

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*522.3 : 311.16

ДИНАМИКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЫСОТЫ ДЕРЕВЬЕВ
ТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

И. И. ГУСЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изменчивость высоты деревьев мы изучали по материалам 40 пробных площадей со сплошной рубкой деревьев, заложенных на Европейском Севере в ельниках различной возрастной структуры. Тип возрастной структуры устанавливали по нашей классификации [2]. По измеренным высотам для каждой пробной площади составляли ряды распределения деревьев по абсолютным и относительным ступеням с вычислением коэффициента варьирования, асимметрии и эксцесса. Динамику изменчивости высоты деревьев выявляли для одновозрастных ельников зеленомошных средней подзоны тайги по 18 пробным площадям, заложенным в различном возрасте: 21—60 лет — 8 проб, 61—100 лет — 6, 101—140 лет — 3 и 141—180 лет — 1 проба. В условно разновозрастных древостоях заложено 10, а в разновозрастных — 12 проб.

Корреляционный анализ тесноты связи коэффициента изменчивости, асимметрии и эксцесса с возрастом показал значительную зависимость ($r = 0,82—0,88$), за исключением корреляции между эксцессом и возрастом, где она умеренная. Коэффициент изменчивости, асимметрия и эксцесс рядов распределения деревьев по высоте закономерно уменьшаются с увеличением возраста древостоя. Эти зависимости выражены уравнениями

$$C_h = \frac{128,1}{A^{0,69}} - 0,84; \tag{1}$$

$$\alpha_h = \frac{12,38}{A^{0,09}} - 10,025; \tag{2}$$

$$\epsilon_h = \frac{7,12}{A^{1,59}} - 0,739, \tag{3}$$

где A — возраст, десятки лет;

C_h — коэффициент изменчивости высоты деревьев;

α_h — асимметрия вариационных рядов по высоте;

ϵ_h — эксцесс.

Уравнения (1)—(3) позволяют вычислить выравненные коэффициенты изменчивости, асимметрию и эксцесс, которые вместе взятые характеризуют распределение стволов ели по высоте в одновозрастных древостоях (табл. 1).

Изменчивость высоты деревьев зависит от типа возрастной структуры древостоя. По мере ее усложнения изменчивость высоты деревьев ели повышается. Так, в условно раз-

Таблица 1

| Средний возраст, лет | Коэффициент изменчивости, % | Асимметрия | Эксцесс |
|----------------------|-----------------------------|------------|---------|
| 30 | 59,2 | 1,191 | 0,502 |
| 50 | 41,3 | 0,684 | -0,188 |
| 70 | 32,6 | 0,365 | -0,416 |
| 90 | 27,3 | 0,133 | -0,523 |
| 110 | 23,7 | -0,048 | -0,582 |
| 130 | 21,0 | -0,197 | -0,618 |
| 150 | 18,9 | -0,323 | -0,643 |
| 170 | 17,3 | -0,431 | -0,660 |

новозрастных ельниках среднее значение коэффициента изменчивости высоты равно $27,3 \pm 1,4$, а в разновозрастных $33,9 \pm 1,4$ %. Если разновозрастный древостой разделить на два поколения, то в их пределах изменчивость понижается и составит для основного $27,0 \pm 2,0$ %, для второстепенного $22,9 \pm 1,5$ %. В условно разновозрастных ельниках влияние среднего возраста на параметры рядов распределения C_h , α_h , τ_h не оказывает существенного влияния. В этих древостоях для оценки вариационных рядов по высоте можно использовать их средние значения, которые для таежных ельников равны: $C_h = 27,0$ %, $\alpha_h = 0,06$, $\tau_h = 0,45$.

Чтобы облегчить определение C_h , можно воспользоваться зависимостью этого показателя от C_d , который значительно легче определить, чем C_h . Связь между C_h и C_d очень высокая ($r = 0,91$, $\eta = 0,92$), линейная и для таежных ельников различной возрастной структуры выражается уравнением:

$$C_h = 1,08 C_d - 9,1; \quad m_C = \pm 4,1 \%, \quad (4)$$

где C_d — коэффициент изменчивости диаметров деревьев;
 m_C — основная ошибка уравнения.

