территории зеленой зоны имеются приписные леса, леса совхозов и колхозов.

Природные условия зеленой зоны неоднородны. По литературным данным (В. В. Алехин, 1925; Н. А. Солнцев, 1961) и на основе анализа лесоустроительных материалов, выделяются три лесорастительных района: 1) район елово-лиственных лесов; 2) район широколиственных лесов с елью и 3) район сосновых лесов Мещерской низменности (см. рисунок).

Основной фон ландшафтов по лесопарковому поясу характеризуется следующими данными (по лесопокрытой площади).

В районе елово-лиственных лесов, где покрытая лесом площадь составляет 26 тыс. га, для ландшафтов характерно наличие еловых насаждений (25% площади) преимущественно в возрасте от

20 до 70 лет, сосновых (20%) примерно того же возраста и насаждений мелколиственных пород (55%). В числе последних наибольшее распространение имеют береза (32%) и осина (11%). Небольшими площадями вкраплены широколиственные породы в виде дуба (8%) с примесью липы и мелколиственных пород.

В районе широколиственных лесов, в котором покрыто лесом 14,5 тыс. га, дубовые насаждения занимают 20% площади, березовые — 37%, осиновые — 12%, липовые — 5%, сероольховые — 4%.

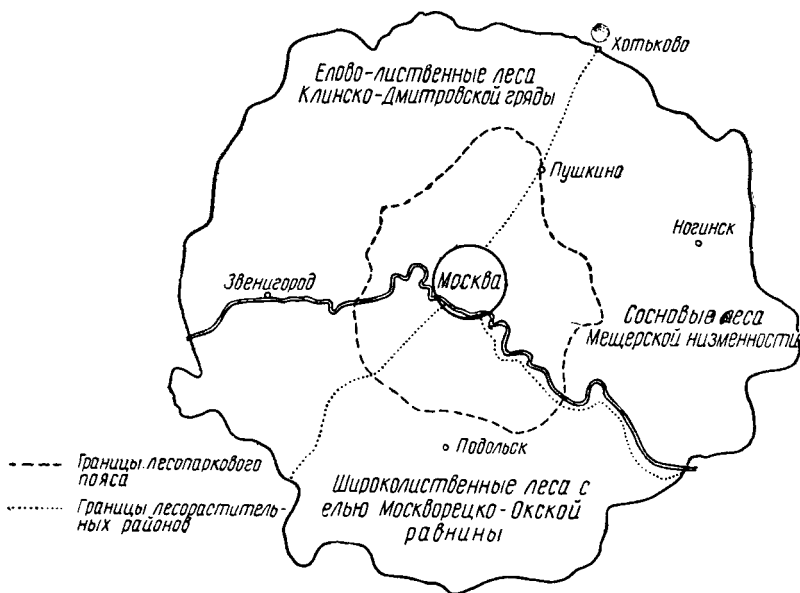


Схема зеленой зоны Москвы

Остальная площадь (4,4 тыс. га) занята сосновыми и еловыми насаждениями преимущественно молодого возраста.

В районе сосновых лесов (покрыто лесом 15 тыс. га) наибольшее значение для создания ландшафтов имеют хвойные насаждения, среди которых сосновых 45% и еловых 15%. Хвойные насаждения здесь старше по сравнению с такими же насаждениями других районов.

Специальными комплексными исследованиями ВНИИЛМ (Родионов, Шумаков, Бредихина, Гурьянова, 1966) было установлено, что жизнеспособность хвойных насаждений в этом районе во многих случаях ослаблена, это вызывается несколькими причинами антропогенного и стественно-исторического характера:

1) несоответствие почвенно-грунтовых условий для устойчивого и долговечного произрастания ельников на легких маломощных суглинках, подстилаемых слоистыми песками;

2) резкое отклонение от средних показателей климатических явлений в отдельные годы, когда испарение в вегетационный период значительно превышает количество выпавших осадков;

3) значительная загрязненность воздуха сернистым анагидридом, хлором и фтористыми соединениями, нарушающими важные физиологические процессы — транспирацию, фотосинтез и дыхание;

4) сильное нарушение условий лесной среды, в особенности в еловых насаждениях, вследствие неправильной хозяйственной деятельности в прошлый период;

5) наличие в насаждениях, в особенности в еловых, значительного количества ослабленных деревьев влечет за собой заселение их вторичными вредителями (типографом, двойником, смолевками). Наряду с этим более усиленно распространяются грибные заболевания (опенок, корневая губка);

6) в некоторых случаях, в особенности в ельниках с поверхностной корневой системой, вредное влияние на жизнеустойчивость насаждений оказывает сильное уплотнение почвы.

Таким образом, работами ВНИИЛМ установлено, что на понижение жизнеустойчивости хвойных насаждений в восточном секторе лесопаркового пояса влияет комплекс вредных причин. Это влияние надо рассматривать обязательно во взаимосвязи с естественно-историческими условиями и антропогенными факторами.

В целом хвойные и лиственные насаждения лесопаркового пояса и зеленой зоны за его пределами характеризуются следующими данными (табл. 1).

В лесопарковом поясе хвойные насаждения (сосна, ель) занимают 44% площади, как видно из данных табл. 1, они относительно равномерно распределяются по группам возраста, но все же спелых насаждений недостаточно, к ним по ранее произведенному лесоустройству отнесены насаждения V класса возраста.

Таблица 1

Распределение хвойных и лиственных насаждений по группам возраста, %

Преобладающие породы	Молодые		Среднего возраста	Приспевающие	Спелые	Выше возраста спелости
	I класс	II класс				
Лесопарковый пояс						
Хвойные	24,0	16,5	29,0	21,0	8,2	1,3
Лиственные	8,1	15,3	41,0	17,0	10,4	8,2
Зеленая зона за пределами лесопаркового пояса						
Хвойные	21,2	15,1	60,4	3,2	0,1	—
Лиственные	5,0	13,9	61,3	11,7	7,0	1,0

Лиственные насаждения (березовые, осиновые, дубовые, липовые, сероольховые) занимают 56% площади с преобладанием средневозрастных и приспевающих (для мягколиственных спелость — V класс). В зеленой зоне за пределами лесопаркового пояса хвойные насаждения занимают 40% покрытой лесом площади при отсутствии спелых насаждений и резком преобладании средневозрастных. Лиственные насаждения (те же породы, что и в лесопарковом поясе) составляют 60% площади с преобладанием средневозрастных и приспевающих.

Таблица 2

Средние таксационные показатели насаждений
лесопаркового пояса

Состав насаждений	Возраст, лет	Бонитет	Полнота
8С2Е+Б,Ос	50	I, 3	0,66
7Е1С1Б10с+Д	52	I, 3	0,68
8Лц1С1Е+Б	8	I, 5	0,67
6Д2Б2Ос+С,Е,Лп	54	III, 0	0,59
6Б2Ос1Е1Д+С,Лп	32	I, 6	0,69
7Ос2Б1Е+Д,С,Ол	27	I, 9	0,71
6Лп2Ос1Б1Д,ед,С	40	II, 2	0,67
8Ол1Ос1Е+Д,С	22	II, 2	0,70

Таксационные показатели, имеющие непосредственную связь с оценкой достоинств ландшафтов в обобщенном виде по лесопарковому поясу, представлены в табл. 2, из которых можно установить большие потенциальные возможности для выращивания насаждений, отличающихся мощным ростом. Максимальная сложность состава характеризуется четырьмя древесными породами первой величины, а учитывая единичную примесь, она достигает шести пород.

Таксационные показатели насаждений, произрастающих в зеленой зоне за пределами лесопаркового пояса, мало отличаются от данных табл. 2.

По типам условий местопроизрастания, которые играют важную роль в ландшафтах, территория всей зеленой зоны характеризуется следующими данными.

В районе елово-лиственных лесов преобладающими типами леса являются сурамени и сложные субори, занимающие соответственно 37 и 32% площади. В этих условиях произрастают коренные еловые насаждения высокой продуктивности I и II бонитетов с примесью сосны и лиственных пород. Значительная площадь лесов этих типов представлена производными березовыми и осиновыми насаждениями, имеющими в своем составе примесь ели, сосны и дуба. Продуктивность производных типов леса также характеризуется высоким классом бонитета.

Несколько меньшее распространение имеют судубравы, зани-

мающие 16% площади. Эти типы леса представлены в основном насаждениями с преобладанием дуба и липы, производными листовыми породами (березы, осины), средней и высокой продуктивности. На долю остальных групп типов леса приходится всего 6% площади лесов этого района.

В районе широколиственных лесов с елью около половины (44%) площади занимают судубравы, для которых характерны дубовые, еловые, липовые, березовые и осиновые насаждения смешанного состава. В результате сильных рубок в прошлом коренные дубовые и липовые насаждения сменились производными березовыми и осиновыми насаждениями, занимающими в настоящее время 75% площади лесов района.

Для насаждений с преобладанием сосны характерны сложные субори преимущественно на супесчаных почвах, подстилаемых моренной супесью. Еловые насаждения произрастают преимущественно в условиях сурамени.

В районе сосновых лесов наибольшее распространение имеют субори (78%). В ельниках преобладают сложные субори. Производные березовые и осиновые насаждения этих типов, возникшие на месте срубленных хвойных лесов, не всегда занимают соответствующие им условия местопроизрастания и поэтому характеризуются меньшей продуктивностью. В отличие от других лесорастительных районов здесь около 4—5% площади занято насаждениями, произрастающими в избыточно-увлажненных условиях.

Из приведенных выше данных следует, что леса зеленой зоны по своим потенциальным возможностям являются могучим санитарно-гигиеническим фактором для Москвы. Эти же возможности относятся и ко второй функции зеленой зоны—эстетической, которая играет особую роль на территории лесопаркового пояса. Для усиления этих функций необходимы дифференцированные методы организации лесного хозяйства, которые могли бы служить основанием для проектирования мероприятий по улучшению ландшафтов или по сохранению их высоких достоинств.

Известно, что за исходные положения принимаются хозяйственные части и хозяйственные секции (Н. П. Анучин, 1962). По нашим данным (А. Я. Родионов, 1965), в лесопарковом поясе зеленой зоны Москвы целесообразно выделить две хозяйственные части: парковую и лесопарковую. В парковую хозчасть включаются лесные массивы, в которых уже ведется хозяйство по типу загородных парков, т. е. имеющие элементы благоустройства и особенно интенсивно посещаемые населением в целях отдыха. Здесь отпадает необходимость установления хозяйственных секций, поскольку все виды мероприятий лесоводственного характера должны проектироваться и осуществляться применительно к каждому таксационному выделу (участку). Основой для назначения тех или иных лесоводственных мероприятий должен являться характер почвенных условий и данные детальной таксации насаждений и других категорий площадей с описанием ландшафтов (по методике, при-

веденной в дальнейшем изложении). Общее направление работ в этой хозчасти должно способствовать сохранению и усилению жизнеустойчивости насаждений, а также усилению их декоративных качеств.

Во многих случаях работы по организации территории в виде устройства дорог, тропинок, выделения участков для массового отдыха и другие могут составлять главную задачу хозяйственных мероприятий. Рубка леса в общепринятом ее значении в этой хозчасти исключается. Может производиться только уборка мертвых деревьев, а также обрезка сухих вершин, сухих ветвей и др. Лесокультурные мероприятия должны быть направлены на выращивание отдельных деревьев или их групп в возможно короткий срок, что прежде всего связано с применением крупномерного посадочного материала и высокой агротехникой посадки и ухода за культурами.

В лесопарковую хозчасть выделяются основные лесные массивы лесопаркового пояса. В отличие от парковой хозяйственной части эти лесные массивы имеют пока только лесопарковое значение и роль парков могут приобрести лишь в будущем. Организация хозяйства здесь имеет менее длительный характер по сравнению с первой хозчастью. Однако принятый обычно в лесоустройстве принцип организации хозяйственных секций только по преобладающим породам и по их продуктивности (по бонитетам) не будет полностью отвечать задачам хозчасти. Первостепенное значение здесь должна иметь система хозяйства, основанная на использовании природных свойств типов леса.

Учитывая, что во многих случаях в подмосковных лесах характерные признаки типов леса нарушены антропогенными факторами, целесообразно хозяйственные секции устанавливать, основываясь на условиях местопроизрастания и группах типов леса (Мотовилов Г. П., 1955). Вместе с тем следует за исходное положение принимать и преобладающие породы (табл. 3).

В выделяемых секциях мероприятия должны намечаться по таксационным выделам с учетом территориального размещения последних и улучшения основных функций (санитарно-гигиенической и эстетической).

Целесообразность рубки спелых насаждений по объему и сроку должна вытекать из их состояния, которое устанавливается путем осмотра участков леса в натуре. Как правило, возраст этих насаждений будет близок к естественной спелости. Способы рубок не должны резко нарушать лесной среды, что лучше всего может быть достигнуто добровольно-выборочными и постепенными рубками.

Назначение рубок ухода в строгом соответствии с их общепринятым разделением на виды в зависимости от возраста насаждений не всегда может обеспечить желательные результаты работ в этой хозчасти. Выборка деревьев для рубки и степень изреживания насаждений могут одновременно касаться нескольких видов ухода, классифицированных по возрастному их делению.

Хозяйственные секции в лесопарковой хозяйстве

Лесорастительные районы		
елово-лиственных лесов	широколиственных лесов с елью	сосновых лесов
Преобладающие условия местопроизрастания С ₂ С ₃	Преобладающие условия местопроизрастания С ₂ С ₃ и переходных от С ₂ к Д ₂	Преобладающие условия местопроизрастания В ₂ В ₃
Основные типы леса: числичниково-май- никово-грушанковые, лещиновые, липовые	Основные типы леса: липовые, лещиновые, широкоотравные	Основные типы леса: черничниковые, кис- личниково-майниковые, брусничниковые
Еловая Сосновая Березовая	Дубовая Хвойная Березовая	Сосновая Мелколиственная

При лесовосстановительных мероприятиях на не покрытых лесом площадях поляны величиной около 0,25—0,5—1 га, улучшающие ландшафты и используемые населением при массовом отдыхе, следует оставлять необлесенными, назначая здесь лесокультурные мероприятия лишь для оформления опушек.

Для формирования деревьев с хорошо развитыми кронами, что важно для достижения большей их жизнеустойчивости против вредных факторов и улучшения ландшафтов, лесные культуры следует создавать густотой примерно 4—5 тыс. на 1 га. Задернение почвы в первые годы жизни культур может быть предотвращено введением кустарниковых и сопутствующих пород. Смешение пород должно преследовать улучшение декоративности с обеспечением лучших условий для роста. Целесообразно создавать культуры однопородными группами с чередованием их на площади, предусматривая прогулочные дороги и тропы.

Третью хозяйственную часть зеленой зоны должны составить лесные массивы, располагающиеся за пределами лесопаркового пояса, находящиеся в ведении нескольких лесхозов Московского управления лесного хозяйства. Здесь значительную роль играют и эксплуатационные факторы в виде отпуска древесины на местные нужды, а также другие пользования (сенокосение) и в соответствующих местах пастьба скота в лесу.

В основу расчета пользования древесиной должно быть положено наличие насаждений, возраст которых превышает возраст технической спелости не менее, чем на один класс при спелости, определяемой по крупным и средним сортиментам. Целесообразность этого подтверждается тем, что высокое качество хвойной и березовой древесины сохраняется в течение I—1,5 класса и за пределами технической спелости. Эти возрасты рубок будут выражаться в следующих величинах: для соснового хозяйства (в среднем I—II бонитетов) — VI класс (свыше 100 лет), для елового хо-

зайства (I—II бонитетов) — VI класс (свыше 100 лет), для березового хозяйства (в среднем II бонитет) — VII класс (свыше 70 лет), для дубового хозяйства (при среднем III бонитете) — IX класс (свыше 80 лет).

Основанием для рекомендуемых возрастов рубок послужили данные исследований К. Б. Лосицкого (по хвойным) и А. Я. Родионова (по березе), опубликованные в трудах Института леса АН СССР (1961). Дуб семенного происхождения, который в местных условиях характеризуется II бонитетом, заметно теряет свои технические качества в возрасте около 120 лет. Общее значение лесов этой территории зеленой зоны выражается главным образом в создании санитарно-гигиенических условий вокруг столицы, поэтому эту хозяйственную часть целесообразно именовать общесанитарной. При этом направлении данной хозчасти не исключается целесообразность выделения лесопарковых частей вокруг некоторых городов районного значения.

В настоящее время хозяйственные секции на этой территории установлены по итоговым данным таблиц классов возраста о преобладающих породах. Этот принцип возможно оставить на ближайшие 5—10 лет. В дальнейшем эта часть зеленой зоны приобретает в значительной степени равноценное значение со второй хозяйственной частью, и секции в ней могут быть установлены с учетом лесорастительных условий и групп типов леса с назначением мероприятий применительно к отдельным участкам. Наряду с этим, следует обратить внимание на работы по реконструкции фауных осинников и насаждений ольхи серой.

Вполне обоснованно можно считать, что в настоящее время мы имеем в виду перспективу 5—10 лет, лесные ландшафты в массовом порядке целесообразно описывать только на территории лесопаркового пояса.

В литературе и в практике лесоустроительных работ имеются следующие суждения по вопросам лесных ландшафтов.

В. Д. Пряхин (1954) при разработке Леспроектom в 1950—1951 гг. плана восстановления и развития лесного хозяйства в 50 км зеленой зоны г. Москвы предложил следующую группировку ландшафтных выделов: 1) открытые участки; 2) молодняки с лужайками; 3) рединные ландшафты (сомкнутость 0,1—0,3); 4) разреженные древостои (сомкнутость 0,4—0,6); 5) сомкнутые древостои (сомкнутость 0,7—1,0); 6) высокополнотные молодняки, сомкнутость свыше 0,8 (под сомкнутостью подразумевается полнота). Оценка ландшафтных выделов при этих работах давалась по пятибалльной системе на основании зрительного восприятия таксатора. Основными признаками высокой оценки ландшафтов являлись расчлененность насаждений, обусловленная ярусностью, их красочность и другие особенности таксационного выдела, не связанные со строением насаждений, — пересеченность рельефа, наличие водных пространств.

Используя данные В. Д. Пряхина, можно установить, что в пре-

делах, выделяемых им ландшафтных групп, высшая оценка (баллы 4 и 5) дана следующей площади (в %):

в изреженных древостоях (сомкнутость 0,4—0,6)	39
в рединых древостоях (сомкнутость 0,1—0,3)	33
в сомкнутых древостоях (сомкнутость 0,7—1,0)	27
для открытых участков	22
в молодняках с лужайками	15
в высокополнотных молодняках (сомкнутость свыше 0,8)	5

Таким образом, можно сказать, что насаждения зеленой зоны в общей своей массе характеризуются средней эстетической оценкой, что необходимо учитывать при проектировании мероприятий при лесоустройстве.

Недостатком приведенной классификации является то, что она основана только на степени сомкнутости насаждений, без учета преобладающих древесных пород и формулы состава насаждений. Вместе с тем необходимо отметить большое значение предложения В. Д. Пряхина, который один из первых применил ландшафтную оценку на большой площади (около 70 тыс. га).

В учебнике «Лесоустройство» (1961) выделяются такие типы ландшафтов: 1) закрытые ландшафты с полнотой 0,6 и выше; 2) полуоткрытые ландшафты (с полнотой 0,3—0,5) с групповым или равномерным размещением деревьев; 3) открытые ландшафты: без деревьев, с единичными деревьями и редины.

Эстетическую оценку каждого выдела рекомендуется производить по 3-балльной системе. К 1-му классу относятся участки с высокими декоративными качествами, которые уже в данном состоянии могут являться местом для отдыха. Ко 2-му классу относятся участки также с декоративными качествами, но требующие для их улучшения реконструкции. К 3-му классу относятся малоценные в эстетическом отношении участки. Следовательно, эти рекомендации основаны на тех же принципах, что и предложения В. Д. Пряхина, но они даются в более обобщенной форме.

И. Д. Родичкин (1958), рассматривая вопрос о композиции лесопаркового ландшафта, справедливо указывает, что впечатление от пространственного размещения насаждений дополняется и усиливается красочной гаммой, создаваемой различными оттенками окраски листьев и стволов древесных пород, цветением кустарников, а также луговым покровом. Решающим фактором является характер растительных группировок.

В отношении оценки пейзажей для условий Украины И. Д. Родичкин отмечает, что наибольшую декоративность представляют сосновые и березовые насаждения высших бонитетов. В них хорошо выражена лесная обстановка и ограниченное освещение с отдельными солнечными бликами на поверхности почвы. Богатый породный состав широколиственных насаждений, затенение и прохлада особенно благоприятны для южных областей с жарким и сухим летом.

Вполне можно согласиться и с тем заключением, что сомкнутые насаждения хорошо обрамляют ландшафты открытых и полуоткрытых пространств и служат для них фоном и непосредственно влияют на характер открытого пространства.

Вместе с тем трудно согласиться с выводом этого автора, что особого внимания заслуживают изреженные насаждения. В действительности, как показывают наблюдения в зеленой зоне Москвы, оставление редин без их преобразования целесообразно только в тех случаях, когда деревья в единичном их расположении сформировались с молодого возраста.

И. Д. Родичкин предлагает для лесной зоны следующее распределение площадей по категориям ландшафта (в %):

закрытые пространства (сомкнутость 1,0—0,6)	45
полуоткрытые пространства (сомкнутость 0,2—0,5)	30
открытые пространства (сомкнутость не свыше 0,1)	25

По нашему мнению, в категорию полуоткрытых пространств следовало бы внести поправки, поскольку сомкнутость от 0,2 до 0,5 далеко неравноценна при установлении достоинств ландшафтов. Вызывает также сомнения ориентация автора иметь в составе лесов открытые пространства в размере 25% от общей площади, так как это может повлечь к потере лесной обстановки и вызвать ветровальность некоторых насаждений.

В. П. Ковтунов (1962), учитывая опыт лесоустройства зеленых зон Москвы, Ленинграда, Киева, дает полезные рекомендации по выделению типов ландшафтов.

А. Ландшафты закрытых пространств. Тип I — одноярусные древостои всех типов леса, преимущественно с равномерным размещением стволов, с сомкнутостью крон 0,6 и выше.

Тип Ia — разновозрастные и разновысотные древостои, образующие ступенчатую и ярусную сомкнутость.

Б. Ландшафты полуоткрытых пространств. Тип II — ландшафты, характеризующиеся равномерно расположенными по площади насаждениями разного состава, при сомкнутости от 0,3 до 0,6.

Тип IIa — ландшафты, образующиеся неравномерным групповым и куртинным размещением деревьев и кустарников с наличием небольших, сообщающихся между собой полян. Полнота насаждения 0,3—0,5.

Тип IIб — характерны ландшафты в виде редин с единичным и групповым размещением деревьев полнотой 0,2 с наличием кустарников и богатой травяной растительности.

В. Ландшафты открытых пространств. Тип III — ландшафты, образуемые лугами, полянами, прогалинами, создающие возможность осмотра местности на различные расстояния.

Тип IIIa — поляны, прогалины, вырубки, несомкнувшиеся культуры и мслодняки не выше 2 м с единичным и куртинным размещением деревьев и общей полнотой не выше 0,1.

Тип IIIб — луга, поляны, прогалины и другие не покрытые ле-

сом площади с наличием кустарников при единичном и групповом размещении.

По эстетической оценке ландшафтов В. П. Ковтунов устанавливает пять классов.

К первому классу относятся хвойные и лиственные чистые и смешанные насаждения высших бонитетов, в которых не требуется проведение лесоводственных и оздоровительных мероприятий.

Второй класс эстетической ценности представляют хвойные и лиственные насаждения средних бонитетов. В них требуется уборка единичных деревьев (мертвых, поврежденных), очистка от захламленности, изреживание подлеска.

К третьему классу эстетической ценности относятся хвойные и лиственные насаждения на очень сухих и сухих песчаных и супесчаных почвах, а также на сырых суглинистых супесях и суглинках. По составу и состоянию насаждения характеризуются удовлетворительным качеством.

Четвертый класс эстетической ценности представляют собой сосновые, березовые, ольховые и еловые древостой низких бонитетов, а также насаждения, требующие сплошных санитарных рубок, проведения осушительных работ.

К пятому классу относятся насаждения, произрастающие еще в более худших условиях по сравнению с четвертым.

Эстетическую оценку не покрытых лесом площадей, подлежащих облесению, этот автор предлагает определять по условиям местопроизрастания с учетом тех пород, которые могут образовать коренные древостой на этих площадях.

Представляют также интерес высказывания Л. И. Рубцова (1956) о том, что характер лесных ландшафтов, их гигиенические и эстетические особенности наиболее полно выражаются в типах леса. В создании лесного ландшафта особую роль играют растения (эдификаторы), составляющие основу данного фитоценоза и определяющие его фитосреду. Создавая благоприятные условия для одних компонентов и неблагоприятные для других, эдификатор тем самым определяет состав насаждения и экологию для нижних ярусов растительности.

Л. И. Рубцов справедливо отмечает, что древесные породы — экзоты, хотя и обладают высокой декоративностью, но в большинстве случаев уступают отечественным породам эдификаторам в долговечности, устойчивости и способности образовывать насаждения лесного типа.

В инструкции по устройству государственного лесного фонда СССР (1964) приняты следующие типы ландшафтов.

1. Закрытый ландшафт:

а) горизонтальной сомкнутости — одноярусные, разновозрастные насаждения с равномерным размещением и горизонтальной сомкнутостью крон от 0,6 и выше;

б) вертикальной сомкнутости — многоярусные смешанные или чистые насаждения нескольких поколений с равномерным или

групповым размещением деревьев и кустарников, при общей полноте 0,6 и выше.

2. Полуоткрытый ландшафт:

а) равномерного размещения деревьев. Сомкнутость древостоя 0,2—0,5;

б) группового размещения деревьев.

3. Открытый ландшафт.

Участки с минимальной (до 10%) степенью заполнения территории единичными деревьями и кустарниками или при отсутствии этой растительности.

Эстетическую оценку насаждений по лесоустроительной инструкции рекомендуется давать по трем классам.

I класс — хвойные и лиственные насаждения I—II бонитетов на свежих и сухих почвах с длинными и широкими кронами деревьев, с хорошей проходимостью по участку, здоровым, красивым подлеском и подростом средней густоты, отсутствием на участке захламленности и мертвого леса.

II класс — насаждения средних классов бонитета на свежих и влажных почвах с участием ольхи и осины до 5 единиц состава, при средней ширине и длине крон, густом или угнетенном подросте и подлеске с частичной захламленностью (до 5 м³ на 1 га).

III класс — насаждения с преобладанием ольхи и осины, а также хвойных низших классов бонитета на сырых и мокрых почвах, с плохо развитой кроной и наличием захламленности и сухостоя от 5 м³ на 1 га и выше.

Можно считать, что лесоустроительная инструкция (издания 1964 г.) не содержит новых принципиальных положений по улучшению классификации ландшафтов и по оценке их эстетических достоинств. Вместе с тем этой инструкцией исполнители работ обязываются устанавливать также устойчивость насаждений и их санитарно-гигиеническое значение. Эти показатели полезно определять при описании участков в зеленых зонах, однако нельзя согласиться с тем, что к первой (наивысшей) степени устойчивости по инструкции надо относить насаждения, в которых деревья нормального роста и развития (неизвестно, что понимается под нормальностью) могут составлять только 50%, а второй степенью устойчивости оцениваются насаждения, если в них имеется лишь 25% деревьев нормального роста. Конечно, такие насаждения нельзя признать жизнеустойчивыми.

В итоге анализа литературных и производственных данных о классификации лесных ландшафтов и об оценке их достоинств можно прийти к выводу, что эти вопросы еще не получили полного разрешения в науке и практике работ.

Как показывают наши работы в зеленой зоне Москвы, классификация ландшафтов должна основываться не только на степени сомкнутости насаждений, на что есть ссылки во многих работах, а и на других признаках и прежде всего на характере лесных формаций и особенностях условий местопроизрастания.

Легко убедиться, что при одной и той же сомкнутости насаждения с преобладанием сосны, ели или березы производят совершенно различное зрительное впечатление и, следовательно, их ландшафтные достоинства будут оцениваться по-разному.

Исключительно большую роль в пределах насаждения (эдификатора) играет его возраст. При прочих равных условиях высоковозрастные насаждения производят более благоприятное впечатление, чем молодые.

Необходимо также сказать, что сомкнутость насаждений, как показатель достоинства ландшафтов, тесно связана с их возрастом. Например, старовозрастные насаждения сомкнутостью около 0,6 по ландшафтным достоинствам более привлекательны, чем разреженные молодые насаждения с преобладанием тех же пород.

Значительную роль при оценке достоинства ландшафтов играют также второй ярус, подрост, подлесок и характер травяного покрова.

Необлесенные площади в виде полян (прогалин) имеют свои специфические особенности и на их ландшафтные достоинства влияют другие природные элементы по сравнению с облесенными площадями. В определенных условиях местопроизрастания на ландшафтные достоинства полян прежде всего влияет величина кругозора, наличие отдельных или групп деревьев и кустарников. характер травяного покрова, рельеф.

Исходя из приведенных выше общих данных о природных условиях, характера и состава насаждений, типов условий местопроизрастания, классификацию лесных ландшафтов зеленой зоны Москвы целесообразно представить в следующем виде (табл. 4 и 5).

Применение классификаций, приведенных в табл. 4 и 5, позволяет сделать более определенные суждения о характере лесных

Таблица 4

Классификация ландшафтов, образуемых лесными насаждениями в зеленой зоне Москвы

Основные классификационные показатели в пределах эдификатора (преобладающей породы)			
Условия местопроизрастания	Группа возраста	Сложность состава	Сомкнутость
Свежие боры и суборн	Высоковозрастные	Сложный (4—5 пород 1 и 2-го ярусов)	Сомкнутые (полнота 1,0—0,6) Разреженные (0,5—0,3)
	Средневозрастные		
Сурамени и субдубравы Переувлажненные типы условий произрастания	Молодые	Простой	То же
	То же	То же	
	»	»	

Классификация ландшафтов, образуемых необлесенными площадями

Основные классификационные показатели необлесенного ландшафта			
по характеру рельефа и почвы	по величине кругозора	по наличию древесной растительности	по травяному покрову
Ровный или пересеченный с дренированными почвами	Крупные кругозоры (около 10 га) Средней величины (около 5 га) Малые кругозоры	Редины Кустарниковые породы Без древесной и кустарниковой растительности	Мощный и разнообразный Слабо развитый
Переувлажненные почвы	То же	То же	То же

ландшафтов в зеленой зоне и в частности в ее лесопарковом поясе, в котором проведение ландшафтной таксации должно быть обязательным на всей площади.

Необходимо установить наиболее объективные признаки для оценки достоинств ландшафтов, найти объяснение тому, за счет каких элементов создается общая оценка того или иного ландшафта, поскольку в литературе и в практике лесоустройства эта часть вопроса так же, как и классификация ландшафтов, разработана недостаточно.

В условиях довольно спокойного рельефа территории зеленой зоны основным компонентом ландшафта является древесная растительность. Оценка достоинств ее по слагающим элементам будет более достоверной и позволит в известной мере прогнозировать степень и характер возможных изменений в ландшафтах, что весьма важно для практической деятельности хозяйственных организаций. Возможно также предусмотреть при проектировках положительные и отрицательные явления, могущие возникать как по естественным причинам, так и под воздействием человека. Наиболее быстрые изменения лесных ландшафтов вызывают мероприятия в виде рубок реконструктивного характера, при работах по лесовосстановлению, при устройстве различных трасс, дорог и т. п.

В порядке опытно-производственной проверки можно рекомендовать следующий метод оценки достоинств ландшафтов с учетом оценки достоинств отдельных их элементов (табл. 6, методический пример эстетической оценки насаждений).

В виде обобщения полученных данных по эстетической оценке ландшафтов зеленой зоны Москвы можно отметить следующее.

Наиболее красивые ландшафты можно встретить в условиях сложных суборей, сураменей и судубрав, где имеются потенциальные возможности для произрастания насаждений со сложным составом (см. табл. 3). При прочих равных условиях выделяются своей красотой сосновые и березовые насаждения высших бонитетов высокого возраста, с полнотой около 0,6—0,7. Пониженная

Методический пример эстетической оценки ландшафта, создаваемого насаждением

Классификационные показатели ландшафта	Характеристика показателей ландшафта	Класс эстетической оценки элементов ландшафта, в основном влияющих на его достоинства: I (высший), II, III
<p>Условия местопроизрастания и тип леса</p> <p>Состав и строение полога</p> <p>Возраст насаждения</p> <p>Толщина деревьев и их высота</p> <p>Сомкнутость (полнота) и преобладающая протяженность и характер крон деревьев</p> <p>Второй ярус и подрост</p> <p>Травяной и моховой покров</p> <p>Дополнительные данные: рельеф и экспозиция местности, дороги, тропы, ручьи, пруды, местоположение участка и др. его особенности</p>	<p>См. табл. 4</p> <p>Указывается сложность состава и приводится полная формула его</p> <p>Указывается преобладающий возраст и по составляющим породам. Жизнеустойчивость и причины ее понижения</p> <p>Показываются средние значения, особенности этих элементов, бонитет</p> <p>Указывается полнота и ее колебания по участку. Протяженность крон в долях от высоты. Особенность по их ширине — узкие, широкие</p> <p>Указывается возраст, высота, жизнеустойчивость, густота и характер размещения второго яруса или подроста и преобладающим видом растений</p> <p>Дается описание по густоте</p>	<p>Оценка ландшафта в целом</p> <p>Мероприятия для улучшения ландшафта</p> <p>Дата и время для описания участка</p>

полнота до 0,3—0,4 в насаждениях относительно высокого возраста, если это было вызвано усыханием деревьев, снижает достоинства ландшафтов, в особенности при слабо развитых кронах хвойных пород. Второй ярус и подрост хорошего состояния в умеренном количестве (1—3 тыс. экз. на 1 га), как правило, повышают достоинства ландшафтов. Подлесок густого размещения понижает обзорность, проходимость и в целом ухудшает достоинства ландшафта. Положительная роль травяного покрова в особенности проявляется при отсутствии подлесочных пород. При прочих равных условиях пересеченность рельефа, пруды, ручьи повышают эстетическую значимость ландшафта.

Для необлесенных площадей наиболее положительная оценка

их ландшафтных достоинств проявляется для средней величины кругозоров, обрамленных разнообразными по составу и возрасту насаждениями. Наличие отдельных устойчивых групп деревьев с хорошо сформировавшимися кронами, как правило, способствует повышению эстетической ценности необлесенной площади.

Участки, на которых совсем не имеется групп деревьев и подлесочных пород, обычно положительно оцениваются в ландшафтном отношении лишь при наличии довольно мощного и разнообразного травяного покрова. Безусловно, положительно сказывается на достоинстве необлесенного ландшафта пересеченный рельеф и водные пространства.

В заключение надо сказать, что работы по оценке достоинств лесных ландшафтов следует производить в пределах лесопаркового пояса на всей его площади. В зеленой зоне за пределами лесопаркового пояса эти работы целесообразно выполнять только в типичных участках, по признакам, обуславливающим характер ландшафтов (табл. 4, 5).

Результаты оценки ландшафтов, выраженные в определенной площади, должны быть тесно увязаны с задачами хозяйственных секций, в состав которых включены те или иные насаждения или категории необлесенной площади с тем, чтобы в плане организации хозяйства могли быть намечены соответствующие мероприятия.

Наконец, надо указать на необходимость проведения специальных лесоустроительных работ в целом по зеленой зоне, так как разновременное устройство отдельных небольших территорий (лесхозов, леспаркхозов) является недостаточно эффективным без разрешения общих и специальных задач в генеральном перспективном плане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Лесоустройство. М., Сельхозгиз, 1962.
2. Ковтунов В. П. Особенности лесоустройства зеленых зон. М., Гослесбумиздат, 1962.
3. Лосицкий К. Б. Обоснование возрастов технической спелости древесных пород по центральным районам европейской части СССР. Проблемы повышения продуктивности лесов, том IV, М.—Л., Гослесбумиздат, 1961.
4. Пряхин В. Д., Родионов А. Я. Зеленые зоны городов и их ландшафтное улучшение. Сборник «Озеленение городов», изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1954.
5. Пряхин В. Д. Лесные ландшафты зеленой зоны Москвы. М., изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1954.
6. Родионов А. Я. Особенности организации хозяйства в лесах зеленой зоны Москвы. Вопросы экономики и организации лесохозяйственного производства. М., изд. «Лесная промышленность», 1965.
7. Родионов А. Я. Реконструкция малоценных насаждений зеленой зоны Москвы. Автореферат диссертации. М., Ин-т леса, АН СССР, 1955.
8. Родионов А. Я., Шумаков В. С., Бредихина Л. Н., Гурьянова О. З. Состояние насаждений лесопаркового пояса Москвы и меры по их улучшению. М., изд-во «Лесная промышленность», 1966.
9. Родичкин И. Д. Композиция лесопаркового ландшафта. Киев, Госстройиздат УССР, 1958.
10. Рубцов Л. И. Садово-парковый ландшафт. Киев, изд. АН УССР, 1956.

ОШИБКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОБЪЕМА СТВОЛА И ЗАПАСА ДРЕВОСТОЯ

А. П. Прякин

При подсчете ошибки в определении средних значений таксационных показателей ($h_{\text{ср}}$, $d_{\text{ср}}$, $f_{\text{ср}}$ и т. п.) все учебники и справочники рекомендуют, в лучшем случае, пользоваться формулой

$$\mu_{\text{ср}}^2 = \frac{\mu^2}{n}, \quad (1)$$

где:

- $\mu_{\text{ср}}$ — относительная средняя квадратическая ошибка в определении среднего значения таксационного показателя;
- μ — относительная средняя квадратическая ошибка одного измерения (высоты дерева, диаметра и т. п.);
- n — число деревьев.

Но формулой 1 можно пользоваться только в том случае, если произведены многократные измерения одного и того же объекта или если среднее значение определяется как простое среднее арифметическое.

Ранее были выведены полные формулы средних значений (g , d , f , h и др.) в случае определения запаса:

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 h_1 f_1 n_1 + g_2 h_2 f_2 n_2 + \dots + g_m h_m f_m n_m}{h_1 f_1 n_1 + h_2 f_2 n_2 + \dots + h_m f_m n_m}; \quad (2)$$

$$d_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{d^2_1 h_1 f_1 n_1 + d^2_2 h_2 f_2 n_2 + \dots + d^2_m h_m f_m n_m}{h_1 f_1 n_1 + h_2 f_2 n_2 + \dots + h_m f_m n_m}}; \quad (3)$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 g_1 f_1 n_1 + h_2 g_2 f_2 n_2 + \dots + h_m g_m f_m n_m}{g_1 f_1 n_1 + g_2 f_2 n_2 + \dots + g_m f_m n_m}; \quad (4)$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 d^2_1 f_1 n_1 + h_2 d^2_2 f_2 n_2 + \dots + h_m d^2_m f_m n_m}{d^2_1 f_1 n_1 + d^2_2 f_2 n_2 + \dots + d^2_m f_m n_m}; \quad (5)$$

$$f_{\text{ср}} = \frac{g_1 h_1 f_1 n_1 + g_2 h_2 f_2 n_2 + \dots + g_m h_m f_m n_m}{g_1 h_1 n_1 + g_2 h_2 n_2 + \dots + g_m h_m n_m}; \quad (6)$$

$$f_{\text{ср}} = \frac{d^2_1 h_1 f_1 n_1 + d^2_2 h_2 f_2 n_2 + \dots + d^2_m h_m f_m n_m}{d^2_1 h_1 n_1 + d^2_2 h_2 n_2 + d^2_m h_m n_m}, \quad (7)$$

где:

- n_1, n_2, \dots, n_m — число стволов в ступени толщины;
- h_1, h_2, \dots, h_m — средняя арифметическая высота ступени толщины;

g_1, g_2, \dots, g_m — средняя арифметическая площадь сечения на высоте груди для каждой ступени толщины;
 f_1, f_2, \dots, f_m — среднее арифметическое видовое число каждой ступени толщины;
 d_1, d_2, \dots, d_m — средний арифметический диаметр каждой ступени толщины;
 $1, 2, \dots, m$ — порядковый номер ступени толщины.

Зная формулы 1—7, можно вывести формулы для определения относительной средней квадратической ошибки в определении средних значений таксационных показателей.

Из теории ошибок известно, что если

$$u = f(xyz \dots w), \text{ то}$$

$$\mu_u = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \mu_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \mu_y^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial w}\right)^2 \mu_w^2}, \quad (8)$$

где:

μ_u — относительная средняя квадратическая ошибка в определении u ;

$\mu_x, \mu_y, \dots, \mu_w$ — относительные средние квадратические ошибки в определении x, y, \dots, w .