При переходе от молодняков к спелым древостоям изменяются параметры и вид кривых распределения. Они становятся более симметричными и высоковершинными по сравнению с молодыми и разновозрастными (рис. 1). В условно разновозрастных древостоях, несмотря на большую изменчивость возраста ($C_A = 22,9 \pm 0,6$), распределение деревьев ели по высоте, как и в одновозрастных, имеет закономерный характер. Однако параметры, характеризующие распределение, в условно разновозрастных ельниках выше. В природной обстановке, когда не нарушается естественное развитие древостоя, распределение количества деревьев по высоте в подавляющем большинстве случаев может быть аппроксимировано по уравнению Шарлье. Применение этого уравнения для выравнивания вариационных рядов по высоте таежных ельников дало вполне удовлетворительные результаты. Критерий А. Н. Колмогорова и Н. В. Смирнова [4] составил $0,29-0,78$, что значительно меньше стандартного при повышенной ответственности исследования $\lambda_{st} = 1,36$.

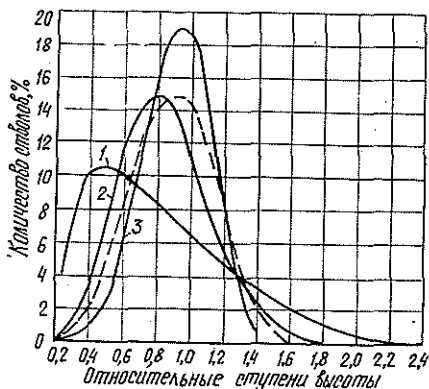


Рис. 1. Распределение количества деревьев по относительным ступеням высоты в еловых древостоях Севера (вычислено по формуле Шарлье).

Сплошная линия — одновозрастные древостой;
1 — молодняки; 2 — средневозрастные и приростающие; 3 — спелые; штриховая линия — условно разновозрастные.

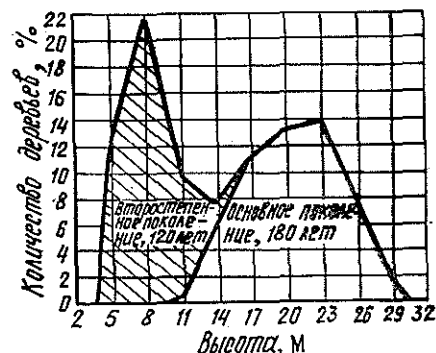


Рис. 2. Распределение количества деревьев по ступеням высоты в разновозрастном ельнике кисличном.

Таблица 2

| Тип возрастной структуры древостоев | Средняя высота высоты, м | Количество деревьев, %, по классам высоты, м | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 |
| Одновозрастные | 8 | 4,9 | 19,6 | 30,5 | 24,8 | 13,3 | 5,3 | 1,4 | 0,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 10 | 1,3 | 8,2 | 19,5 | 26,0 | 22,3 | 13,9 | 6,4 | 2,0 | 0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 12 | — | 3,4 | 10,0 | 18,6 | 22,9 | 20,6 | 14,1 | 7,2 | 2,6 | 0,5 | 0,1 | — | — | — | — | — | — |
| | 14 | — | 1,2 | 4,7 | 10,9 | 17,3 | 20,6 | 19,2 | 14,3 | 7,9 | 1,7 | 2,1 | 0,1 | — | — | — | — | — |
| | 16 | — | 0,4 | 2,0 | 5,8 | 11,2 | 16,4 | 19,0 | 18,1 | 14,0 | 8,4 | 3,6 | 1,0 | 0,1 | — | — | — | — |
| | 18 | — | — | 0,9 | 2,8 | 6,4 | 11,0 | 15,3 | 17,5 | 17,2 | 14,0 | 9,0 | 4,3 | 1,5 | 0,1 | — | — | — |
| | 20 | — | — | 0,3 | 1,2 | 3,3 | 6,6 | 10,5 | 14,1 | 16,3 | 16,4 | 14,1 | 9,7 | 5,2 | 2,0 | 0,3 | — | — |
| | 22 | — | — | 0,1 | 0,5 | 1,5 | 3,6 | 6,5 | 9,9 | 12,9 | 15,1 | 15,6 | 14,1 | 10,5 | 6,3 | 2,8 | 0,6 | — |
| | 12 | — | 2,6 | 8,0 | 17,3 | 24,3 | 23,8 | 16,0 | 6,6 | 1,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 14 | — | 1,2 | 4,1 | 9,9 | 16,6 | 21,1 | 20,6 | 15,2 | 8,1 | 2,8 | 0,4 | — | — | — | — | — | — |
| Условно разно-возрастные | 16 | — | 0,6 | 2,3 | 5,9 | 11,0 | 15,9 | 19,0 | 18,7 | 13,9 | 7,8 | 3,5 | 1,1 | 0,3 | — | — | — | — |
| | 18 | — | 0,3 | 1,4 | 3,6 | 7,2 | 11,3 | 15,0 | 16,7 | 16,1 | 13,0 | 8,7 | 4,5 | 1,8 | 0,4 | — | — | — |
| | 20 | — | 0,2 | 0,9 | 2,2 | 4,7 | 8,0 | 11,3 | 14,0 | 15,2 | 14,4 | 12,1 | 8,6 | 5,1 | 2,3 | 0,9 | 0,1 | — |
| | 22 | — | — | 0,8 | 1,3 | 3,1 | 5,5 | 8,2 | 11,0 | 12,9 | 13,7 | 13,2 | 11,3 | 8,5 | 5,6 | 3,1 | 1,3 | 0,5 |