Возьмем формулу 2 и продифференцируем g_{cp} по g, h, f и n .

$$\frac{\partial g_{cp}}{\partial g_1} = \frac{h_1 f_1 n_1}{h_1 f_1 n_1 + h_2 f_2 n_2 + \dots + h_m f_m n_m}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial g_{cp}}{\partial h_1} = \frac{g_1 n_1 f_1 (h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m) - f_1 n_1 (g_1 h_1 f_1 n_1 + \dots + g_m f_m n_m h_m)}{(h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m)^2}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial g_{cp}}{\partial f_1} = \frac{g_1 h_1 n_1 (h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m) - h_1 n_1 (g_1 f_1 h_1 n_1 + \dots + g_m f_m n_m h_m)}{(h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m)^2}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial g_{cp}}{\partial n_1} = \frac{g_1 f_1 h_1 (h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m) - h_1 f_1 (g_1 h_1 n_1 + \dots + g_m f_m n_m h_m)}{(h_1 f_1 n_1 + \dots + h_m f_m n_m)^2}. \quad (12)$$

Разделим обе части равенств 9—12 на g_{cp} и после небольших преобразований, зная, что $\frac{\partial g_{cp}}{g_{cp}} = \mu_{g_{cp}}$,

$$\frac{\partial g}{g_{cp}} = \mu_g, \quad \frac{\partial h}{h_{cp}} = \mu_h, \quad \frac{\partial f}{f_{cp}} = \mu_f \quad \text{и} \quad \frac{\partial n}{n_{cp}} = \mu_n,$$

получим:

$$\mu_{g_{cp}} = \sqrt{\frac{\mu_g^2}{m} + \frac{\partial^2 g}{m} (\mu_n^2 + \mu_f^2 + \mu_h^2)}, \quad (13)$$

$$\mu_{h_{\text{ср}}} = \sqrt{\frac{\mu^2_h}{m} + \frac{\delta^2_h}{m} (\mu^2_g + \mu^2_f + \mu^2_n)}, \quad (14)$$

$$\mu_{f_{\text{ср}}} = \sqrt{\frac{\mu^2_f}{m} + \frac{\delta^2_f}{m} (\mu^2_g + \mu^2_h + \mu^2_n)}, \quad (15)$$

$$\mu_{n_{\text{ср}}} = \sqrt{\frac{\mu^2_n}{m} + \frac{\delta^2_n}{m} (\mu^2_g + \mu^2_h + \mu^2_f)}. \quad (16)$$

В формулах 13—16 μ_g , μ_f , μ_h и μ_n — относительные средне-квадратические ошибки в определении значений g , f , h , n ступени толщины, δ_g , δ_h , δ_f и δ_n — коэффициенты варьирования соответствующей площади сечения, высоты, видового числа и числа стволов. Если мы подсчитывали ошибки средних значений для совокупности деревьев, не разбитой по ступеням толщины, то m — число деревьев, μ_g , μ_h , μ_f — средние квадратические ошибки измерения соответствующих значений отдельного дерева и δ_h , δ_g , δ_f — коэффициенты варьирования этой совокупности по соответствующим значениям.

Если мы подсчитываем ошибку средних значений для группы выделов, то m — число выделов, μ_h , μ_g , μ_f , μ_n — средние квадратические ошибки определения соответствующих значений для выдела и δ_g , δ_h , δ_f , δ_n — коэффициенты варьирования соответствующих значений для группы выделов.

Как видно из формул 13—16, точность определения средних значений таксационных показателей увеличивается с увеличением числа ступеней толщины и зависит от коэффициента варьирования и точности определения остальных таксационных показателей. Если мы произвели измерение какого-либо таксационного показателя без ошибки (например высоты), то это не значит, что средняя высота древостоя будет вычислена также без ошибки. Например, имеем насаждение, разбитое на 10 ступеней толщины ($m=10$) $\mu_h=10\%$, $\mu_g=\mu_f=\mu_n=2\%$, $\mu_h=0$, $\mu_{h_{\text{ср}}}=11\%$. При подсчете по формуле 1 $\mu_{h_{\text{ср}}}=0$. Как видно из этого примера, полученные результаты намного отличаются друг от друга.

Из анализа формул 13—16 можно сделать следующий вывод: если мы хотим добиться высокой точности определения какого-либо среднего показателя, то необходимо увеличивать точность определения всех таксационных показателей.

Существует мнение, что таксационные приборы для определения высоты, диаметра и других показателей должны обладать максимальной точностью. В связи с этим предлагаются дорогостоящие высотомеры (ДВЛ) со сложной оптической системой. Формулы 13—16 дают возможность подсчитать оптимальную допустимую ошибку лесотаксационного прибора.

Ошибки запаса. Для одиночного дерева

$$V = ghf. \quad (17)$$

Согласно теории ошибок

$$\mu_v = \sqrt{\mu_g^2 + \mu_h^2 + \mu_f^2} . \quad (18)$$

Формула 18 справедлива для одиночного дерева, так как в формулу входят независимые одна от другой величины.

Запас древостоя равен

$$V = g_{\text{ср}} h_{\text{ср}} f_{\text{ср}} n_{\text{ср}} m . \quad (19)$$

Все величины средних, входящие в формулу 19, зависимы. Поэтому для древостоя средняя квадратическая ошибка запаса равна

$$\mu_v = \sqrt{\mu_{g_{\text{ср}}}^2 + \mu_{h_{\text{ср}}}^2 + \mu_{f_{\text{ср}}}^2 + \mu_{n_{\text{ср}}}^2} \quad (20)$$

или

$$\mu_v = \sqrt{4\mu_{d_{\text{ср}}}^2 + \mu_{h_{\text{ср}}}^2 + \mu_{f_{\text{ср}}}^2 + \mu_{n_{\text{ср}}}^2} . \quad (20a)$$

Для того чтобы подсчитать ошибку запаса, необходимо прежде всего правильно вычислить ошибки средних значений таксационных показателей и уже после этого пользоваться формулами 20 и 20a.

Выведенные формулы дают возможность подсчитать окончательную ошибку в средних значениях таксационных показателей или запаса, зная ошибки в измерениях отдельных составляющих.

Ошибки в запасах в крупных учетных единицах. Проф. Н. В. Третьяков («Справочник таксатора», 1952, стр. 846) предлагает для подсчета ошибки запаса для однородных таксационных участков следующую формулу:

$$\mu_v = \frac{\mu}{\sqrt{m}} , \quad (21)$$

где:

m — число выделов;

μ — среднеквадратическая ошибка запаса одного выдела.

Для неоднородных таксационных участков формул никто не предлагает. С. В. Белов («Анализ ошибок определения таксационных показателей насаждений и пути дальнейшего совершенствования инвентаризации лесов». Сборник работ по лесному хозяйству, вып. 5, М., Гослесбумиздат, 1962) по экспериментальным материалам для Онежского лесхоза дает эмпирические формулы для подсчета ошибки по различному числу выделов:

$$\mu_v = \frac{\mu}{\sqrt[4]{m}} \quad \text{для } m \leq 20, \quad (22)$$

$$\mu_v = \frac{\mu}{\sqrt[3]{m}} \quad \text{для } m > 20. \quad (23)$$

Вывод для подсчета общей ошибки запаса, если известны ошибки выделов, следующий.

Имеем ряд выделов с запасами $v_1 n_1, v_2 n_2, \dots, v_m n_m$, где $v_1, v_2, v_3, \dots, v_m$ — средний запас на 1 га;

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_m$ — число единиц площади ($га$) в каждом выделе. Тогда

$$v_{\text{общ}} = v_1 n_1 + v_2 n_2 + \dots + v_m n_m, \quad (24)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 n_1 + v_2 n_2 + \dots + v_m n_m}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}. \quad (25)$$

Продифференцируем $v_{\text{ср}}$ по v и n , произведем некоторые преобразования, зная, что

$$\frac{\delta v_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}} = \mu_{v_{\text{ср}}}; \quad \frac{\delta v}{v_{\text{ср}}} = \mu_v; \quad \frac{\delta n}{n_{\text{ср}}} = \mu_n$$

и

$$\frac{\sum (v_i - v_{\text{ср}})^2}{n v_{\text{ср}}^2} = \delta_v^2,$$

т. е., произведя аналогичные действия над формулой 25, как и над формулой 2—7, получим

$$\mu_{v_{\text{ср}}} = \sqrt{\frac{\mu_v^2}{m} + \frac{\delta_v^2}{m} \mu_n^2}, \quad (26)$$

где:

μ_v — среднеквадратическая ошибка определения запаса на отдельном выделе;

δ_v — коэффициент варьирования по запасу для m выделов;

m — число выделов;

μ_n — среднеквадратическая ошибка в определении площади выдела.

Как видно из формулы 27, общая ошибка запаса может и не уменьшаться при увеличении числа выделов, если совместно с увеличением числа выделов увеличивается коэффициент варьирования. То же самое можно наблюдать, когда к общей совокупности выделов приплюсовывают ряд выделов, имеющих большую ошибку в определении площади, т. е. когда добавляются выделы, имеющие среднюю площадь намного меньшую, чем средняя площадь ранее взятых в совокупность выделов. Следовательно, могут быть такие примеры, когда относительная среднеквадратическая ошибка запаса при увеличении числа выделов, взятых в перечет, будет не уменьшаться.

По данным В. С. Моисеева (1960), ошибки в определении площадей по фотопланам имеют следующую величину:

Площадь выделов, га	до 6	6—16	16—40	Около 100
Ошибки в определении площади, % на равнинной местности	12	5	4	2,2

Пример: $\mu_v = 10\%$, число выделов $m = 40$; в среднем в выделе около 30 га, т. е. $\mu_n = 4\%$. Тогда

$$\mu_v = \sqrt{\frac{100}{40} + \frac{100}{40} 16} = 6,5\% .$$

По эмпирической формуле С. В. Белова:

$$\mu_{vcp} = \frac{10}{3 \sqrt{40}} = 3\% .$$

Как видно, получается существенная разница между эмпирической формулой для определенного района и формулой, выведенной нами.

Иногда возникает задача, определить ошибку запаса при выборочных измерениях. Для таких подсчетов может служить формула:

$$\mu_{vcp} = \sqrt{\frac{\mu_v^2}{m} + \frac{\delta_v^2}{m} \mu_n^2 + \frac{\delta_v^2 (m-n)}{m(m-1)}} , \quad (27)$$

где n — число выделов, попавших в перечет.

Для определения типичной совокупности подсчитанная средняя является хорошим критерием, но иногда задаются целью подсчитать, с какой ошибкой эта средняя будет характеризовать не типичный участок. Такой подсчет можно сделать по формуле 27.

Предлагаемые в данной работе формулы могут быть применены для решения следующих задач:

1) для подсчета оптимальной точности конструируемых таксационных приборов и на основе этого составления грамотного технического задания на проектирование и конструирование новых приборов;

2) для организации работ по определению средних таксационных показателей или запаса таким образом, чтобы была выдержана требуемая точность окончательных значений при наименьших затратах труда.

Точное определение ошибок необходимо при сравнении различных методов по точности определения запаса, так как основным критерием при сравнении различных методов (глазомерного, наземного с использованием различных приборов, различных способов с применением аэрофотосъемочных материалов как на черно-белой, так и на спектральной пленке) является точность определения запаса.

При определении статистических методов выборочного учета эти формулы помогут не только правильно подсчитать ошибку запаса, но и рационально организовать саму выборку, подбор инструментов, методов и т. д.

ДИНАМИКА ТОВАРНОСТИ БЕРЕЗНЯКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. Ф. Гуров

Решениями XXIII съезда КПСС предусматривается повышение уровня производства продукции промышленного и бытового потребления, изготавливаемой из древесины. При этом рост выпуска этой продукции предусматривается не за счет дальнейшего вовлечения в рубку ценных лесных массивов, а главным образом за счет лучшего использования лесосечного фонда, повышения выхода деловой древесины, улучшения товарной структуры и повышения качества лесопродукции, более полной утилизации отходов лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности и т. д.

Во многих областях и автономных республиках РСФСР расчетная лесосека значительно перерубается, в то время как эксплуатационные запасы лиственных древостоев не используются и на 50%. Так, за 1964 г. было недоиспользовано в лесах РСФСР (по данным Министерства лесного хозяйства РСФСР) 105 966 га лесосек по мягколиственному хозяйству.

Необходимость использования лиственной древесины вызвана экономическими и техническими изменениями, которые произошли в промышленности за последнее двадцатилетие. Успехи науки и техники открыли новые, более широкие возможности применения древесины как сырья для промышленности и получения разнообразной продукции, удовлетворяющей бытовым потребностям населения.

В связи с резким увеличением добычи высокоэкономичных видов топлива древесное топливо, как менее эффективное, быстро вытесняется из общего топливного баланса страны. Таким образом, дровяная древесина является условным понятием и должна рассматриваться как значительный источник увеличения ресурсов деловой древесины. В связи с этим особый интерес представляет использование древесины мягколиственных пород и особенно березы.

Среди лиственных пород в Советском Союзе по занимаемой площади и запасам древесины первое место принадлежит березе (13,4% от всей лесопокрытой площади и 9,5% от всего запаса древесины). Некоторые лесоводы относят березу к разряду «сорных пород». Однако нельзя говорить о ценности древесины той или иной породы в отрыве от назначения древесины. Специфические

особенности применения сортимента определяют и требования к древесине: механические, физические и химические свойства, анатомическое строение древесины и т. д.

По многим своим физико-механическим свойствам древесина березы не уступает, а по некоторым показателям (предел сопротивления при скалывании поперек волокон, предел прочности при статическом изгибе и сжатии вдоль волокон, а также удельная работа при ударном изгибе) даже превосходит древесину хвойных пород.

В современных условиях береза является одной из главных пород, дающей много ценных сортиментов. Из нее получают фанерное сырье, пиловочник, лыжный кряж, кряжи для заготовки ложевой болванки, кряжи и чураки тарные и т. д. В обостроении древесины березы может заменить дуб. Кроме того, древесина березы может быть применена для выработки шпал, при условии их обязательной пропитки, а также для заготовки рудничной стойки. Древесина березы может быть использована как сырье в целлюлозной промышленности.

Следует отметить, что вопрос более полного использования древесины березы подкрепляется реальной возможностью проведения ее сплава. Проведение биологической сушки (первые 10—15 дней после валки деревьев) и обмазка торцов сортиментов нефтебитумом (за 5—10 дней до пуска в сплав) позволяют добиться минимального утона при молевом сплаве в 0,5% при полном сохранении качества древесины.

Решение проблемы полного использования лесосечного фонда во всех случаях должно подкрепляться научно обоснованными данными о сроках выращивания леса и возрастах его спелости. Эти данные в свою очередь неразрывно связаны с выявлением товарности древостоев в определенном возрасте.

Существует несколько способов промышленной сортиментации леса на корню, отличающихся количественным и качественным учетом древесины, техникой работ, точностью и т. д. Общим у всех этих методов является то, что сортиментная структура насаждений определяется в статике в их современном состоянии. Однако обоснование возрастов технической спелости и сроков выращивания леса должно во всех случаях определяться знанием динамики товарности лесов, учитывающей все неизбежные возрастные изменения в сортиментном составе древостоев. Если количественная сторона хода роста насаждений довольно широко отображена в имеющихся таблицах хода роста (всеобщих и местных), то ход изменения качественного состояния древостоев отражен недостаточно.

В настоящей статье делается попытка в какой-то мере восполнить этот недостаток в части характеристики древостоев березы высших классов бонитета зоны южной тайги (на примере Костромской области). Выбор района работ оправдывался тем обстоятельством, что по своим почвенным, климатическим, геоморфологиче-

ским условиям Костромская область является типичной для зоны южной тайги.

Лесной фонд области характеризуется наличием значительных площадей, занятых березовыми древостоями (40,4% от всей лесопокрытой площади). Причем 56% всех площадей березовых древостоев заняты березняками I и II бонитетов. Анализ березняков показал, что значительная часть их представлена березовыми древостоями семенного происхождения. При этом следует отметить, что чистых по происхождению (только семенные или только порослевые) древостоев встречается редко, и только на местах старых гарей, особенно в северных и северо-восточных районах области, встречаются высокопродуктивные березняки чисто семенного происхождения.

Учитывая особенности роста семенных и порослевых древостоев, их разную степень подверженности поражению фаутом, наши исследования проводились при условии разграничения древостоев по типу происхождения.

Всего в процессе сбора экспериментального материала в разных районах области была заложена и разработана 51 пробная площадь, срублено и раскряжевано 870 модельных деревьев. Кроме того, непосредственно на лесосеках обмерено 3180 хлыстов березы. Все исследования проводились в модальных древостоях со средним составом 7Б2Е1Ос+С и средней полнотой 0,85—0,88, типах леса березняк-кисличник и березняк-черничник.

Настоящее исследование предусматривало изучение следующих трех основных факторов, определяющих изменение товарности древостоев под влиянием возраста:

- 1) влияние возраста на размер и форму стволов, образующих древостой;
- 2) влияние возраста на изменение числа деревьев определенных размеров, входящих в общую совокупность древостоя;
- 3) влияние возраста на качество древесины стволов.

Проведенный тщательный анализ экспериментального материала с применением графо-аналитических методов обработки позволил установить следующее.

С увеличением возраста происходит закономерное изменение размеров стволов березы в древостое. Изменение это определялось исследованием закономерностей в изменении разряда высот. Об изменении разряда высот с возрастом можно судить по материалам таблиц хода роста. Однако таблицы хода роста составлены для древостоев с полнотой 1,0. В природе такие древостой встречаются редко. Поэтому имеются все основания считать, что ход изменения разряда высот с возрастом в модальных древостоях может быть несколько иным.

В результате проведенных исследований было установлено, что изменение средних разрядов высот с увеличением возраста имеет прямолинейную зависимость и графически выражается прямыми вида $y = ax + b$ при коэффициенте корреляции r , равном

0,96 ± 0,03. Колебания же разрядов высот по ступеням толщины в пределах одного класса возраста очень незначительны и не имеют закономерного характера. Как правило, установленное значение разряда высот в центральной ступени толщины достаточно точно характеризует разряд высоты древостоя в целом.

Изменение коэффициента формы ствола q_2 не связано с возрастом и лишь в небольшой степени зависит от диаметра. В пределах одного класса возраста эта закономерность достаточно хорошо передается уравнением

$$q_2 = 0,667 - 0,0011D.$$

Средний коэффициент формы во всех исследуемых случаях оказался равным $0,667 \pm 0,008$ при коэффициенте вариации $\pm 7,16\%$.

По второй группе вопросов, намеченных исследованием, ставилась задача проследить возможные закономерные связи изменения доли участия деловых стволов березы в древостоях разных возрастов.

Установлено, что процент участия деловых стволов с возрастом закономерно уменьшается. Зависимость эта выражается следующими уравнениями:

для березняка-кисличника семенного происхождения

$$y = 95,72 - 0,18A;$$

для березняка-черничника семенного происхождения

$$y = 92,58 - 0,2A;$$

для березняка-черничника порослевого происхождения

$$y = 91,3 - 0,305A.$$

Приведенные уравнения позволяют судить о влиянии на количество деловых стволов в древостое не только возраста, но и условий местопроизрастания и происхождения древостоев.

Особенность березняков порослевого происхождения заключается в более быстром по сравнению с березняками семенного происхождения уменьшении количества деловых стволов в древостое.

По ступеням толщины деловые стволы распределяются примерно в равновеликих долях. Незначительно уменьшается число деловых стволов в низших ступенях толщины. Биологически это положение вполне оправдано, так как с 45—50-летнего возраста низшие ступени толщины представлены в основном деревьями с замедленным ростом. В наивысших ступенях толщины (32—44 см) с возрастом количество деловых стволов возрастает, однако в возрасте 75—80 лет их число резко падает, что объясняется значительным развитием фауности березы и в первую очередь гнили.

Выделение категории полуделовых и дровяных стволов во многом затруднено отсутствием видимых признаков поражения ство-

ла тем или иным видом внутреннего порока. Поэтому сплошной переčet с разделением стволов по качественным категориям должен выполняться особенно тщательно.

В части влияния возраста на изменение качественного состояния древесины стволов березы исследованию подвергались степень распространенности и развитие основных видов пороков.

Наиболее распространенными видами пороков березы, оказывающих наибольшее влияние на выход деловой древесины в условиях зоны южной тайги, следует считать: сучки разные, кривизну, гниль внутреннюю и ложное ядро. Развитие остальных видов пороков весьма незначительно и наиболее встречаемые из них (сухобокость и морозобоины) по числу поврежденных стволов не превышают 0,8—1,0% от всех фаутных стволов.

Установлено, что распространенность и степень развития пороков на стволах березы I—II бонитетов увеличиваются с возрастом (кроме кривизны), причем в древостоях порослевого происхождения развитие пороков идет более интенсивно, чем в семенных. Таким образом, в пределах одной и той же категории качественно однородных древостоев выход деловой древесины зависит от двух факторов — фаутности и количественного сочетания деревьев определенных размеров по ступеням толщины.

Влияние сочетания деревьев по толщине на выход всей деловой древесины, а не отдельных целевых сортиментов сказывается только в молодом возрасте древостоев с наличием в них тонких стволов, хотя и здоровых, но по размерам не пригодных для заготовки промышленных сортиментов. Прекращается это влияние на выход деловой древесины тогда, когда средний диаметр древостоя достигнет примерно 16 см, так как при этом диаметре и самые тонкие стволы (0,5 среднего диаметра) становятся пригодными на заготовку промышленных сортиментов. Дальнейшее увеличение выхода деловой древесины идет до определенного кульминационного момента (55—60 лет), при котором согласовывается наименьшая фаутность с оптимальным сочетанием деревьев определенных размеров по ступеням толщины. С этого момента на выход деловой древесины оказывает влияние только фаутность, понижая суммарный процент выхода деловых сортиментов. Таким образом, математическая зависимость выхода деловой древесины от возраста насаждений выражается уравнением вида:

$$y = a + bA - cA^2.$$

Максимальный выход деловой древесины (в возрасте 55—60 лет) очень высок и достигает 70—75%. Следует отметить, что процент выхода деловой древесины во многом зависит от происхождения древостоев. В древостоях порослевого происхождения выход деловой древесины на 5—10% ниже, чем в смешанных насаждениях березы того же класса бонитета.

Известно, что ведущим сортиментом, заготавливаемым из березы, являются кряжи и чураки, используемые для получения лущеного

шпона, клееной фанеры. Учитывая все возрастающий спрос на производство клееной фанеры, с уверенностью можно сказать, что заготовка фанерного сырья является одной из важнейших задач лесозаготовительной промышленности. Именно поэтому ставилась задача изучения закономерностей в изменении выхода фанерного сырья с возрастом с тем, чтобы можно было установить обоснованный возраст рубки в насаждениях березы.

Исследованиями установлено, что выход фанерного сырья увеличивается с возрастом. Графически эта зависимость выражается параболой второго порядка. Максимальный выход фанерного кряжа наступает в возрасте 85—90 лет и составляет 60—70% для семенных и 55—60% для порослевых древостоев.

Приведенные показатели характеризуют выход фанерного сырья всех трех сортов, предусмотренных действующим стандартом. Однако хозяйственную ценность в основном представляют собой кряжи и чураки фанерные 1 и 2-го сортов. Нашими исследованиями установлено, что в общем объеме заготавливаемого фанерного сырья выход по сортам очень неравномерен. Максимум выхода фанерного сырья 1-го сорта наступает в 60 лет и составляет 55—60% (от общего объема фанерного сырья) у семенных древостоев и 50% у древостоев порослевого происхождения. В дальнейшем процент выхода фанерного сырья 1-го сорта умень-

Таблица 1

Изменение с возрастом выхода деловой древесины и фанерного сырья (в %) в древостоях березы II бонитета семенного и порослевого происхождения

Возраст, лет	Общий запас, на 1 га, м	Выход деловой древесины (в % от общего запаса)	Выход кряжа фанерного (в % от объема деловой древесины)	В том числе кряжа фанерного по сортам (% от общего объема фанерного сырья)		
				1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
Березняк-черничник семенного происхождения						
40	158	65,3	21,9	36,6	49,6	13,8
50	202	71,0	36,7	49,6	41,0	9,4
60	245	72,5	48,1	52,6	38,0	9,4
70	276	69,3	56,1	45,6	40,6	13,8
80	315	62,4	60,7	28,6	48,2	23,2
90	342	51,8	61,9	1,6	62,6	35,8
100	366	36,5	59,7	—	82,0	18,0
Березняк-черничник порослевого происхождения						
40	156	61,8	11,0	35,5	46,8	17,7
50	198	65,2	29,4	48,0	44,0	8,0
60	230	65,0	43,2	48,5	43,4	8,1
70	258	63,3	52,4	37,0	45,0	18,0
80	280	58,2	57,0	13,5	48,8	37,7
90	290	50,7	57,0	—	54,8	45,2
100	302	39,6	52,4	—	63,0	37,0

шается и к 95 годам составляет незначительную величину. Зато выход фанерного сырья 3-го сорта увеличивается за тот же промежуток времени с 5—10% до 30—35% (табл. 1).

Исходя из установленных закономерностей динамики товарной структуры березовых древостоев, были рассчитаны возрасты технической спелости по основным группам сортиментов. Установлено, что техническая спелость по основному сортименту (кряж фанерный) наступает в возрасте 60—70 лет, по деловой древесине без выделения группы основных сортиментов с использованием мелкой деловой древесины в возрасте 50—60 лет (табл. 2).

Таблица 2

Возрасты технической спелости (лет)

Основные сортименты	Березняк-кисличник I бонитета семенного происхождения	Березняк-черничник II бонитета	
		семенного происхождения	порослевого происхождения
Кряжи пиловочные	60	60	70
Кряжи фанерные	70	70	70
Без выделения основных сортиментов при использовании мелких (вся деловая древесина)	60	60	50

Таким образом, в хозяйствах, специализирующихся на заготовке фанерного сырья, возраст рубки следует устанавливать в VII классе возраста (61—70 лет), так как именно в этом периоде роста березовых древостоев наступает максимум выхода фанерного сырья высших сортов.

Проведенные исследования подтвердили необходимость пересмотра принятых возрастов рубок для березы в ряде областей, что позволит значительно более рационально, с максимальной выгодой использовать лесные ресурсы страны.

КОНТРОЛЬ ТАКСАЦИОННЫХ РАБОТ МАЛЫМИ ВЫБОРКАМИ

А. Н. Федосимов, В. С. Чуенков

Контроль таксационных работ контролирующими лицами (начальниками экспедиций или работниками предприятий), непосредственно не ведущими работ в объекте, до сих пор недостаточно упорядочен. Часто для контроля выбираются компактные части таксаторских участков, не представляющие в пропорции всех особенностей контролируемого объекта.

Отклонение пропорций в выборке от генеральной совокупности приводит к появлению случайных ошибок репрезентативности, т. е. к неверной оценке всей работы таксаторов. Этот вид ошибок при правильной организации выборочных наблюдений может быть доведен до незначительных размеров.

Особенностью контроля таксационных работ контролирующими лицами является требование дать объективную оценку выполненных работ в очень сжатые сроки (за 3—4 дня). За такой короткий промежуток времени контролирующее лицо не в состоянии проверить всю выполненную таксатором работу. Из-за больших затрат времени на передвижение невозможно также за это время сделать и надлежащий выборочный контроль, если выборка составлена из таксационных участков, равномерно расположенных на всей площади контролируемого объекта. Реально выполнимым здесь может быть контроль, осуществляемый по линейному ходу протяженностью 10—12 км, в зависимости от площади контролируемого объекта.

Длина линии контроля в объекте должна быть равна диагонали квадрата, равновеликого площади объекта, она определяется формулой

$$L = 0,14\sqrt{F}, \quad (1)$$

где L — длина контрольного хода в км;

F — площадь объекта в га.

Если f — средняя площадь таксационного участка, то при этой длине контрольного хода будет проконтролировано таксационных участков

$$N = \sqrt{F/f}. \quad (2)$$

Из множества возможных линейных ходов в объекте необходимо выбрать один контрольный ход с надлежащим обоснованием данного выбора. Контрольным выбирается такой ход, который наиболее полно представляет все особенности контролируемого объекта.

Предварительно до выбора контрольного хода контролируемый объект разделяется на зоны доступности.

К I зоне доступности необходимо отнести части объекта, удаленные от транспортных путей, населенных пунктов и стоянок тора не более 5 км. Предполагается, что в I зоне насаждения таксируются более тщательно, имеются хорошие подходы и подъезды. Ширина зоны обусловлена возможностью таксации насаждений в этой части без специальных заходов.

Ко II зоне доступности относятся насаждения, удаленные от транспортных путей и населенных пунктов от 5 до 10 км. Для таксации насаждений в этой зоне необходимы специальные заходы с организацией ночлегов в лесу, и при таксации таксаторами здесь может быть проявлена некоторая спешка.

К III зоне доступности относятся насаждения, удаленные от транспортных путей и населенных пунктов на расстояние более 10 км. Насаждения в этой зоне таксируются только с заходами и в таксации вероятны большие погрешности.

Обязательным условием при контроле является соблюдение тех пропорций в длине контрольного хода и числе контролируемых таксационных участков по зонам, которые характерны для площадей этих зон в объекте. Только с выполнением этого условия результирующая оценка качества работы таксатора при таком виде контроля будет более или менее объективной. Поэтому длина контрольного хода в каждой зоне должна быть пропорциональна проценту площади зоны:

$$l_i = 0,01L \cdot P_{iF}, \quad (3)$$

где:

l_i — длина контрольного хода в зоне;

P_{iF} — процент площади зоны от общей площади объекта.

Число таксационных участков в зоне, подлежащих контролю, равно

$$n_i = 0,01N \cdot P_{iF}. \quad (4)$$

При вычислении длины контрольных ходов и числа подлежащих контролю таксационных участков по формулам 1—4 целесообразно использовать в зонах специальную расчетную таблицу.

Соблюдение пропорций в разных частях объекта при выполнении контроля предопределяет возможность разрывов, т. е. несплошного контрольного хода в отдельных частях и возможность контрольного хода в виде ломаной линии по имеющимся квартальным просекам и визирам, но с сохранением общего направления контроля по диагонали контролируемого объекта. Такая постановка вопроса значительно облегчает выбор направления контрольного хода.

На всех площадях контроль глазомерной таксации производится по таксационным участкам. Основным методом контроля является глазомерный, поэтому до начала производства контроля

контролирующее лицо обязано подкрепить свой глазомер на тренировочных пробных площадях в каждом объекте. Во всех участках при контроле глазомер должен уточняться путем применения простейших измерительных методов в соответствующем числе пунктов, предусмотренном в лесоустроительной инструкции.

Для метода глазомерной таксации насаждений в инструкции предусмотрены допустимые отклонения ($\pm\sigma$) от истинных значений таксационных показателей. Так как таксационные работы и контроль их производятся одним и тем же методом глазомерной таксации, то положительные и отрицательные отклонения в таксационных признаках и величина этих отклонений равновероятны как у исполнителя, так и контролирующего лица. Поэтому отклонения в результатах таксации таксатора и контролирующего лица при их сравнении будут равны

$$P = \pm \sqrt{2(\sigma)^2} = \pm \sigma \sqrt{2}$$

и имеют следующие значения: в запасах $\pm 21,3\%$; в высотах $\pm 9,9\%$; в полнотах $\pm 0,14\%$; в диаметрах $\pm 14,1\%$. В составе преобладающей породы $\pm 1,4$ единицы состава.

В участках (за исключением молодняков со средним диаметром деревьев до 16 см), где расхождение данных таксации по запасу, полноте и составу у таксатора и контролирующего лица превышают указанные допустимые отклонения, производится измерительная таксация (и таксатор вправе этого требовать) методом круговой выборки по принципу В. Биттерлиха с точностью определения суммы площадей сечений деревьев (Σg) на 1 га $\pm 10,0\%$. Необходимое число учетных площадок в участках для обеспечения этой точности приводится в табл. 1.

В низкополнотных насаждениях с Σg в 9 и 12 м² для сокращения затрат времени на переходы между площадками целесообразно группировать площадки по две таким образом, чтобы площадки не перекрывали друг друга и линия между центрами площадок была перпендикулярна направлению ходов, по которым размещаются группы. Поэтому в табл. 1 в соответствующих графах при Σg в 9 и 12 м² указано число групп по две площадки в каждой,

Таблица 1

Площадь участка, га	Сумма площадей сечений деревьев на 1 га						
	9	12	15	18	24	30	36
	число групп учетных площадок			число учетных площадок			
3	6	4	6	5	3	3	2
5	6	4	6	5	4	3	3
10	7	5	7	6	5	4	4
20	8	6	9	8	6	5	5
30	9	6	10	9	7	6	6
40	10	7	11	10	8	7	7

а в насаждениях с большей полнотой указано число одинарных площадок.

Во всех спорных участках, где необходима измерительная таксация, учетные площадки (или группы их) размещаются равномерно по площади участков вдоль таксационных ходов, намечаемых по компасу, с промером расстояний при размещении учетных площадок шагами. Сумма площадей сечений деревьев на 1 га в участке по породам определяется как среднеарифметическая из результатов измерений на всех учетных площадках.

Для определения средней высоты пород с точностью до $\pm 3,0\%$ измеряются высоты у 5—6 средних по толщине и высоте деревьев в участке. За среднюю высоту породы принимается среднеарифметическое значение из результатов измерений.

Запасы пород на 1 га в участке определяются по номограмме Н. П. Анучина или по формуле

$$M = \Sigma g (H + 3) f_s, \quad (5)$$

где:

H — средняя высота породы;

f_s — эмпирическое видовое число, установленное Линь-Чан-Геном с точностью $+3,0\%$ и равное 0,4 для светолюбивых пород и 0,42 — для теневыносливых пород.

Коэффициент состава породы определяется по запасу, как десятикратная относительная величина запаса породы от общего запаса насаждения.

Каковы ошибки в определении запасов, полноты и состава преобладающей породы при измерительной таксации с точностью определения Σg в участках $\pm 10,0\%$?

Приближенная ошибка (соответствующая одной σ) в определении общих запасов в процентах равна

$$P_M = \sqrt{p_g^2 + p_m^2 + p_f^2} = \sqrt{118} \approx \pm 10,9\% .$$

Ошибка в запасах составляющих пород в среднем увеличится в \sqrt{n} раз, т. е. будет равна $\pm 10,9 \sqrt{n} \%$, где n — число пород в составе таксируемого насаждения. При двух породах в составе для преобладающей породы она будет меньше, для составляющей породы больше указанной величины (в зависимости от реального соотношения запасов пород в насаждении), но при равных запасах для каждой породы равна $\pm 15,4\%$. Ошибка в коэффициенте состава преобладающей породы определяется как статистическая ошибка частного и составляет $\pm 18,9\%$, при 5,0 единицах состава преобладающей породы абсолютное значение ошибки составит около $\pm 0,9$ единиц. Изменчивость средних диаметров деревьев на учетных площадках в участках характеризуется коэффициентом вариации, равным $\pm 15\%$. При измерении диаметров у 14—15 средних деревьев каждой породы в участке обеспечивается точность определения средних диаметров $\pm 4,0\%$.

Таким образом, при измерительной таксации Σg с точностью $\pm 10,0\%$, средней высоте пород с точностью $\pm 3,0\%$ и средних диаметрах с точностью $\pm 4,0\%$ ошибки ($\pm \sigma$) равны:

- в общем запасе насаждения $\pm 10,9\%$;
- в полноте насаждения $\pm 0,07$ единицы полноты;
- в составе преобладающей породы $\pm 0,9$ единицы состава;
- в средних высотах пород $\pm 3,0\%$;
- и в средних диаметрах деревьев каждой породы $\pm 4,0\%$.

После измерительной таксации в участке и обработки данных результаты глазомерной таксации сравниваются с данными измерительной таксации и выявляется процент отклонений по всем таксационным признакам.

В молодняках со средним диаметром деревьев до 16 см включительно при глазомерном контроле работы таксатора также выявляются расхождения в таксационных признаках насаждений у таксатора и контролирующего лица, и в случае превышения допустимых отклонений при сравнении данных глазомерной таксации двух лиц (табл. 3) производится измерительная таксация. Измерительная таксация с применением метода В. Биттерлиха в молодняках и тонкомерных древостоях связана с большими погрешностями, поэтому целесообразнее здесь проводить измерительную таксацию путем закладки круговых площадок постоянного радиуса в 2 и 5 м, в зависимости от густоты и размера деревьев в древостое. Количество площадок в участке определяется, исходя из изменчивости числа деревьев на площадках и заданной точности таксации. При точности таксации $\pm 7\%$ можно пользоваться увеличенными вдвое нормами закладки площадок, приводимыми в табл. 1. При пользовании табл. 1 в этом случае под суммой площадей сечений деревьев в участке на 1 га должно пониматься среднее число учитываемых на площадке стволов.

На площадках подсчитывается число стволов по породам, измеряются диаметры у 14—15 и высоты у 5—6 средних деревьев каждой породы в участке. По данным таксации определяется число стволов на гектаре по породам, их размеры. Затем по таблицам объемов маломерных стволов находятся запасы пород в участке, по которым в свою очередь определяются общий запас и состав насаждения. Полученные на основе измерения таксационные показатели сравниваются с глазомерно определенными таксатором и выявляются фактические отклонения последних в процентах.

Отклонения в возрасте при глазомерной таксации по инструкции не должны превышать (более чем в 70% случаев) в молодняках ± 5 лет, в насаждениях до 100 лет — 10 лет и в насаждениях старше 100 лет ± 20 лет. Отклонений в классах бонитета и товарности не допускается. В случае больших расхождений в возрасте пород у таксатора и контролирующего лица, превышающих допустимые отклонения, срубается 2—3 модельных дерева, по которым устанавливается действительный возраст пород и фактические отклонения при глазомерном определении возраста таксатором.

Класс бонитета уточняется по общеклассификационной шкале проф. М. М. Орлова по средней высоте и возрасту преобладающей породы. Товарность пород в сомнительных случаях (при разной товарности пород у таксатора и контролирующего лица) определяется по проценту деловых стволов в выборке, размер которой вычисляется формулой

$$n = \frac{P(1-P)}{m_p^2}, \quad (6)$$

где P — альтернативная доля деловых стволов;
 m_p — ошибка этой доли.

При n наблюдениях и $m_p = 0,1P$ по данным выборки делается заключение, что доля деловых стволов в участке с вероятностью 0,9545 находится в пределах $\pm 0,2P$. Необходимое число стволов, которое нужно осмотреть в природе (размер механической выборки), при разных долях P следующее:

P	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
n	150	100	67	43	25	11

К деловым относятся деревья с длиной деловой части не менее 6,5 м, к полуделовым — от 2 до 6,5 м и к дровяным — с длиной деловой части менее 2 м.

После определения процента деловых стволов устанавливается класс товарности в соответствии с требованиями, предусмотренными в инструкции (табл. 2).

Таблица 2

Породы	Процент деловых стволов по классам товарности		
	1	2	3
Хвойные	90	71—90	71
Лиственные	70	45—70	45

По выявленной товарности пород оценивается работа таксатора в участке.

Таким образом, контроль работы таксатора в участках производится путем глазомерной оценки всех таксационных показателей и при сравнении данных таксации таксатора и контролирующего лица выявляются участки с недопустимыми отклонениями в таксационных признаках. В этих участках производится измерительная таксация с точностью определения Σg — $\pm 10\%$, средней высоты — $\pm 3,0\%$ и средних диаметров пород — $\pm 4,0\%$.

Данные таксатора сравниваются с результатами измерительной таксации и выявляются отклонения в процентах по каждому таксационному признаку. При превышении допустимых отклонений по тому или иному признаку работа таксатора в участках признается неудовлетворительной.

В табл. 3 приведены допустимые отклонения в результатах таксации при сравнении их с данными глазомерной таксации контролирующего лица и измерительной таксации.