Большую неоднородность строения полога имеют разновозрастные древостои [6]. Распределение стволов по высоте здесь бывает крайне асимметричным или полимодальным (рис. 2). В пределах отдельных естественных поколений наблюдается закономерное распределение по высоте, которое хорошо аппроксимируется функцией Шарлье.

Для практических целей очень важно знать представленность деревьев различной высоты при данном возрасте, имеющем определенную среднюю высоту древостоя. Такие данные необходимы при таксации лесов, а также при расчете параметров транспортных средств, раскрывочных агрегатов и других лесозаготовительных машин. Опираясь на закономерности распределения деревьев по высоте, мы составили табл. 2, в которой в зависимости от средней высоты древостоя можно определить долю участия различных по высоте деревьев.

Значительная изменчивость высот находит отражение в амплитуде их колебания, различии между максимальной и минимальной высотами. Эти предельные значения имеют связь со средней высотой древостоя. Для изучения соотношений пределов высот еловых древостоев использованы кривые высот на пробных площадях. Минимальные и максимальные высоты, взятые с графика высот для соответствующих ступеней толщины, выражали в долях средней высоты древостоя, которую приравнивали к единице. Группировка этих данных по классам возраста в пределах типа возрастной структуры и статистическая их обработка дают достаточное представление о динамике наименьшей и наибольшей высот (табл. 3). Из таблицы видно, что в разновозрастных древостоях относительные высоты ели повышены в молодых, средневозрастных и приспевающих ельниках. В спелых и перестойных еловых древостоях не обнаружено существенного влияния возраста на пределы высот. Таким образом, наиболее резкое падение относительных пределов высот отмечается в период интенсивного изреживания древостоя. В молодых и средневозрастных ельниках разность предельных высот в 2—3 раза больше, чем в спелых. Возраст оказывает наиболее существенное влияние на верхние пределы высот и меньше на нижние. В условно разновозрастных ельниках пределы высот несколько шире, чем в разновозрастных. Различие нередко подтверждается высоким критерием достоверности. При точных работах следует учитывать эти особенности.