Таблица 3

Таксационные показатели	Допустимые отклонения в признаках при сравнении глазомерной таксации двух лиц ($\pm\sigma$)	Отклонение результатов таксации таксатора от измерительной таксации	
		допустимые ($\pm\sigma$)	предельно допустимые ($\pm 2\sigma$)
Запас	$\pm 21,3\%$	$\pm 18,6\%$	$\pm 37,2\%$
Полнота	$\pm 0,14$ ед. полноты	$\pm 0,12$ ед. полноты	$\pm 0,24$ ед. полноты
Состав	$\pm 1,4$ ед. состава	$\pm 1,4$ ед. состава	$\pm 2,8$ ед. состава
Высота	$\pm 9,9\%$	$\pm 7,6\%$	$\pm 15,2\%$
Диаметр	$\pm 14,1\%$	$\pm 10,8\%$	$\pm 21,6\%$
Возраст:			
в молодняках	± 7 лет	± 5 лет	± 10 лет
до 100 лет	± 14 лет	± 10 лет	± 20 лет
свыше 100 лет	± 28 лет	± 20 лет	± 40 лет
Бонитет	—	—	—
Товарность	—	—	—

Если n_i — число проконтролированных участков в зоне и k_i — число участков с недопустимыми отклонениями по какому-либо признаку в этой зоне, то отношение $t_i = k_i/n_i$ является долей участков с недопустимыми отклонениями. Средневзвешенная доля участков с недопустимыми отклонениями по этому признаку в объекте равна

$$P = 0,01 \sum_1^m (P_{iF} \cdot t_i), \quad (7)$$

где P_{iF} — процент площади зоны от общей площади объекта;
 m — число зон.

По средневзвешенной доле участков с недопустимыми отклонениями делается окончательная оценка работы таксатора в объекте по двум уровням. Работа таксатора по определению таксационного показателя признается удовлетворительной, если значения P не превышают 0,32 и 0,05, когда они вычислены по числу отклонений, превышающих соответственно $\pm\sigma$ и $\pm 2\sigma$. В случае значений P , превышающих по уровням 0,32 и 0,05, намечаются зоны с наибольшей долей недопустимых отклонений в признаках. Таксационные работы в этих зонах переделываются.

Объем повторных работ определяется с таким расчетом, чтобы величина P не выходила из пределов указанных границ при двух уровнях (0,32 и 0,05).

Из изложенного ясно, что этот метод контроля позволяет правильно оценить работу таксатора не только во всем объекте, но и в отдельных его частях и наметить пути ликвидации обнаруженных недостатков.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ СЛОЖНЫХ И СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В. В. Загреев, А. В. Богачев

Согласно лесоустроительной инструкции полнота смешанных насаждений должна определяться как сумма полнот составляющих пород, а запасы так же, как и запасы однородных насаждений, вычисляются путем редуцирования на полноту табличных запасов нормальных насаждений преобладающей в составе породы. Нетрудно доказать теоретически, и это подтверждается практикой, что такой способ определения запасов сложных и смешанных насаждений приводит к значительным систематическим ошибкам, величина которых тем больше, чем больше разность табличных запасов составляющих пород. Это обусловлено тем, что запасы смешанных и чистых насаждений при одинаковой высоте и одинаковой относительной полноте будут разными. Например, имеется насаждение состава 5Е5Б. Средние высоты ели и березы одинаковы и равны 23 м. Запас, определенный как сумма запасов составляющих пород, равен 330 м³/га. Сумма площадей сечений (ΣG) ели равна 15,2 м²/га, а березы — 16,3 м²/га. Согласно стандартной таблицы проф. Н. В. Третьякова, полнота ели составляет 0,423, а березы — 0,577. Общая полнота 1,0. Но при такой полноте запас елового насаждения равен 390 м³/га, а березового — 286 м³/га. В первом случае определение запаса по данным еловых таблиц приведет к повышению на 18,2%, а во втором, при пользовании данными таблиц по березе, — к его занижению на 13,4%.

Несмотря на то, что неправильность существующей методики определения запасов в сложных и смешанных древостоях не вызывает сомнения, им все же продолжают пользоваться. Это объясняется тем, что до настоящего времени еще не разработана методика, позволяющая точно и в то же время просто и быстро находить запасы таких насаждений. Лишь в 1963 г. начальником лесоустроительной партии Н. И. Курзиным было выдвинуто правильное в методическом отношении предложение, заключающееся в том, что запас смешанного насаждения определяется по формуле

$$M_{га} = (M_1 C_1 + M_2 C_2) P_{общ} , \quad (1)$$

где:

C_1, C_2 — доли состава;

$P_{общ}$ — общая полнота, определенная как сумма полнот составляющих пород.

Однако при составлении таблиц запасов Н. И. Курзин отошел от этого принципа. Кроме того, пользование его таблицей настолько сложно и затруднено, что при этом увеличиваются не только затраты труда и времени, но и увеличивается возможность возникновения случайных ошибок.

Правильное определение запаса смешанного насаждения возможно по формуле

$$M_{га} = M_1 P_1 + M_2 P_2, \quad (2)$$

где P_1, P_2 — полноты составляющих пород.

Алгебраически доказывается, что при замене формулы 1 формулой 2 допускается ошибка:

$$E = \frac{(M_1 - M_2)^2 P_1 P_2}{M_1 P_1 + M_2 P_2 + (M_1 - M_2) P_2}; \quad (M_1 > M_2).$$

Получающаяся ошибка всегда положительна и при разновысотности составляющих пород менее 20% не превышает 10 м^3 .

Так как вычисление запаса по формулам слишком громоздко и требует много времени, предлагается графический метод. При этом отпадает необходимость во всякого рода арифметических вычислениях, а все действия по определению запасов переносятся на графики (рисунок).

Применяя соответствующий каждой породе график по средней высоте и доле участия этой породы в составе, находится запас на 1 га при полноте 1,0. Суммарный запас насаждения любой полноты определяется по таблице, приведенной на этом же графике справа. Эти графики и таблица составлены на основании стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов проф. Н. В. Третьякова. В случае, когда при определении запасов приходится пользоваться другими таблицами, такого рода графики построить нетрудно, пользуясь изложенной ниже методикой. Построение графиков для всех пород производится в одном масштабе. В этом же масштабе строится и итоговая таблица.

Каждый график строится следующим образом. По оси абсцисс через произвольный интервал откладываются высоты. По оси ординат в любом удобном масштабе, но одинаковом для всех графиков и таблицы откладываются запасы на 1 га по всем высотам. Ордината каждой точки делится на 10 равных частей (доли состава), которые соединяются между собой поперечными линиями. Для удобства и быстроты расчетов по краям графика и в двух или трех столбцах посредине поперечные линии нумеруются от 1 до 10. В качестве удобного при построении графиков масштаба можно рекомендовать такой, когда 1 см соответствует 20 м^3 запаса.

Для построения развернутой по полнотам таблицы запасов определяют вначале величину максимально возможного при полноте 1,0 запаса. В выбранном для графиков масштабе эта величина откладывается на бумаге. Полученную линию делят на столько

равных частей, сколько десятков содержится в полученной величине запаса. Например, при максимальном запасе 600 м^3 вся длина линии в масштабе $1,0 \text{ см} = 20 \text{ м}^3$ составит 30 см . А так как в 600 м^3 содержится 60 десятков, то эта линия делится на 60 равных частей по $0,5 \text{ см}$ каждая. Первый снизу отрезок линии обозначается цифрой 1 (10 м^3), второй 2 (20 м^3) и так далее до 60. Путем редуцирования полученной колонки цифр на полноты составляется развернутая по полнотам таблица запасов.

Для удобства и автоматического округления результатов отсчета, отступая от нижней линии на пол-отрезка, проводится линия отсчета. Этим достигается то, что отрезок, равный по масштабу менее 15 м^3 , целиком будет попадать в графу 10 м^3 , а отрезок от 15 до 25 м^3 будет попадать в графу 20 м^3 . Если отрезок попадает на разделяющую черту, то следует принимать меньший результат.

Вычерченные графики и таблица фотографируются и печатаются на фотобумаге или пленке. Масштаб уменьшения следует выбирать с таким расчетом, чтобы длина линии, соответствующая самому высокому запасу, не превышала $15\text{—}16 \text{ см}$. Точность уменьшения не обязательна: важно сохранить одинаковый масштаб для всех графиков и таблицы.

Нужный набор графиков и таблиц наклеивается на картон и раскрашивается по вертикали через один интервал цветами, близкими к цвету породы, установленному при окраске планов лесонасаждений. Это облегчает поиск породы на графиках и повышает точность отсчетов.

Корректирование запасов выполняется следующим образом. Допустим, таксационная характеристика древостоя выражается формулой $6Е4Б$, $H_e = 23 \text{ м}$, $H_g = 25 \text{ м}$, общая полнота $P_{\text{общ}} = 0,7$. На графике для ели и пихты против высоты 23 м циркулем-измерителем откладывается расстояние от нуля до цифры 6. Этим действием мы графически запас ели на $1,0 \text{ га}$ при высоте 23 м и полноте $1,0$ умножили на коэффициент состава $0,6$. Сохраняя взятое расстояние, добираем на графике для березы против высоты 25 м расстояние от нуля до 4. Этим приемом мы сделали еще два арифметических действия: запас березы на $1,0 \text{ га}$ при высоте 25 м и полноте $1,0$ умножили на коэффициент состава $0,4$ и прибавили его к запасу ели при высоте 23 м и полноте $1,0$. Отложив это расстояние на таблице в колонке $0,7$, найдем сумму этих запасов, выраженных цифрами в декастрах при полноте $0,7$. Для нашего примера общий запас насаждения, вычисленный таким способом, равняется 260 м^3 .

Для удобства и быстроты отсчетов вместо циркуля-измерителя можно пользоваться заранее подготовленной палеткой, представляющей из себя левую колонку цифр таблицы запасов. В этом случае отпадает необходимость в пользовании развернутой по полнотам таблицей запасов, а все действия производятся на графиках.

В нашем примере при пользовании палеткой запас ели для коэффициента состава $0,6$ равен 230 м^3 . Прибавив к нему запас березы для состава $0,4$, получим общий запас при полноте $1,0$, рав-

ный 360 м^3 . На любом из графиков, совмещая полученный на палетке отрезок линии с равной ему по длине ординатой для 10 единиц состава, против деления 7 читаем редуцированную на полностью 0,7 величину запаса. Например, по графику для ели и пихты видим, что запас 360 м^3 имеют чистые насаждения с высотой 22 м. Против коэффициента состава 7 на палетке читаем запас насаждения с высотой 0,7. Он равен 260 м^3 .

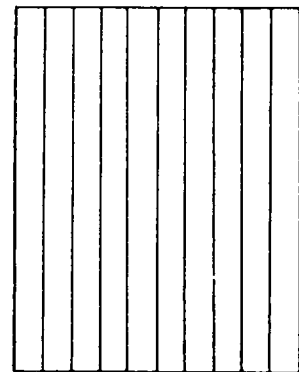
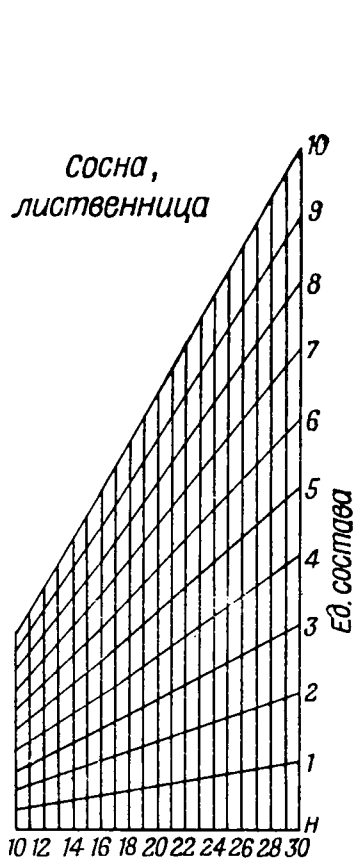
Корректируя одну и ту же формулу насаждения графическим методом и по развернутой по полнотам стандартной таблице запасов, можно обнаружить расхождения в пределах 10 м^3 . Получается это потому, что при графическом методе округление производится в итоге, а при табличном методе — и в промежуточных действиях.

При определении запасов как по таблицам Н. И. Курзина, так и графическим методом, следует помнить одно очень важное положение. В смешанных и сложных древостоях запасы отдельных составляющих пород, первоначально установленные по графикам, не соответствуют их истинным значениям, но сумма запасов всех пород позволяет определить общий запас древостоя с высокой точностью. В таком случае действительные запасы составляющих пород находятся соответственно в доле участия каждой породы в составе только после того, как будет установлена общая величина запаса всего насаждения. Для этой цели можно использовать те же графики.

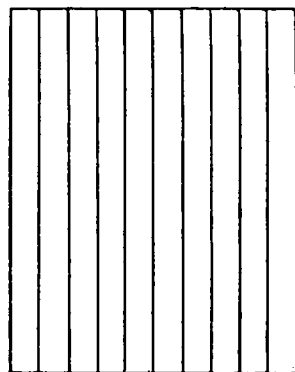
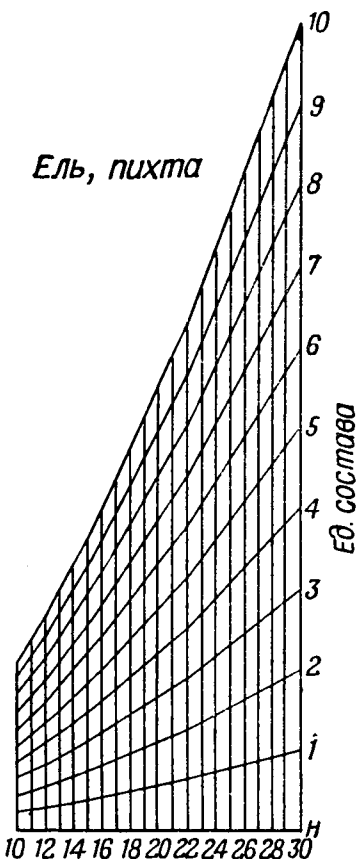
Совмещая полученный отрезок линии, равный общему запасу, с любой, равной ему по длине ординатой для 10 единиц состава, против деления, указывающего коэффициент состава, читаем соответствующий ему запас. Например, в древостое 6Е4Б при общем запасе 260 м^3 запас ели составляет 150 м^3 , а березы — 110 м^3 .

В заключение следует отметить, что графический метод корректирования запасов не только повышает точность определения запасов, но и значительно облегчает труд таксатора, избавляя его от многочисленных умственных арифметических действий, что резко уменьшает количество допускаемых ошибок. Производительность труда при этом не понижается, а наоборот, даже увеличивается.

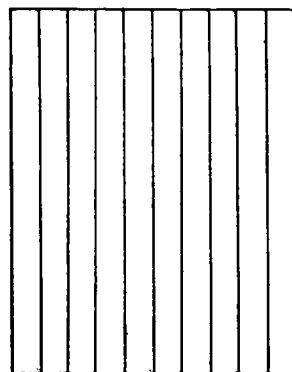
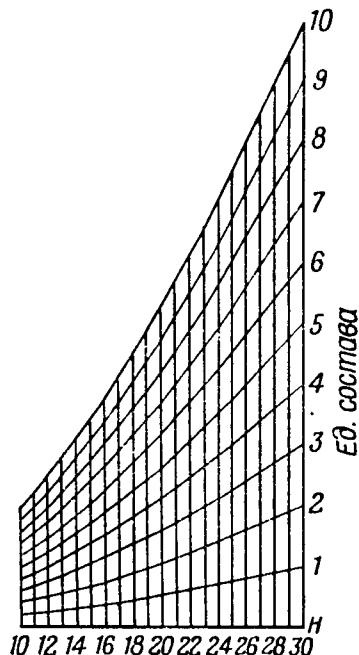
Сосна,
лиственница



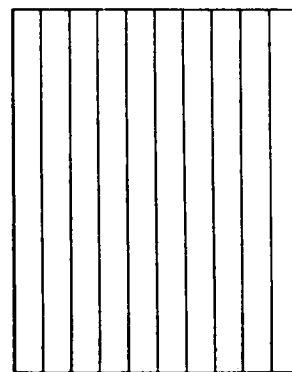
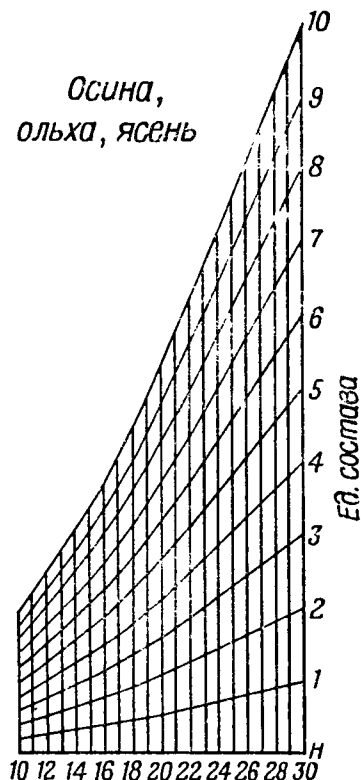
Ель, пихта



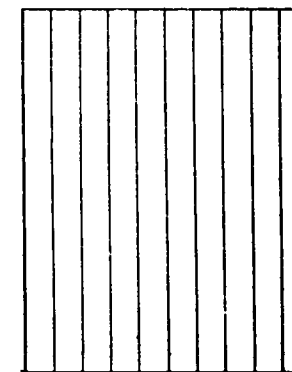
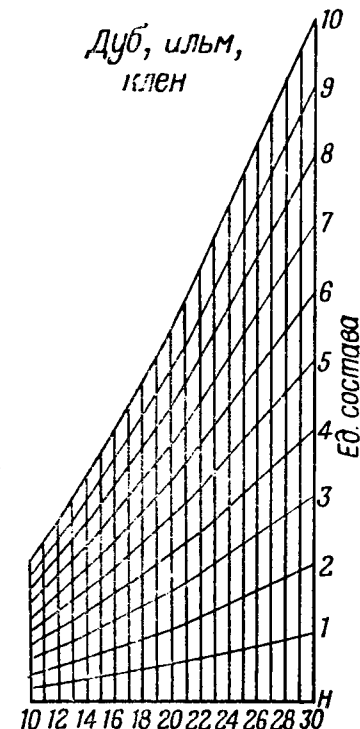
Береза



Осина,
ольха, ясень



Дуб, ильм,
клен



Запасы в 10м³ при полнотах:

10	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
60	21	24	27	30	33	36	39	42	45
50	17	19	21	23	25	27	29	31	33
40	13	15	17	19	21	23	25	27	29
30	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

График для определения запасов древостоев в зависимости от состава, высоты и полноты

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИРОСТ СОСНЫ В БУЗУЛУКСКОМ БОРУ

А. С. Лисев

Связи между элементами климата и приростом сосны изучались нами в Бузулукском бору. Наблюдения велись в насаждениях VI—VII классов возраста, с наибольшей полнотой, в наименьшей степени затронутых человеком. В качестве объекта исследования Бузулукский бор был выбран потому, что территория как в физико-географическом, так и лесоводственном отношениях детально изучена и подробно описана многими исследователями, и для района бора имеется длительный ряд метеорологических наблюдений.

Типы леса Бузулукского бора установлены В. Н. Сукачевым [12] после работ специальной лесотипологической партии Бузулукской экспедиции Ленинградского филиала ЦЛОС. Наши исследования были проведены в типах леса, имевших различный характер связи корневых систем с грунтовыми водами.

В типе леса *Pinetum cladinosum transvolgeuse*, где грунтовые воды залегали ниже 8 м, были взяты модели № 11, 12, 14; в типах леса *Pinetum herbo-pleuroziosum* и *Pinetum plano-pleuroziosum* с глубиной залегания грунтовых вод от 3,5 м до 6,4 м — модельные деревья № 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, в типе леса *Pinetum subinundatum* с глубиной залегания грунтовых вод от 2,6 м до 2,8 м — модельные деревья № 3, 17, 18, 19.

При выборе модельных деревьев обращалось внимание на то, чтобы в непосредственной близости к ним не было пней, чтобы они имели нормально развитую крону, не были заражены энтомофиторами и не имели наружных признаков болезней, повреждений и искривлений ствола. Из модельных деревьев выпиливались кружки: через 2 м для изучения прироста и через 1—0,5 м — для изучения хода роста. Измерения прироста производились с точностью до 0,1 мм за каждый вегетационный год по четырем радиусам. Для каждого среза подсчитывался средний диаметр. В процессе работы сделано около 70000 измерений прироста и, кроме того, на дополнительных срезах подсчитано примерно 60000 годичных колец для анализа хода роста.

Прирост дерева есть нелинейная функция многих переменных, в число которых входят климатические и неклиматические факторы. Однако величина отношения $\frac{\zeta}{\varepsilon(\zeta)} \approx 0,73 < 3$ (где ζ — критерий линейности, а $\varepsilon(\zeta)$ — средняя квадратическая ошибка критерия

линейности), полученная нами при вычислении связей объемного годового прироста модели № 2 с суммами атмосферных осадков за один гидрологический год, позволяет полагать, что связь не отличается существенно от линейной связи.

Значимость метеорологических факторов неодинакова за различные отрезки календарного года. Мы выяснили степень влияния на прирост дерева сумм атмосферных осадков за различные календарные периоды в пределах двух гидрологических лет, разыскивая эмпирические формулы вида:

$$v = \varphi(x) \quad (1); \quad v = \psi(x, y), \quad (1a); \quad v = \xi(x, y, z), \quad (16)$$

где:

v — средний объемный прирост, dm^3 ;

x — сумма атмосферных осадков в mm за период X—III (модель № 2) и X—IV (модели № 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 19);

y — сумма атмосферных осадков в mm за период IV—VI (модель № 2) и V—IX (модели № 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 19);

z — сумма атмосферных осадков в mm за период VII—IX (модель № 2) и X—IX предыдущего гидрологического года (модели № 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 19).

Модель № 2 — сосна I класса роста из кв. 208 Борового опытного лесничества, Бузулукского бора. Насаждение чистое, сосновое, одноярусное, естественного происхождения, VI класса возраста, I бонитета. Высота модели 31 м, средний диаметр 32 см, возраст 131 год (по пню на высоте 28 см), тип леса *Pinetum plano-pleuroziosum*. Грунтовые воды на глубине 5,5 м.

Модель № 12 — сосна, I класса роста, возраст 114 лет (по пню на высоте 5 см), высота 23,3 м, диаметр 23 см, из чистого соснового насаждения кв. 198 Борового опытного лесничества Бузулукского бора, тип леса *Pinetum cladinosum transvolgense*. Грунтовые воды ниже 8 м.

Для модели № 2 получены формулы:

$$V \approx 0,0274x + 8,3874 \quad (2)$$

$$V \approx 0,0243x + 0,0244y + 6,3575 \quad (2a)$$

$$V \approx 0,0236x + 0,0215y + 0,0145z + 4,9256; \quad (26)$$

для модели № 12:

$$V \approx 0,0042x + 4,2455 \quad (3)$$

$$V \approx 0,0029x + 0,0086y + 2,7532 \quad (3a)$$

$$V \approx 0,0020x + 0,0087y + 0,0033z + 1,4409. \quad (36)$$

Сравнивая влияние осадков за различные периоды в пределах гидрологического года в мшистом сосняке пологих всхолмлений и равнин и в лишайниковом сосняке Заволжья, видим, что в пер-

вом случае (формула 2б) они определили 66,0%, а во втором (формула 3а) — 47,2% прироста.

Выделяя долю осадков теплого периода в пределах гидрологического года, видим, что у модели № 2 (IV—IX) они определили 31,3%, а у модели № 12 (V—IX) — 34,0% прироста. На долю осадков холодного периода у модели № 2 падает 34,7%, а у модели № 12 — 13,2% прироста.

Можно предположить, что там, где грунтовые воды залегают ниже, роль осадков холодного периода и в целом гидрологического года снижается по сравнению с теми древостоями, где грунтовые воды залегают ближе к поверхности. Еще более отчетливо это видно, если рассматривать формулу 3б, где учитываются осадки двух гидрологических лет. Эти осадки обеспечивают 71,7% прироста, причем на долю осадков прошедшей зимы в этом случае падает 9,4%, на долю осадков текущего вегетационного периода — 34,0% и на долю осадков предыдущего гидрологического года — 28,3%.

После проверки на конкретных деревьях были составлены уравнения по средним данным для нескольких моделей. Были взяты две группы деревьев. Деревья первой группы (модели № 4, 5, 6, 7, 9, 10) взяты в условиях, где грунтовые воды залегают на глубинах от 3,5 м (модель № 10) до 6,4 м (модель № 4). Здесь предполагается переменная связь корневых систем с грунтовыми водами. Деревья второй группы (модели № 11, 12, 14) взяты в условиях, где грунтовые воды залегают ниже 8 м и предполагается отсутствие связи корневых систем с грунтовыми водами.

Были получены формулы:

для первой группы деревьев:

$$V \approx 0,0265x + 12,9696 \quad (4)$$

$$V \approx 0,0248x + 0,0112y + 11,0120 \quad (4a)$$

$$V \approx 0,0218x + 0,0118y + 0,0112z + 6,5145; \quad (4б)$$

для второй группы деревьев:

$$V \approx 0,0069x + 5,5383 \quad (5)$$

$$V \approx 0,0058x + 0,0075y + 4,2323 \quad (5a)$$

$$V \approx 0,0046x + 0,0077y + 0,0043x + 2,4915. \quad (5б)$$

Формулы 4, 4а, 4б и 5, 5а, 5б подтверждают вывод, что там, где грунтовые воды залегают ближе к поверхности, ведущую роль играют осадки зимы, а там, где грунтовые воды далеко, усиливается роль осадков текущего вегетационного периода.

Формулы показывают также, что в Бузулукском бору атмосферные осадки оказывают влияние на рост деревьев как в сухих, так и в более влажных условиях. Разница лишь в механизме их использования, технологической схеме.

Зимние осадки играют важную роль там, где мелкозернистый

грунт и имеются уплотненные прослойки (псевдофибры). Они замедляют просачивание талых вод и последние «находятся длительный период в сфере действия корневых систем древесной растительности, обеспечивая их в начале летнего периода влагой» (В. И. Рутковский [11], стр. 42).

На песках осадки, накопленные за холодный период, во время таяния в короткий срок добегают до зеркала грунтовых вод. В этих условиях зимние осадки также имеют большое значение, но там, где корневые системы деревьев достигают зоны капиллярного подъема грунтовых вод и где таким образом устанавливается связь корневых систем с грунтовыми водами, грунтовые воды становятся главным поставщиком влаги, и растения поэтому чутко реагируют на изменение их уровня. Будучи хорошо обеспеченными влагой за счет грунтовых вод, растения не испытывают недостатка во влаге, и поэтому роль осадков вегетационного периода здесь заметно снижается. По этой же причине, как показано ниже, прослеживается более тесная связь прироста с осадками за более длинные периоды времени (табл. 1). Точнее говоря, это влияние нужно приписать не осадкам, а тем факторам, значение которых в течение данного вегетационного периода зависит от количества осадков, выпадавших в течение предшествовавшего отрезка времени. К этим факторам нужно в первую очередь отнести грунтовые воды, связь высоты стояния уровня которых с суммами атмосферных осадков предшествующего периода времени доказана еще в работе В. И. Рутковского [11]. По мере укорочения рассматриваемого периода и удаления его от года, прирост которого, изучается, степень влияния уменьшается. Там же, где грунтовые воды далеко, растения вынуждены приспосабливаться, с одной стороны, к наиболее полному перехвату выпадающих осадков (благодаря этому ведущая роль переходит к осадкам текущего вегетационного периода), с другой, — извлекать влагу из глубоких горизонтов почвы (количество же влаги в последних зависит от уровня грунтовых вод и осадков за большой предшествующий период времени). Так в условиях жесткого режима, находясь на скудном водном пайке, растения поддерживают свое существование в неблагоприятных в климатическом отношении годы.

До последнего времени изучается влияние на прирост метеорологических факторов за вегетационный период или его отрезки. В 1908—1911 гг. А. П. Тольский изучал влияние погодных условий на прирост сосны по высоте в течение суток и даже отрезков суток.

Пользуясь данными А. П. Тольского [15], мы рассмотрели влияние температуры в мае и в июне на прирост сосны по высоте (6). Коэффициенты корреляции оказались соответственно равными: в мае $r \approx 0,69 \pm 0,9$ (причем вероятная ошибка равна $\pm 0,07$); в июне $r \approx -0,60 \pm 0,12$. В мае $\frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{0,6911}{0,0938} \approx 7,36 > 3$; в июне $\frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{0,5966}{0,1196} \approx 4,9 > 3$. Коэффициенты корреляции достоверны.

Полученные значения говорят о том, что, когда ощущается недостаток тепла (в мае), повышение температур положительно сказывается на росте молодых побегов, когда тепла достаточно (в июне), повышение температур снижает прирост. Еще нагляднее это положение подчеркивается, если коррелировать прирост с минимальными температурами. Сила связи прироста с суточными минимумами в мае характеризуется коэффициентом корреляции $r \approx 0,70 \pm 0,09$. Причем вероятная ошибка коэффициента корреляции равна $\pm 0,06$. Таким образом, чем выше минимальные температуры в мае, тем выше прирост. В июне влияние минимальных температур на прирост снижается. Коэффициент корреляции прироста с июньскими минимумами оказался равным лишь $r \approx 0,14 \pm 0,18$. $\frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{0,1436}{0,1818} \approx 0,8 < 3$. Коэффициент корреляции недостоверен.

В данном случае говорить о наличии связи нельзя. Поскольку высокие температуры тормозят прирост, их снижение благоприятствует росту деревьев; но величины июньских минимумов настолько малы и роль их на фоне высоких среднесуточных температур настолько невелика, что их влияние на прирост практически, очевидно, не сказывается.

В дальнейшем мы удлиннили период и при вычислении связи между объемным приростом сосны (модель № 2) и суммами атмосферных осадков за гидрологический год в качестве третьей переменной ввели средние температуры за вегетационный период (V—IX). В этом случае удлинение периода не дало улучшения связи. Общий коэффициент корреляции не увеличился по сравнению с коэффициентом корреляции, вычисленным для двух переменных.

Проделанный опыт убедил нас, что при изучении влияния температуры на прирост деревьев нужно брать короткие промежутки времени (месяц и менее), а не искать связи со средними температурами за 2—3 и более месяцев. В то же время при сопоставлении прироста с осадками целесообразно брать более длинные промежутки времени. Все дело в том, однозначно ли в пределах рассматриваемого периода влияние изучаемого фактора. Нужно подчеркнуть, что в других, отличных от Бузулукского бора, условиях удлинение периода осадков при сопоставлении их с приростом деревьев может и не привести к ожидаемым результатам.

Анализ формул 2, 3, 4 и 5, а также просмотр рис. 1, 2, 3, на которых дана сравнительная величина параметров модельных деревьев в различных местоположениях Бузулукского бора, показал, что по мере учета большего количества факторов (в нашем случае удлинения периода осадков) величины свободных членов уменьшаются, а точность формул увеличивается. Подтверждает это и непосредственное сопоставление прироста с суммами атмосферных осадков за различные периоды. При увеличении периода, по которому производится сопоставление, теснота связи увеличи-

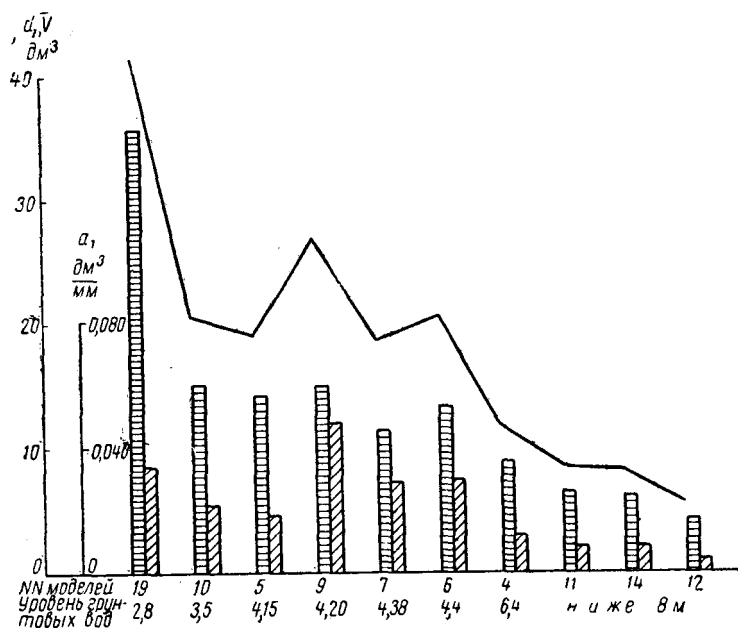


Рис. 1. Сравнительные величины параметров a_1 и d_1 в уравнениях связи $V = a_1x + d_1$ прироста сосны и сумм атмосферных осадков в различных местоположениях Бузулукского бора

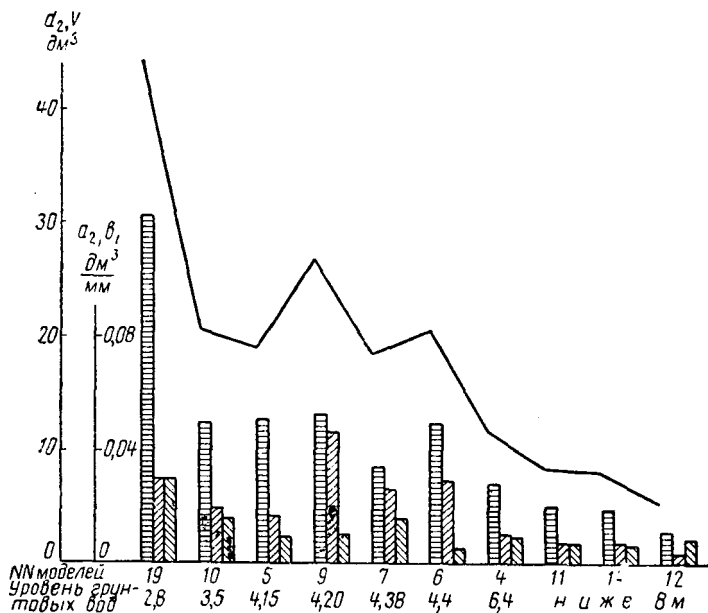


Рис. 2. Сравнительные величины параметров a_2 , b_1 , d_2 в уравнениях связи $V = a_2x + b_1y + d_2$

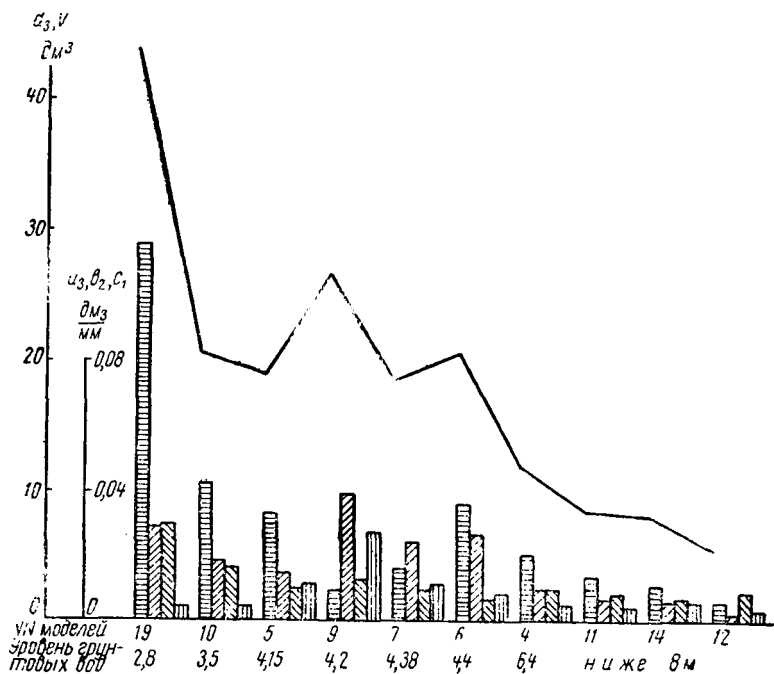


Рис. 3. Сравнительные величины параметров a_3 , b_2 , c_1 , d_3 в уравнениях связи $V = a_3x + b_2y + c_1z + d_3$

вается (табл.). Происходит это поэтому, что атмосферные осадки действуют на растение главным образом через почву, физические свойства которой зависят от комплекса факторов, в том числе и осадков какого-то предшествующего отрезка времени. Но в таком случае нужно изучать влияние на растение не элементарных проявлений того или иного фактора за отдельные короткие промежут-

Таблица

Коэффициенты корреляции между годичным приростом сосен по объему и суммами атмосферных осадков

Суммы осадков за периоды	Коэффициенты корреляции по моделям			
	№ 2		№ 11	
	r	σ_r	r	σ_r
Вегетационный период	0,24	$\pm 0,13$	0,27	$\pm 0,13$
Гидрологический год:				
один	0,30	$\pm 0,13$	0,35	$\pm 0,12$
два	0,39	$\pm 0,12$	0,37	$\pm 0,12$
три	0,44	$\pm 0,11$	0,42	$\pm 0,12$
пять	0,54	$\pm 0,10$	0,52	$\pm 0,10$

ки времени, а интегральные характеристики комплекса факторов за более длинные периоды времени. Скользящие величины за 3—5 лет, определяя значения ряда других факторов, влияющих на древесный организм (уровни грунтовых вод, влажность нижних горизонтов почвы и пр.), точнее и диалектически правильнее отражают в первом приближении конкретную действительность. По мере выяснения и учета причин, действующих на прирост, продолжительность периодов должна сокращаться, приближаясь к естественной норме, в течение которой действует рассматриваемый фактор.

Графики показывают также, что по мере увеличения глубины залегания грунтовых вод величина свободного члена уменьшается, но вместе с тем уменьшается и средний прирост деревьев. Значит свободный член, отражая влияние неучитываемых причин, вместе с тем характеризует и величину прироста, формально независимую от рассматриваемых нами факторов. В самом деле, в пойме, где влагообеспеченность растений значительно лучше и почвы богаче, больше и величина свободного члена (модель № 19). В сухих условиях, где почвы бедны и запасы влаги ничтожны, величина свободного члена меньше (модель № 12). Правда, здесь снижаются и величины самих параметров, но их удельная значимость возрастает, если взять, например, отношения свободного члена к величинам соответствующих параметров. Таким образом, свободный член может служить мерой жесткости условий и, очевидно, в какой-то степени характеризовать биологическое состояние дерева, степень его приспособляемости к окружающей среде.

Как указано выше (7), биологическое состояние дерева, его потенциальные возможности к росту определяются всей совокупностью как климатических, так и неклиматических причин и критерием этого состояния в какой-то мере является сам прирост. Поэтому в исследование был включен еще один фактор — прирост предыдущего года, по которому можно судить о биологическом состоянии дерева в прошедшем и его потенциальных возможностях к росту в данном году.

Мы разыскали эмпирические формулы вида:

$$V = \chi(x, y, z, u), \quad (6)$$

где u — прирост по объему за предыдущий год.

После проведения соответствующих вычислений для модели № 2 была получена формула:

$$V \approx -0,021x + 0,0267y + 0,0017z + 0,8863u - 1,1447. \quad (7)$$

Совершенно очевидно, что прирост предыдущего года, учитываемый в формуле 7, зависит от осадков, выпавших в прошедшем году. Но эти последние влияют через грунтовые воды, влажность почвы и т. д. и на прирост в текущем году, причем в том же направлении, что и осадки предыдущей зимы. Формула вскрывает это, и у коэффициента при зимних осадках появляется знак «—».