Таблица 3

| Тип возрастной структуры древостоев | Возраст, лет | Наименьшая высота | | Наибольшая высота | | Разность предельных высот, % |
|--|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| | | $R_{min} \pm m_R$ | $\sigma_{R_{min}}$ | $R_{max} \pm m_R$ | $\sigma_{R_{max}}$ | |
| Одновозрастные | 21—60 | 0,34 ± 0,04 | 0,13 | 2,08 ± 0,11 | 0,40 | 174 |
| | 61—100 | 0,49 ± 0,03 | 0,12 | 1,47 ± 0,02 | 0,09 | 98 |
| | 101—140 | 0,58 ± 0,01 | 0,10 | 1,28 ± 0,01 | 0,10 | 70 |
| | 141—180 | 0,51 ± 0,01 | 0,08 | 1,27 ± 0,02 | 0,10 | 76 |
| | 181—200 | 0,57 ± 0,02 | 0,08 | 1,24 ± 0,02 | 0,09 | 67 |
| Условно разновозрастные | 100—140 | 0,51 ± 0,02 | 0,11 | 1,27 ± 0,02 | 0,10 | 76 |
| | 141—180 | 0,50 ± 0,01 | 0,08 | 1,31 ± 0,02 | 0,11 | 81 |
| | 181—220 | 0,53 ± 0,04 | 0,12 | 1,27 ± 0,02 | 0,08 | 74 |
| Разновозрастные: основное поколение второстепенное поколение | 90—270 | 0,46 ± 0,02 | 0,08 | 1,38 ± 0,03 | 0,30 | 94 |
| | 80—280 | 0,62 ± 0,03 | 0,15 | 1,43 ± 0,06 | 0,30 | 81 |

В целях упрощения задачи для наиболее часто встречающихся случаев в практике при глазомерной таксации лесов можно пользоваться усредненными данными. В спелых и перестойных еловых древостоях Европейского Севера наименьшая высота составляет 0,54, наибольшая —

1,28 от средней высоты с разностью между ними 74 %. В сосняках [3] пределы высот колеблются от 0,69 до 1,16 с разницей между ними 47 %, т. е. на 27 % меньше, чем в ельниках. Ель как более теневыносливая порода значительно дольше может существовать при недостатке освещения и сильном угнетении, чем сосна. Поэтому амплитуда предельных высот у ели шире, чем у сосны. Для древостоев, прореженных рубками ухода, пределы высот еще меньше. А. В. Тюрин [5] по материалам Швейцарской лесной опытной станции для ели, пихты, бука установил предельные высоты от 0,80 до 1,15 с разницей между ними 35 %. Для таежных лесов эти данные не пригодны. Таксацию северных лесов следует проводить по местным нормативам. Таежные ельники имеют более глубокий полог древостоя. Изменчивость высот в северных ельниках по отдельным ступеням толщины и всего древостоя в 2—3 раза больше, чем в древостоях с убранным отпадом. В прореженных древостоях $C_n = 6-12\%$ [1].

Таким образом, исследования изменчивости высот показали зависимость ее от возраста, структуры древостоя и региональных природных факторов. Все это необходимо помнить при таксации таежных ельников.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация: Учебн. для вузов.— 5-е изд., доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 552 с. [2]. Гусев И. И. Типы возрастной структуры еловых древостоев Севера.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 5, с. 5—11. [3]. Левин В. И. К вопросу о строении сосняков Архангельской области.— Тр./АЛТИ, 1949, вып. 13, с. 193—215. [4]. Плохинский Н. А. Биометрия.— М.: МГУ, 1970.— 368 с. [5]. Тюрин А. В. Строение нормальных насаждений.— В кн.: Лесн. хоз-во, лесопромышленность и топливо, 1923, № 2—3, с. 27—28. [6]. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 166 с.

Поступила 28 февраля 1985 г.

УДК 630*5

ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ТАКСАЦИИ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ

Е. И. ЦУРИК

Львовский лесотехнический институт

Проведенная ранее [5] математико-статистическая интерпретация формул для точного определения запаса древостоев показала, что при использовании для этих целей средних арифметических и (или) средних взвешенных значений основных объемообразующих таксационных признаков должны учитываться как их изменчивость в древостое, так и корреляционная взаимосвязь между ними. В частности, была доказана и интерпретировалась следующая формула:

$$M = NG_n H_n F_n K_{g|hf} K_{h|f},$$

где N — число деревьев в древостое;
 G_n, H_n, F_n — средние арифметические значения площади поперечного сечения, высоты и видового числа древостоя;
 $K_{g|hf}, K_{h|f}$ — коэффициенты корректирования произведения средних арифметических величин соответствующих таксационных признаков, учитывающие их изменчивость и взаимосвязь.