Для модели № 12 учет прироста предыдущего года привел к формуле

$$V \approx 0,0003x + 0,0089y + 0,0010z + 0,3874u + 0,8112. \quad (8)$$

Для оценки качества полученных формул мы произвели их проверку и вычислили для модели № 2 прироста с 1904 по 1953 г. В среднем за 50 лет прирост, вычисленный по формулам 2, 2а, 2б, составил соответственно 143,3; 143,1; 142,8, а по формуле 7—109,9% от фактически наблюдаемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекетов А. Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели. Труды I съезда русских естествоиспытателей. СПб., 1868.
2. Галазий Г. И. Вертикальный предел древесной растительности в горах восточной Сибири и его динамика. Труды ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР, сер. III (Геоботаника), вып. 9, 1954.
3. Гурский А. В., Каневская И. Б., Остапович А. Ф. Основные итоги инструкции растений в Памирском ботаническом саду. Труды академии наук Таджикской ССР, т. XVI, 1953.
4. Звиедрис А. О влиянии климатических факторов на прирост еловых стволов в толщину. Известия АН Латвийской ССР, Рига, 1950, № 9 (38).
5. Костин С. И. Повторяемость засух в Воронежской области. Записки Воронежского с.-х. ин-та, т. IXX, вып. 1, 1940.
6. Лисеев А. С. Некоторые данные о влиянии климатических факторов на прирост сосны в различных местоположениях Бузулукского бора. «Тезисы докладов на Всесоюзном метеорологическом совещании», Л., 1961.
7. Лисеев А. С. О количественной характеристике влияния климатических факторов на прирост деревьев. Сборник работ по лесному хозяйству, вып. 42, 1962.
8. Менделеев Д. И. Измерения деревьев и другие данные о приросте лесов и в Уральских краях. Сочинения, т. XII.
9. Миддендорф А. В. Путешествие на север и восток Сибири. Часть 1, СПб., 1867.
10. Раскатов П. Б. Прирост годичных побегов сосны как показатель засухи. ДАН СССР, т. 60, 1948, № 7.
11. Рутковский В. И. Влияние динамики климатических и гидрологических условий на лесные культуры. ВНИИЛМ. Бузулукский бор, т. IV, М.—Л., 1950.
12. Сукачев В. Н. Типы леса Бузулукского бора. Труды Бузулукской экспедиции. Ленинградский лесопромышленный научно-исследовательский институт, вып. 13, 1931.
13. Тихомиров Б. А. К вопросу о динамике полярного и вертикального пределов лесов Евразии. Советская ботаника, 1941, № 5—6.
14. Гольский А. П. К вопросу о влиянии температуры и осадков на прирост сосны в толщину. Лесной журнал, 1904, вып. 5.
15. Гольский А. П. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору. Труды по лесному опытному делу в России в XLVII, Петербург, 1913.
16. Bravais A. et Ch. Martins. Recherches sur la croissance du pin sylvestre dans le nord de l'Europe. Memoires coronnis par l'Academie Royale de Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles. Tome XV, Bruxelles, 1841.
17. Schwarz Fr. Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus sylvestris. Berlin, 1899.
18. Griffit B. Seasonal variations in radial growth at breast height of some western hemlock and Douglas fir trees, 1953—57. The Forestry Chronicle, 1960, 36, N 4.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ОСИННИКОВ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. Михайлов

Нет другой такой древесной породы, как осина, которая бы вызывала так много различных и противоречивых мнений в ее лесоводственной оценке.

Начиная с одной из лучших в нашей отечественной лесоводственной литературе книги Н. С. Нестерова «Значение осины в русском лесоводстве» (1887) и кончая капитальной монографией ученика Н. С. Нестерова акад. ВАСХНИЛ А. С. Яблокова «Воспитание и разведение здоровой осины» (1963), одни, учитывая быстроту роста осины, ее способность легко возобновляться корневыми отпрысками и семенами, а также высокие качества древесины, считают ее очень ценным и перспективным лесообразователем, другие же, учитывая ее массовое поражение сердцевинной гнилью, наоборот, считают осину балластом, сорной древесной породой при выращивании высокопроизводительных насаждений. Исходя из этого, мы поставили своей задачей изучить особенности роста осины и качество ее древесины в одной из типичных для условий центральных областей Советского Союза — Московской области.

Прежде всего следует отметить неравномерность распределения осинников по территории области. Так, в ряде лесхозов, расположенных в северной, восточной и юго-восточной частях области, осинники занимают сравнительно небольшие площади (8—29%). Наибольшее распространение осина получила в западных и центральных лесхозах области. В этих районах насаждения с преобладанием осины занимают больше $\frac{1}{3}$ лесопокрытой площади (36,4%). Такое распределение осинников в области свидетельствует о приуроченности осины к определенным условиям местопроизрастания, т. е. к свежим, плодородным суглинкам. На бедных песчаных и переувлажненных почвах, которые доминируют в районе Волжской и Мещерской низменностей, осина занимает небольшие площади.

Чистые осинники, как правило, встречаются редко, в большинстве случаев они представлены смешанными древостоями с преобладанием осины и некоторым участием других пород: ели, березы, дуба и реже сосны. Средний состав осиновых древостоев по лесхозам и леспромхозам области 70с2Б1Е, ед. Д.

Осина в Московской области хорошо растет. Однако, несмотря на хороший рост, большая часть насаждений осины поражена

ложным трутовиком. Поэтому фактический выход деловой древесины не превышает 39—40%. С ухудшением условий местопроизрастания в III—IV бонитетах осина в возрасте рубки дает крайне низкий выход деловой древесины, который колеблется от 10 до 20%.

В связи с приуроченностью осинников к определенным местопроизрастаниям и учитывая, что эти условия в пределах Московской области далеко неодинаковые, изучение осинников нами производилось в различных районах.

Основной методической предпосылкой в работе явилось изучение осинников в трех основных лесорастительных районах области и наиболее распространенных и типичных условиях произрастания в типах леса. Такими районами являются: район елово-широколиственных лесов Клинско-Дмитровской гряды, район широколиственных лесов с елью Москворецко-Окской равнины и район сосновых заболоченных лесов Мещерской низменности. В этих трех лесорастительных районах произрастают наиболее типичные осинники Московской области.

Пробные площади закладывались в порослевых осиновых древостоях первой генерации I бонитета, а в лесорастительном районе елово-широколиственных лесов Клинско-Дмитровской гряды также и во II бонитете.

В пределах взятых лесорастительных районов исследования производились в различных типах осиновых древостоев, причем подбор пробных площадей производился строго по естественным рядам, по типологическому методу, в сочетании с методом ЦНИИЛХ, который использует закономерности в ходе роста насаждений, обобщаемые уравнениями прямых линий. По полученным в результате перечислительной таксации на пробах средним значениям высоты, диаметра, числа стволов и запаса строились графики по известным формулам проф. Н. В. Третьякова. Все данные обрабатывались методами математической статистики. Анализ обработанных данных показал достаточную достоверность связей.

Полевые работы по закладке пробных площадей производились в течение четырех летних сезонов 1958—1961 гг. Серии пробных площадей заложены в лесорастительном районе елово-широколиственных лесов Клинско-Дмитровской гряды в типе леса осинник-кисличник I бонитета (1 естественный ряд) и в типе леса осинник-снытьево-хвощевый II бонитета (2 естественный ряд), в лесорастительном районе широколиственных лесов с елью Москворецко-Окской равнины в типе леса осинник-липово-осоковый I бонитета (3 естественный ряд) и в лесорастительном районе сосновых заболоченных лесов Мещерской низменности в типе леса осинник-майничково-черничный I бонитета (4 естественный ряд).

В общей сложности в 10 лесничествах, 9 лесхозов заложено четыре серии пробных площадей — всего 68 проб, на которых взято 890 модельных деревьев. В последующем изложении будет ука-

зываются только номер естественного ряда, например 1-й ряд, 2-й ряд и т. д.

Изучение хода роста осиновых насаждений проводилось многими исследователями, в частности А. Р. Варгасом де Бедемаром. Были составлены таблицы хода роста для нормальных осиновых насаждений Куйбышевской области (бывш. Самарской губернии). Крюденер (1911) опубликовал работу об осине, в которой были даны обширные таблицы объемов и сбega. Для Белоруссии таблицы объемов и сбega осины составлены Захаровым (1928). Широкой известностью пользуются всеобщие таблицы хода роста нормальных осиновых насаждений А. В. Тюрина (1925), а В. Д. Арещенко (1958) составил даже таблицы хода роста для осины Белоруссии с подразделением ее на зеленокорую и серокорую.

По материалам пробных площадей и данным анализа модельных деревьев нами составлены таблицы хода роста полных осиновых насаждений для всех 4-х естественных рядов. Ставя задачу исследования показать особенности роста осиновых насаждений в зависимости от типа леса, мы ниже приводим и рассматриваем только три естественных ряда (1, 3, 4) одного I бонитета, но разных типов леса. Средний состав исследованных осиновых насаждений этих трех естественных рядов для всех классов возраста приводится в табл. 1.

Таблица 1

№ естественных рядов	Господствующая часть (I ярус)	Подчиненная часть (II ярус)
1	8,30с0,4Ол 0,8Б 0,4Е 0,1Д	6,0Е 3,2Д 0,8Ол
3	8,1Ос1,1Б 0,3Д 0,2Ив 0,2Лп 01,В	7,7Лп 2,0Д 0,1Е 0,1К 0,1В
4	8,7Ос 0,6Б 0,2Е 0,2С 0,1Д 0,1Вв 0,1Лп	6,0Е 1,9Д 1,3Л 0,5Б 0,3С

Ход роста осиновых насаждений I бонитета трех исследованных естественных рядов (типов леса) в сопоставлении с таблицами хода роста нормальных осиновых насаждений тоже I бонитета — всеобщими А. В. Тюрина, А. Р. Варгаса де Бедемара и В. Д. Арещенко приводим в табл. 2.

Рассматривая табл. 2, необходимо прежде всего отметить очень большое количество деревьев на единице площади в осинниках всех трех типов леса Московской области в возрасте до 10 лет и резкое уменьшение их к 20 годам. При этом больше всего деревьев в липово-осоковом осиннике, наиболее богатом примесью к осине других пород и в частности липы; это особенно выражено для подчиненной части древостоя. Средняя высота и запас этого осинника наименьшие. В то же время осинник кисличниковый имеет наименьшее количество деревьев, но наибольшие средний диаметр, сумму площадей сечения, запас и общую производительность. По

сравнению с таблицами А. В. Тюрина наши осинники только в основной части древостоя в 10-летнем возрасте имеют в 3 раза больше деревьев, значительно меньший средний диаметр и почти одинаковые среднюю высоту и сумму площадей сечения и меньший запас. По сравнению с таблицами В. Д. Арещенко наши осинники имеют в этом возрасте в 1,5 раза больше деревьев и почти такие же диаметр, высоту при меньшей сумме площадей сечения и меньшем запасе.

К 20-летнему возрасту количество деревьев во всех трех типах осинников Московской области, как в основной части древостоя, так и в подчиненной, резко уменьшается, и они по числу деревьев выравниваются с показателями таблиц Тюрина и Арещенко и на 25—30% превосходят показатели таблиц Варгаса де Бедемара. В дальнейшем уменьшение количества деревьев с возрастом в московских осинниках идет быстрее, чем по таблицам А. В. Тюрина, А. Р. Варгаса де Бедемара и В. Д. Арещенко, причем до 50 лет быстрее изреживаются липово-осоковый и майниково-черничный осинник, а с 50 лет кисличниковый, который к 80 годам имеет наименьшее количество деревьев (315 шт.) и в 2 раза меньше, чем по таблицам А. В. Тюрина.

По запасам и общей производительности на первом месте в Московской области стоят осинники кисличниковые, произрастающие на мощнодерновых легких и средних суглинках Клинско-Дмитровской гряды. В 80 лет они имеют запас 339 м³, а общую производительность — 1209 м³. За ними по производительности идут липово-осоковые осинники Москворецко-Окской равнины, произрастающие на светло-серых оподзоленных почвах на суглинке с тяжелым механическим составом. Последнее место занимают майниково-черничные осинники Мещерской низменности, произрастающие на дерново- и торфяно-подзолисто-глеевых супесях на морене. Их запас в 80 лет 307 м³, а общая производительность — 706 м³. По сравнению с таблицами А. В. Тюрина, А. Р. Варгаса де Бедемара и В. Д. Арещенко осинники Московской области с 60 лет имеют меньший запас, но большую общую производительность и по последнему показателю особенно выделяются осинники кисличниковые, у которых в 80 лет общая производительность в 2 раза выше, чем по таблицам А. В. Тюрина.

Приведенные и коротко рассмотренные таблицы хода роста полных осинников I бонитета, но разных типов леса Московской области и I же бонитета всеобщие по А. В. Тюрину, для Куйбышевской области по А. Р. Варгасу де Бедемару и для БССР по В. Д. Арещенко позволяют сказать, что в пределах I бонитета различия в таксационных показателях в связи с разнообразием лесорастительных условий и типов леса, а также состава, структуры и особенностей формирования древостоев могут быть очень значительными и это определяет необходимость составления местных таблиц по типам леса.

Исследуя особенности формирования осинников, мы изучили

Ход роста осиновых насаждений I бонитета различных типов леса Московской области
в сопоставлении с ходом роста осинников других районов

Возраст, лет	Сравниваемые данные	Основная часть насаждения				Естественный отпад			Общая произ-водитель-ность на 1 га, м ³	
		средняя высота, м	средний диаметр, см	число стволов на 1 га, шт.	сумма площадей сечений на 1 га, м ²	запас стволовой древесины на 1 га, м ³	число стволов на 1 га, шт.	запас стволовой древесины на 1 га, м ³		сумма запасов стволовой древесины, м ³
10	Ос-кисличник (1 ряд)	6,5	3,5	18 500	17,8	50	14 430	23	23	73
	Ос. липово-осоковый (3 ряд)	5,5	3,2	23 154	14,4	40	21 432	19	19	59
	Ос. майниково-черничный (4 ряд)	7,0	3,0	20 382	14,0	43	10 465	8	8	51
30	По Тюрину	6,4	5,6	6100	15,0	51	—	—	—	—
	По Арещенко	6,1	3,5	13 750	13,2	48	9144	7	7	55
	Ос-кисличник (1 ряд)	15,3	12,2	1965	23,0	182	647	83	340	522
	Ос. липово-осоковый (3 ряд)	15,9	12,9	1581	20,7	145	589	41	212	357
	Ос. майниково-черничный (4 ряд)	16,5	13,3	1352	18,8	160	874	66	230	390
	По Тюрину	14,9	13,0	1800	24,0	174	1150	37	76	250
50	По Варгасу	17,1	14,7	1638	28,5	233	—	—	—	—
	По Арещенко	15,1	11,8	2138	23,3	152	1044	29	80	232
	Ос-кисличник (1 ряд)	22,5	21,7	723	24,7	283	208	68	619	902
	Ос. липово-осоковый (3 ряд)	23,4	20,2	710	22,8	248	77	30	353	601
	Ос. майниково-черничный (4 ряд)	23,7	21,5	769	27,9	254	65	20	341	595
	По Тюрину	21,3	20,1	1000	31,6	308	250	29	138	446
70	По Варгасу	24,1	23,9	805	35,9	395	—	—	—	—
	По Арещенко	21,3	21,7	754	27,9	263	123	34	218	481
	Ос-кисличник (1 ряд)	25,6	29,5	371	25,2	324	41	33	817	1141
	Ос. липово-осоковый (3 ряд)	26,3	23,4	550	23,8	285	29	15	426	711
	Ос. майниково-черничный (4 ряд)	26,9	25,0	646	31,7	294	20	8	386	680
	По Тюрину	25,4	25,3	720	36,3	410	105	20	182	592
213	По Варгасу	29,0	30,2	549	39,1	493	—	—	—	—
	По Арещенко	25,3	26,8	535	30,2	356	33	25	334	690

Распределение деревьев по классам роста в осинниках разных типов леса в Московской области

Классы воз- раста по 10 лет	№ естествен- ных рядов	Итого		В том числе по классам роста									
				I		II		III		IV		V	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
I	1	18 500	100	370	2	2590	14	6660	36	5180	28	3700	20
	3	23 154	100	463	2	2547	11	11114	48	4862	21	4168	18
	4	20 382	100	611	3	2038	10	6115	30	8153	40	3465	17
II	1	3945	100	158	4	868	22	1341	34	986	25	592	15
	3	3245	100	97	3	487	15	1525	47	649	20	487	15
	4	3974	100	199	5	517	13	1192	30	1510	38	556	14
III	1	1965	100	157	8	452	23	648	33	452	23	256	13
	3	1581	100	142	9	380	24	585	37	300	19	174	11
	4	1352	100	81	6	243	18	392	29	487	36	149	11
IV	1	1201	100	120	10	288	24	373	31	276	23	144	12
	3	910	100	91	10	237	26	327	36	164	18	91	10
	4	918	100	83	9	211	23	220	24	312	34	92	10
V	1	723	100	87	12	195	27	210	29	159	22	72	10
	3	710	100	85	12	206	29	248	35	121	17	50	7
	4	769	100	77	10	215	28	177	23	231	30	69	9
VI	1	470	100	66	14	132	28	132	28	98	21	42	9
	3	609	100	79	13	232	38	189	31	91	15	18	3
	4	692	100	97	14	208	30	145	21	194	28	48	7
VIII	1	315	100	54	17	94	30	82	26	60	19	25	8

дифференциацию деревьев и изменение их количества, высоты и диаметра по классам роста. В табл. 3, 4 и 5 приводится распределение деревьев по классам роста (табл. 3), их средняя высота (табл. 4) и средний диаметр (табл. 5) в описанных осинниках разных типов леса по классам возраста. Эти таблицы показывают, что дифференциация деревьев в одновозрастных порослевых, в молодости очень густых осинниках начинается очень рано и к 10-летнему возрасту в них уже резко выделяются по росту в высоту, по диаметру и по степени развития кроны все пять классов деревьев по росту (по Крафту). При этом деревья высших классов роста (I и II), имеющие высоту (табл. 4), диаметр (табл. 5) выше средней высоты и среднего диаметра всего древостоя, составляют в 10-летнем возрасте всего около 15% (13—16%) общего количества деревьев насаждения и, наоборот, деревья, отставшие в росте (IV и V классы роста), имеющие высоту и диаметр ниже средней высоты и среднего диаметра древостоя, составляют в этом возрасте почти половину — 49% (42—57%) общего количества деревьев. С возрастом и изреживанием древостоя деревья высших классов, как более высокие и с хорошо развитой кроной, растут лучше и

Средние высоты (м) деревьев по классам их роста в осинниках различных типов леса в Московской области

Класс возраста по 10 лет	№ естественных рядов	Средние показатели для каждого класса возраста, м	В том числе по классам роста				
			I	II	III	IV	V
I	1	4,0	6,3	5,4	3,4	2,6	1,7
	3	3,0	4,0	3,3	2,2	1,7	1,3
	4	5,0	5,4	4,5	3,3	2,2	1,6
II	1	8,7	10,0	9,0	7,3	5,1	4,5
	3	8,2	9,0	8,5	7,3	4,6	3,6
	4	8,7	12,0	11,8	9,9	7,0	4,7
III	1	12,8	19,0	16,6	14,4	12,1	11,0
	3	10,8	16,5	16,0	14,1	11,6	10,0
	4	13,0	15,0	14,1	12,2	7,1	6,0
IV	1	17,6	23,5	20,9	19,8	16,0	14,8
	3	18,2	20,0	19,3	18,4	16,6	13,4
	4	18,8	20,7	20,5	18,7	16,0	12,6
V	1	21,2	24,0	22,0	20,3	17,7	14,3
	3	22,0	24,5	23,4	22,0	19,5	11,4
	4	22,4	23,0	21,3	20,0	17,8	16,6
VI	1	23,4	25,8	23,4	22,5	21,0	15,0
	3	24,3	26,5	25,5	24,3	23,1	21,9
	4	24,7	26,5	26,4	25,7	24,5	17,0
VIII	1	26,1	26,6	26,0	25,5	25,0	24,5

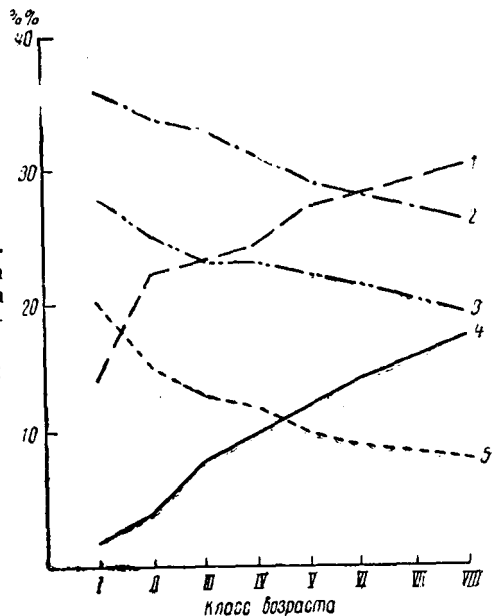
выживают в большем количестве, чем деревья низших классов роста, и процентное соотношение между ними в древостоях меняется — увеличивается участие деревьев I—II классов роста и уменьшается IV—V классов. Так, в 20-летнем возрасте деревьев I и II классов роста около 22% (17—26%), а IV—V классов роста — около 43% (36—52%), в 30-летнем возрасте деревьев I—II классов — около 29% (24—31%), а IV—V классов — около 36% (26—47%), в 80-летнем же возрасте деревьев I—II классов роста уже 50% (47—53%), т. е. они преобладают, а деревья IV—V классов — всего 21% (16—27%). График (рисунок) наглядно демонстрирует изменение с возрастом процентного соотношения деревьев по классам роста в осиннике кисличникового типа леса.

Исходя из положения, хорошо показанного в исследованиях В. П. Тимофеева (1959, 1961, 1963, 1964), А. Ф. Харитоновича, В. В. Надеждина (1964, 1965), что деревья в густых и очень густых древостоях и тем более деревья низших классов роста растут в течение вегетационного периода меньше (на 20—25%) количество суток и с меньшим (на 25—30%) приростом; можно сказать, что перегущенные в молодости и с большим количеством деревьев низших классов роста порослевые осинники Московской области с

Средние диаметры (в см) деревьев по классам их роста в осинниках различных типов леса в Московской области

Классы возраста по 10 лет	№ естественных рядов	Средние показатели для каждого класса возраста	В том числе по классам роста				
			I	II	III	IV	V
I	1	2,0	3,8	3,2	2,1	1,2	0,5
	3	2,0	3,4	2,4	1,7	1,3	0,8
	4	2,0	3,0	2,2	1,8	1,2	0,7
II	1	5,7	9,0	6,4	4,1	2,2	0,6
	3	5,3	8,0	6,3	4,0	2,3	1,4
	4	4,7	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
III	1	10,4	20,0	16,0	12,0	8,0	6,0
	3	10,6	20,0	16,0	12,0	8,0	6,0
	4	9,6	16,0	12,0	8,0	4,0	3,0
IV	1	14,1	24,0	20,0	16,0	12,0	8,0
	3	15,2	24,0	20,0	16,4	12,0	8,0
	4	16,3	24,0	20,0	16,0	12,0	8,0
V	1	18,9	26,0	21,0	16,0	12,0	8,0
	3	18,9	28,0	22,0	16,0	12,0	8,0
	4	20,0	25,0	20,0	16,0	12,0	10,0
VI	1	24,0	32,0	24,0	20,0	16,0	12,0
	3	21,1	30,0	24,0	20,0	16,0	12,0
	4	22,5	34,0	26,0	20,0	16,0	12,0
VIII	1	30,8	40,0	36,0	32,0	28,0	23,0

Рис. 1. Изменение с возрастом процента деревьев разных классов роста в осиновых насаждениях I бонитета района елово-широколиственных лесов Клинско-Дмитровской гряды:
 1 — II класс роста; 2 — III класс роста;
 3 — IV класс роста; 4 — I класс роста;
 5 — V класс роста



20 лет растут замедленно и прежде всего по диаметру и запасу и этим они отличаются от формирования и роста осинников, представленных в опытных таблицах А. В. Тюрина, А. Р. Воргаса де Бедемара и В. Д. Арещенко. При этом ближе всего по формированию, как это и следовало ожидать по природным условиям, московские осинники стоят к белорусским.

В целях устранения задержки роста наших осинников их необходимо с раннего возраста разреживать и прежде всего за счет вырубki отстающих в росте деревьев низших классов роста, которые не только растут медленно, но и сильнее заражаются стволовой гнилью. Часто повторяемые и достаточно интенсивные рубки ухода, направленные на выращивание сложных осинников, в которых верхний ярус должен состоять из деревьев I и II классов роста с хорошо развитыми кронами и с хорошо сформировавшимся вторым ярусом из теневыносливых пород и прежде всего из липы, позволяют выращивать в Московской области высокопродуктивные, быстрорастущие осинники с здоровой древесиной в 30—35 лет, причем лучшим для таких насаждений, как показали наши исследования, является Клинско-Дмитровский лесорастительный район, тип леса осинник кисличниковый.

УДК 634.0.23

Н. П. Ануцин. «Новый метод определения размера главного пользования лесом»

В статье предлагается новый метод определения размера главного пользования лесом, основанный на использовании графика поспевания. Расчеты построены на использовании формулы приближенного интегрирования (формулы Симпсона).

Приводятся формулы и примеры расчета для хозяйств с накопленными запасами и недостатком спелого леса.

УДК 634.0.3

А. Н. Федосимов, В. С. Чуенков. «Теоретические основы и методические предпосылки оптимального размещения пробных площадей при статистическом способе учета лесного фонда».

В статье даются теоретические основы группового размещения первичных учетных единиц при статистическом способе учета лесного фонда. Обосновывается оптимальный радиус круговых площадок в зависимости от возрастной категории насаждений. Решается задача нахождение оптимального варианта размещения пробных площадей, их величины и количества в соответствии с заданной точностью при минимальных затратах труда и средств.

В статье 3 рисунка, 3 таблицы, 6 библиографических названий.

УДК 634.0

В. Антанайтис, А. Патацкас. «Определение текущего прироста совокупности насаждения математическо-статистическим путем».

На основе опыта зарубежных стран и специальных исследований разработана методика определения текущего прироста совокупности насаждений математическо-статистическим путем. По этой методике прирост совокупности насаждений во время лесоустройства в Литовской ССР определяется с 1966 г. Запас и его текущий прирост определяются в ходе работы одновременно. Основу работы составляет закладка круговых площадок, на которых проводится пересчет деревьев, измерение их высот и радиального прироста. Размещение пробных площадок в лесу равномерное. Все камеральные расчеты проводятся по стратам, которые образуются с учетом породы, возраста и условий место-произрастания. Переход от радиального прироста к объемному приросту осуществляется по таблицам процентов текущего прироста, в которых процент прироста указан в зависимости от породы, возраста, среднего диаметра и среднего радиального прироста. При закладке в одной страте 50—60 круговых учетных площадок и обмере радиального прироста у 200—220 деревьев текущий прирост по запасу определяется со средней точностью $\pm 10\%$ (при вероятности 0,95).

В статье помещено 5 таблиц.

УДК 634.0.3

В. В. Загреев. «Методика составления уточненной стандартной таблицы сумм площадей и запасов при полноте 1,0».

Автор анализирует используемую в практике стандартную таблицу и указывает ее недостатки. Предлагает методику составления новой таблицы, в которой была бы учтена связь между ΣG и условиями произрастания. Показывает пригодность учета этой связи с помощью классов бонитета и предлагает составлять новую стандартную таблицу в разрезе классов бонитета.

В статье 4 рисунка, 3 таблицы.

А. Н. Федосимов. «Определение изменчивости и запасов Σg в объекте при планировании работ по учету лесного фонда статистическим способом».

Объем выборочных измерений в натуре при учете лесного фонда статистическим способом планируется в соответствии с изменчивостью запасов и необходимой точностью работ.

Данные об изменчивости запасов до начала работ бывают обычно неизвестны, поэтому для целей планирования работ предлагается способ определения изменчивости запасов с использованием материалов лесоустройства. Сведения о площади насаждений (в %) по классам бонитетов и полнот, содержащиеся в таблице классов возраста, бонитетов, полнот и запасов, характеризуют встречаемость насаждений с различными значениями ΣG и с учетом среднего состава в пределах возрастных групп насаждений используются для вычисления среднего значения ΣG и изменчивости этого показателя. По изменчивости ΣG с применением уравнения связи определяется изменчивость запасов в отдельных стратах.

В статье 1 рисунок, 2 таблицы.

С. Л. Мойров «Влияние густоты посадки культур на формирование густоты насаждений, их рост и продуктивность».

В статье рассматривается несколько вопросов, связанных с густотой создания и выращивания высокопродуктивных культур ели и лиственницы на свежих суглинках северной лесостепи Центра (Тульская и Калужская области).

На примере чистых сомкнутых насаждений ели и лиственницы в возрасте 60 лет показано влияние первоначальной густоты посадки на густоту их последующего выращивания.

Автором установлены связи и получены их математические выражения между густотой насаждений и их таксационными признаками: высотой, диаметром, видовым числом, полнотой и запасом. Исследовано влияние густоты насаждений на их товарную структуру.

На основании результатов исследований даются практические рекомендации о первоначальной густоте создания культур ели и лиственницы в условиях местопроизрастания D_2 и оптимальной густоте насаждений к возрасту 60 лет, позволяющих выращивать высокопродуктивные насаждения.

В статье 7 таблиц.

Д. Д. Любич. «Новый способ определения текущего прироста насаждения».

В статье подробно освещается оригинальный способ определения текущего прироста насаждения по объему. По теоретическому обоснованию указанный способ относится к приближенным оценкам текущего прироста. Однако по сравнению с существующими способами допускается погрешность в среднем не более 10—15% и обеспечивается максимальное упрощение всего процесса определения текущего прироста с сокращением затрат труда и времени примерно в 4—5 раз.

В статье 2 рисунка, 2 таблицы.

В. С. Чуенков. «Особенности роста ели в зависимости от окружения лиственными породами».

В статье излагаются данные изучения влияния окружения лиственных пород на рост ели в высоту и по диаметру, а также на форму ствола ели в смешанных елово-березовых насаждениях. С помощью регрессионного анализа установлено, что примесь лиственных пород оказывает существенное влияние на рост ели в том случае, когда ель находится в полном окружении лиственных пород.

Исследования формы ствола показали, что примесь лиственных не имеет существенного влияния на форму ствола.

В статье 1 рисунок, 2 таблицы, 5 библиографических названий.

А. Н. Поляков. «Опыт изучения хода роста смешанных сосново-березовых насаждений Владимирской области».

В статье приводятся результаты исследования хода роста сосново-березовых насаждений, занимающих огромные площади, но почти совсем не изученных. В основу исследования положены данные изучения 30 пробных площадей, заложенных главным образом в насаждениях I бонитета, определенного состава и в возрасте 10—100 лет.

Наиболее характерный состав для каждого десятилетия определялся перед закладкой проб по массовым материалам таксационных описаний. Было взято 992 модельных дерева сосны и березы, а также 160 наиболее высоких и толстых деревьев на полный анализ ствола. При сборе и обработке материалов был использован камбинированный метод, сочетающий в себе способы ЦНИИЛХ и аналитический.

Для условий Владимирской области составлена оригинальная таблица, отражающая особенности хода роста сосново-березовых насаждений I бонитета в возрасте 10—100 лет.

В статье 7 таблиц, 12 библиографических названий.

Б. Б. Зейде. «Стандартизация естественных рядов по высоте».

Проделанная работа показала, что для определения хода роста по высоте с приемлемой точностью достаточно знать две точки хода роста.

На основе 118 таблиц роста увойных и твердых лиственных древостоев семенного происхождения был составлен набор типов хода роста по высоте, входом в который служат не одна, как в бонитетной шкале, а две точки хода роста, две пары значений «высота — возраст». Тем самым была проведена стандартизация рядов хода роста по высоте на принципиально новой основе. Указанный набор состоит из 16 типов хода роста от 30 до 160 лет, различающихся друг от друга в 120 лет на 7%. Расчет среднеквадратических отклонений показал, что если известны две точки хода роста, то все остальные значения высоты от 30 до 160 лет могут быть найдены с ошибкой, не превышающей в среднем 2,4%.

Применение составленных типов значительно облегчает работы, связанные с определением хода роста. Они сводятся к подбору подходящего типа по двум точкам.

В статье 1 рисунок, 4 таблицы, 8 библиографических названий.

А. В. Богачев. «Взаимосвязи таксационных показателей чистых сосновых насаждений».

Для чистых сосновых насаждений установлена взаимосвязь между высотой H , диаметром d и суммой площадей поперечных сечений Σg :

$$\Sigma g = \frac{0,04537H^2d^2}{(d-6,2)^2} m^2.$$

Коэффициент корреляции $r=0,993 \pm 0,005$.

Получаемые результаты относятся к I га сомкнутого полога. Для определения суммы площадей сечений конкретных древостоев их надо редуцировать на сомкнутость полога.

Установлено также, что видовая высота H_f зависит от средней ширины кроны W :

$$H_f = 0,506H - 0,466W + 1,1.$$

Совокупный коэффициент корреляции $R=0,992 \pm 0,004$.

На основании вышеприведенных формул составлена таблица запасов, входами в которую служат H , d и сомкнутость полога.

В статье 1 рисунок, 5 таблиц.

Н. А. Моисеев. «Возрасты спелости и рубки порослевых дубрав Куйбышевской области».

В статье проанализированы природные и хозяйственные особенности Высокого Заволжья (Куйбышевская область). В зависимости от структуры и состояния насаждений выделены две группы и шесть категорий.

По каждой группе и категории проанализирована товарная структура, установлена техническая и возобновительная спелость и предложены уточненные возрасты рубок.

В статье 2 таблицы.

Н. М. Набатов. «Изменение таксационных показателей березово-еловых насаждений при постепенных рубках».

В статье изложены результаты исследований по изменению структуры насаждений под воздействием начального приема постепенной рубки. Указывается принцип отбора деревьев в рубку в березово-еловых насаждениях, который направлен на перевод лиственного хозяйства в хвойное. Отмечается высокая устойчивость насаждений, пройденных постепенными рубками, которая обеспечивается при интенсивности рубки до 40% по запасу. Анализируется распределение количества деревьев, площадей сечений и запасов в процессе начального приема постепенной рубки.

В статье 2 таблицы, 8 библиографических названий.

А. Я. Родионов. «Описание лесных ландшафтов и методика их оценки» (на примере зеленой зоны г. Москвы).

Вопрос об оценке достоинств лесных ландшафтов, которую необходимо давать при таксации пригородных лесов, мало освещен в литературе.

В статье вносятся предложения о более рациональной классификации ланд-

шафтов и приводится методика их описания, что позволит более объективно оценивать достоинства ландшафтов и обоснованно намечать мероприятия по их улучшению.

В статье 6 таблиц, 15 библиографических названий.

УДК 634.0.232

А. П. Пряхин. «Ошибки в определении средних значений таксационных показателей, объема ствола и запаса древостоя».

В статье доказывается, что обычные формулы неприемлемы для определения ошибки запаса, так как точность определения запаса связана с точностью определения всех составляющих его таксационных показателей. С учетом этой взаимосвязи предлагаются формулы определения средних ошибок всех таксационных показателей и запасов на выделах разной величины.

В статье 1 таблица, 28 формул.

УДК 634.08(56)

А. Ф. Гуров. «Динамика товарности березняков в зависимости от возраста и происхождения».

В статье рассматривается изменение с возрастом трех основных факторов, определяющих товарность древостоя для березняков семенного и порослевого происхождения двух наиболее распространенных типов леса. Анализируется влияние возраста на размер и форму стволов, образующих древостой; влияние возраста на изменение числа деревьев определенных размеров, входящих в общую совокупность древостоя; влияние возраста на качество древесины стволов. Приведены данные динамики выхода основных видов сортиментов древесины березы. Обоснованы возрасты технической спелости и возраст рубки березняков высших бонитетов.

В статье 2 таблицы.

УДК 634.0

А. Н. Федосимов и В. С. Чуенков. «Контроль таксационных работ малыми выборками».

Выборочный контроль таксационных работ контролирующими лицами будет объективным при условии правильной организации выборки. С этой целью предлагается контролируемые объекты делить на зоны доступности и общую длину контрольных ходов в объекте распределять пропорционально площадям этих зон. Число контролируемых таксационных участков определяется реально выполнимой длиной контрольных ходов в зонах. Контрольным методом предлагается глазомерный в сочетании с применением простейших измерительных средств.

В спорных участках, где расхождения по основным таксационным признакам у таксатора и контролирующего лица превышают установленные пределы, производится измерительная таксация по определенной методике. Окончательная оценка работы таксатора производится в соответствии с числом недопустимых отклонений на уровне $\pm\sigma$ и $\pm 2\sigma$. Предложенный метод контроля позволяет оценить работу таксатора как в целом, так и в отдельных его частях и наметить пути ликвидации обнаруженных недостатков.

В статье 3 таблицы.

УДК 634.0.236(5)

В. В. Загреев и А. В. Богачев. «Графический метод определения запасов сложных и смешанных насаждений».

Авторы предлагают определять запас смешанных насаждений (W) по формуле Н. И. Курзина: $W = (C_1 W_1 + C_2 W_2 \dots) P$,

где:

$C_1, C_2 \dots$ — доли состава составляющих пород;

$W_1, W_2 \dots$ — табличные запасы пород в чистых насаждениях при полноте 1.0;

P — общая полнота, определенная как сумма полнот составляющих пород.

Громоздкие арифметические вычисления заменяются простыми графическими расчетами. Излагается методика построения графиков и порядок пользования ими.

Метод дает повышенные точности определения запаса и некоторое повышение производительности труда.

УДК 634.0.3.21 (72)

А. С. Лисеев. «Влияние климатических факторов на прирост сосны в Бузулукском бору».

На основе анализа модельных деревьев проводится в хронологическом порядке сравнение прироста по радиусу с осадками и средними температурами за различные отрезки вегетационного периода. Анализируется влияние зимних и летних осадков, их связь с уровнем грунтовых вод и началом вегетационного периода.

Автор предлагает уравнение связи, в котором вводится дополнительный показатель — прирост по радиусу за предыдущий год.

В статье 1 таблица, 16 библиографических названий.

УДК 634.0(7)

Л. Е. Михайлов. «Особенности роста осинников в Московской области».

В связи с приуроченностью осинников к определенным местопроизрастаниям и тем, что эти условия в пределах Московской области далеко не одинаковы, статья раскрывает особенности роста осинников в различных лесорастительных районах области, а в пределах этих районов — в разных типах леса. По материалам пробных площадей составлены таблицы хода роста для четырех лесорастительных районов Подмосковья, данные которых анализируются и сопоставляются с другими таблицами хода роста осинников. В результате указывается, что в пределах одного бонитета различия в таксационных показателях в связи с разнообразием лесорастительных условий и типов леса, а также состава, структуры и особенностей формирования древостоев могут быть очень значительными и это определяет необходимость составления местных таблиц по типам леса.

Исследуя особенности формирования осинников, автор изучил дифференциацию деревьев и изменение их количества, высоты и диаметра по классам роста в пределах лесорастительных зон и типов леса.

В заключение делается вывод, что часто повторяемые и достаточно интенсивные рубки ухода, направленные на выращивание сложных осинников, в которых верхний ярус должен состоять из деревьев I и II классов роста, с хорошо развитыми кронами, позволят выращивать в Московской области высокопродуктивные, быстрорастущие осинники со здоровой древесиной в возрасте в 30—35 лет.

В статье помещено 5 рисунков и 5 таблиц.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Предисловие	3
<i>Н. П. Анучин.</i> Новый метод определения размера главного пользования лесом	4
<i>А. Н. Федосимов, В. С. Чуенков.</i> Теоретические основы и методические предпосылки оптимального размещения пробных площадей при статистическом способе учета лесного фонда	22
<i>В. Анганайтис, А. Патацкас.</i> Определение текущего прироста совокупности насаждений математическо-статистическим путем	37
<i>В. В. Загреев.</i> Методика составления уточненной стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0	57
<i>А. Н. Федосимов.</i> Определение изменчивости Σg и запасов в объекте при планировании работ по учету лесного фонда статистическим способом	75
<i>С. Л. Мойров.</i> Влияние густоты посадки культур на формирование густоты насаждений, их рост и продуктивность	81
<i>Д. Д. Любич.</i> Новый способ определения текущего прироста насаждения	92
<i>В. С. Чуенков.</i> Особенности роста ели в зависимости от окружения листовенными породами	101
<i>Л. В. Чистяков.</i> О строении листовеннично-березовых насаждений Амурско-Зейского плато	106
<i>А. Н. Поляков.</i> Опыт изучения хода роста смешанных сосново-березовых насаждений Владимирской области	116
<i>Б. Б. Зейде.</i> Стандартизация естественных рядов по высоте	128
<i>А. В. Богачев.</i> Взаимосвязи таксационных показателей чистых сосновых насаждений	137
<i>Н. А. Моисеев.</i> Возрасты спелости и рубки порослевых дубрав Куйбышевской области	144
<i>Н. М. Набагов.</i> Изменение таксационных показателей березово-еловых насаждений при постепенных рубках	148
<i>А. Я. Родионов.</i> Описание лесных ландшафтов и методика их оценки (на примере зеленой зоны г. Москвы)	160
<i>А. П. Пряхин.</i> Ошибки в определении средних значений таксационных показателей, объема ствола и запаса древостоя	176
<i>А. Ф. Гуров.</i> Динамика товарности березняков в зависимости от возраста и происхождения	182
<i>А. Н. Федосимов, В. С. Чуенков.</i> Контроль таксационных работ малыми выборками	189
<i>В. В. Загреев, А. В. Богачев.</i> Графический метод определения запасов сложных и смешанных насаждений	196
<i>А. С. Лисеев.</i> Влияние климатических факторов на прирост сосны в Бузулукском бору	200
<i>Л. Михайлов.</i> Особенности роста осинников в Московской области	209

1801 11

15797

12.01.23 Bond. Off

07

Цена 1 р. 13 к.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
• ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ •**