

рактер математической зависимости между средней высотой совокупности насаждений и их средним возрастом. Модель текущего прироста по высоте вместе с тем позволяет установить энергию роста еловых древостоев различных классов бонитета и определить возраст кульминации текущего прироста по высоте, который наступает в 20 лет для древостоев Ia класса бонитета и в 25, 30, 35, 40 лет соответственно для древостоев I, II, III, IV классов бонитета

Графическое моделирование по всем признакам совмещалось с математическим моделированием, выполненным на ЭВМ Минск-22 с выдачей на печать параметров полинома  $n$ -степени. Рассчитанный на ЭВМ ход роста по запасу ( $M$ ) представляет собой математическую модель изменения запаса еловых молодняков по следующим корреляционным уравнениям полинома третьей степени:

$$\text{Ia кл. бонитета } M = 16,880 - 4,248 A + 0,449 A^2 - 0,00442 A^3$$

$$\text{I кл. бонитета } M = 12,167 - 2,294 A + 0,325 A^2 - 0,00305 A^3$$

$$\text{II кл. бонитета } M = 7,581 - 1,590 A + 0,214 A^2 - 0,00188 A^3$$

$$\text{III кл. бонитета } M = 4,283 - 0,652 A + 0,129 A^2 - 0,00097 A^3$$

$$\text{IV кл. бонитета } M = 0,302 - 0,254 A + 0,075 A^2 - 0,00043 A^3$$

Метод исследования через текущий прирост позволил установить динамику изменения таксационных признаков во времени, увязать их между собой так, чтобы они соответствовали тем математическим зависимостям, которые имеют место между таксационными признаками в насаждениях. С этой целью был выработан алгоритм, определяющий последовательность моделирования приростов и установления хода роста одних таксационных показателей в связи с функциональными зависимостями от расчета других показателей. Такая зависимость между таксационными признаками свидетельствует о правильности составления моделей исследуемых признаков и о качестве самих таблиц.

Выполненные расчеты в такой последовательности дали возможность составить табл. 2 хода роста молодняков ели, которые найдут практическое применение в лесохозяйственном производстве и обеспечат повышение точности учета лесного фонда республики.

## МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА ЕЛОВЫХ МОЛОДНЯКОВ БЕЛОРУССИИ ПО ТЕКУЩЕМУ ПРИРОСТУ

О. А. ТРУЛЛЬ

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Процесс роста и развития в насаждениях разных условий местопроизрастания, разных типов леса и ассоциаций имеет свои отличительные особенности. Множество ассоциаций, принадлежащих к тому или иному типу леса, отличаются от него особенностями строения, состава, числа и размещения древесных пород, напочвенного покрова, строения почвы и ее степени влажности. Все это накладывает определенные черты на таксационную структуру насаждений.

Лесотаксационной наукой выявлено много особенностей в строении насаждений, закономерности их развития и взаимосвязях между отдельными явлениями и таксационными признаками, однако многое еще неизвестно из-за очень большой изменчивости таксационной структуры насаждений и большого разнообразия процессов роста древесной растительности. Достаточно сказать, что в настоящее время имеется свыше 130 таблиц хода роста для различных районов и условий местопроиз-

растания, эти таблицы характеризуются как положительным так и отрицательными моментами.

Иногда в этих таблицах отсутствуют существующие математические зависимости между отдельными признаками роста и развития насаждений. Встречаются нечеткие термины и формулировки. Так, например, в таблицах хода роста насаждений ели Шренка в южной Киргизии процент текущего прироста по запасу не соответствует правильному пониманию текущего прироста насаждения. В таблицах хода роста насаждений лиственницы в культурах Московской области нет важного таксационного показателя сумм площадей сечений на 1 га. Форма самих таблиц не совершенна. Ряд исследователей упрощенчески смотрят на таблицы хода роста.

Разложение отдельных таблиц по составляющим элементам, и в особенности по приростам, показывает дефекты методики их составления. Таблицы хода роста представляют собой сложную систему взаимосвязей всех таксационных показателей множества насаждений, изменяющуюся в процессе роста и развития.

Известно, что ход роста отдельного насаждения это не копия хода роста множества насаждений, представленная в виде средних величин. Для исследования хода роста множества насаждений следует изучить многие вопросы.

В качестве основы для составления таблиц роста еловых молодняков, отображающих ход роста множества насаждений, нами разработана методика на базе моделирования текущего прироста и его взаимосвязи с другими показателями. Данная методика может быть названа методикой составления таблиц хода роста по текущему приросту с применением графического и математического моделирования. Исследование хода роста всегда предусматривает два этапа работ и две методики исполнения — сбора экспериментального материала с целью получения необходимой информации для последующего составления таблиц хода роста и составления самих таблиц хода роста.

В нашем случае сбор экспериментального материала производился методом закладки пробных площадей по типам леса. Мы не ограничивались закладкой пробных площадей по 1—2 пробы на класс возраста, как это часто бывает при исследованиях. Нами собран большой экспериментальный материал — 224 пробные площади, охватывающие условия местопроизрастания до IV класса бонитета.

Закладка большого числа пробных площадей позволяет правильно установить зону размещения отдельных таксационных признаков и выявить вероятный ход роста множества насаждений с учетом типов леса по намеченным и принятым на их основе классам бонитетов. Массовый сбор экспериментального материала, по данным пробных площадей одного района исследования — Белоруссии, помог правильно установить бонитирование по типам леса и определить вероятный характер хода роста еловых молодняков по классам бонитета. Следует указать, что ход роста по классам бонитета не является зеркальным отображением действительного хода роста отдельных насаждений, составляющих на территории республики одно множество насаждений, однако такой синтез вполне пригоден для практического использования таблиц хода роста при программном описании лесов, на базе средних величин при лесостроительных расчетах, связанных с таксацией множества отдельных насаждений. Вполне естественно, что природа формирует насаждения различной продуктивности во всем своем многообразии, а не только те, которые укладываются в таблицы хода роста из пяти классов бонитета или пяти типов леса, как это сделано у Ильвессало (Финляндия).

В данной статье не приводится описание методики полевого сбора

материала — она общеизвестна, однако вопросам определения текущего прироста в ней придается большое значение. Наша методика предусматривает составление таблиц хода роста всего древостоя в целом, по классам бонитета Ia, I, II, III, IV. Экспериментальный материал обрабатывается сразу для всех классов бонитета в пределах одного рассматриваемого признака с графическим моделированием величины текущего прироста или текущего изменения запаса и вычислением на его основе хода роста рассматриваемого признака как суммы периодических текущих приростов с установлением математической модели в форме корреляционных уравнений с параметрами, определенными на ЭВМ «Минск-22».

Так как исследование хода роста молодняков ели велось по пятилетним периодам, то и суммы приростов определялись на основе периодического текущего прироста по этим же периодам.

Вариант установления хода роста по тому или иному признаку с учетом распределения материала по группам типов леса и классам бонитетов можно иллюстрировать следующими данными. Например, расчет хода роста еловых молодняков Ia класса бонитета по высоте:

Возраст	5	10	15	20	25...	50
Высота графическая	0,59	2,77	5,28	8,03	10,83...	22,7
Период. тек. прирост	0,59	2,18	2,51	2,75	2,80...	1,83
Период. тек. прирост принятой модели	0,59	2,06	2,61	2,90	2,88...	1,81
Ход роста по высоте: графическая модель	0,59	2,65	5,26	8,16	11,04...	22,36
математическая модель полинома степени $n=3$	0,47	2,80	5,38	8,12	10,91...	22,26

Располагая зоной распределения высот по всем типам леса и по группам типов леса, представленных в виде классов бонитета по возрастам, графически проводят кривые хода роста по высоте по местам наибольшей концентрации полей рассеивания групп типов леса. Такие данные помещаются в строку «высота графическая». Графическая высота не может дать хорошие сглаженные результаты, в чем легко убедиться, вычислив и построив график периодического текущего прироста по пятилетним периодам.

Эти величины графического периодического текущего прироста могут дать только общее представление о характере изменения исследуемого показателя. Для получения моделированного периодического текущего прироста необходимо графически выравнять его с учетом периодических текущих приростов по данным пробных площадей исследуемой группы типов леса. Такую работу нужно провести в общей системе всех имеющихся классов бонитета, так как отдельное сглаживание, графическое или аналитическое, может дать трудноуловимые погрешности. Вся работа по моделированию периодического текущего прироста должна выполняться в крупном масштабе, где отсчет можно брать с большой точностью. Необходимость большой графической точности вызывается сущностью самой методики, когда ход роста рассматриваемого показателя устанавливается как сумма периодических текущих приростов, где допущенная погрешность будет влиять в нарастающем итоге на последующие результаты.

Установленная графическим способом модель хода роста служит основанием для математического моделирования в форме вычисления корреляционных уравнений, характеризующих зависимости средней высоты множества насаждений от возраста. Как видно из предыдущих данных, результаты графического и математического моделирования близки между собой и могут быть использованы в равной степени. Та-

ким образом, исходным полевым материалам по определению периодического текущего прироста и его установления в природе необходимо уделять основное внимание. При исследовании высот особое внимание обращается на помуточные замеры, на основе которых можно получить широкую информацию.

Данный метод определения таксационных признаков, хода роста не решает полностью проблему установления всех существующих в лесу взаимосвязей. Необходимо все таксационные признаки, динамику их изменения учесть и увязать между собой так, чтобы получились те математические зависимости, которые имеют место в исследуемых насаждениях. Для этого нужно установить определенную последовательность вычисления в виде алгоритма, по которому находится последовательность моделирования приростов и хода роста в связи с функциональными и корреляционными связями и расчетами между отдельными таксационными признаками. Такая зависимость различных таксационных показателей между собой свидетельствует о правильности составленных моделей хода роста и о качестве всех таблиц. Нами составлен алгоритм вычисления отдельных таксационных показателей, который позволяет отобразить особенности роста ельников Белоруссии с учетом их современного состояния. Рассматриваемый ниже алгоритм составления таблиц хода роста еловых молодняков предусматривает:

1) установление периодического текущего прироста по высоте ( $H$ ) в разрезе всех классов бонитета по пятилетним периодам.  $\Delta_i H_j$  — периодический текущий прирост по высоте любого класса бонитета  $i=1, 2, 3, 4, 5$  и возраста  $I=1, 2, 3, 4 \dots n$  по равноотстоящим узлам интерполяции в 5 лет;

2) установление хода роста по высоте как суммы периодических текущих приростов всех бонитетов и возрастов:

$$H_{il} = \sum_{j=1}^{I-n} \Delta_i H_j;$$

3) графическое или математическое моделирование с установлением параметров полинома  $n$ -й степени и вычислением средних высот и сглаженных значений периодического текущего прироста по данному признаку во всех бонитетах и возрастах;

4) установление максимального допустимого периодического текущего изменения запаса ( $\bar{\Delta}V$ ) во всех бонитетах и возрастах:

$$\bar{\Delta}_i V_j;$$

5) установление изменения запаса по бонитетам и возрастам как суммы периодического текущего изменения его запасов:

$$V_{il} = \sum_{j=1}^{I-n} \bar{\Delta}_i V_j$$

с последующим графическим или математическим моделированием в форме полиномов степени  $n$ ;

6) установление средних видовых чисел множества насаждений в зависимости от средней высоты при математическом моделировании в форме гиперболы:

$$F_{il} = a + \frac{b}{H_{ij}} = 0,4501 + \frac{1,0144}{H_{ij}};$$

7) определение средней видовой высоты множества насаждений, вне зависимости от класса бонитета, как произведения  $F_{il}$  и  $H_{il}$ ;

8) определение уровня сумм площадей сечений исходя из максимально допустимых запасов, определенных в пункте 5, и средней видовой высоты множества насаждений:

$$G_{ij} = V_{ij} : F_{ij} H_{ij};$$

9) установление средних диаметров по данным пробных площадей на базе моделирования периодического текущего прироста по классам бонитетов и возрастам согласно плотности их поля рассеивания:

$$D_{il} = \sum_{l=1}^{j-n} \Delta_l D_j;$$

10) определение среднего числа стволов для полного насаждения на базе расчетной формулы:

$$N_{il} = G_{il} : 0,785D_{il}^2;$$

11) установление среднего числа стволов отпада по пятилетним периодам как конечных разностей первого порядка  $\Delta N_{ij} = N_{j-1} - N_j$  при расчетных величинах стволов отпада теперь:

$$H_{j-n}; \quad D_{j-n}; \quad F_{j-n};$$

12) определение объема отпада за пятилетний период по формуле:

$$O_{ij} = 0,785D_{j-n}^2 \cdot H_{j-n} \cdot F_{j-n} \cdot \Delta N_j;$$

13) вычисление периодического текущего прироста по запасу как суммы периодического текущего изменения запаса и величины естественного отпада за рассматриваемый период:

$$\Delta V_{ij} = \Delta V_{ij} + O_{ij};$$

14) определение общей производительности по запасу как суммы периодических текущих приростов  $\sum_{j=1}^{j-n} \Delta V_{ij}$ ;

15) определение среднего прироста множества насаждений делением общей производительности на соответствующий возраст.

Как видно из алгоритма составления таблиц хода роста, все расчетные данные получены по свободному или производному принципу исследования. По свободному принципу проведено исследование таксационных показателей, которые являются главными и установлены непосредственно на основе экспериментального материала с последующим построением графической или математической модели изменения данного признака. К числу таких показателей в методике отнесены: периодический текущий прирост по высоте, диаметру, периодическое текущее изменение запасов, средние видовые числа множества насаждений и показатели естественного отпада —  $h, d, f$  теперь, численно равные соответствующим показателям в возрасте  $n$  лет назад. Эти таксационные признаки представляют собой такую группу показателей, от которых зависит вся остальная таксационная характеристика, предусмотренная алгоритмом вычисления по производному принципу исследования на базе строения насаждений. При исследовании хода роста по данной методике большое значение уделяется периодическому текущему изменению запаса с целью установления динамического ряда изменения запаса во всех бонитетах и возрастах. Такой подход к решению вопроса об основном таксационном признаке — запасае — не случайный, хотя он в корне отличается от исследования хода роста у

ряда других исследователей. Если многие авторы получают запас как результат исследования составляющих его элементов ( $V = GHF$ ), то нашей методикой предусматривается получение запаса в натуральном его значении по данным пробных площадей, заложенных в лучших еловых молодняках. При исследовании хода роста молодняков предусматривалось отобразить более высокие запасы с учетом типов леса и классов бонитета на значительной территории района исследования. Под лучшими насаждениями с более высокими запасами мы понимаем сомкнутые, полные насаждения района исследования. Все эти понятия часто относительные, субъективные. В целях конкретизации понимания данных положений приведем пример из таблиц хода роста ели по А. В. Тюрину, где уровень запасов и сумм площадей сечений очень высокий. В отдельных случаях сумма площадей сечений достигает 60—70 м<sup>2</sup>/га. Мы не отрицаем существование элитных ельников с приближением к данному уровню, однако считаем, что еловые насаждения на больших территориях даже в момент кульминации данного признака не могут иметь столь высоких показателей.

Абсолютная полнота должна основываться не на элитных насаждениях, а на обычных лучших насаждениях в лесах данного района, для которых предназначаются местные таблицы.

Следует считать, что если лучшие участки насаждений в возрасте 50—70 лет достигают сумм площадей сечений на уровне 35—40 м<sup>2</sup>/га, то это и есть полные, сомкнутые насаждения, характеризующие определенный уровень накопления запасов. Естественно, что для низших классов бонитета эти показатели будут ниже. Мы считаем, что данный уровень запасов и сумм площадей сечений вполне обоснован, так как показатели запасов, высот, видовых чисел и вычисленных на их основе сумм площадей сечений базируются на большом экспериментальном материале, включающем в себя лучшие насаждения. В наших исследованиях в возрасте до 50 лет отсутствуют суммы площадей сечений выше 35 м<sup>2</sup> на 1 га, вычисленные как средние из максимальных значений на пробных площадях, объединенных группой типов леса и возрастом. Не случайно сумма площадей сечений в алгоритме отнесена к производному принципу исследования, зависящему от запаса, высоты и видового числа. В пользу данного уровня запасов с полнотой единицы свидетельствует еще и то, что данные таблицы предназначаются для таксации множества насаждений на большой территории, где не может быть большого превышения запасов в силу структуры лесного фонда.

В связи с важностью вопроса об установлении запасов множества насаждений при инвентаризации лесного фонда молодняков ели этой части исследования в алгоритме придается первостепенное значение. Другие вопросы и особенности данной методики, последовательность ее расчетов исследователь может рассматривать самостоятельно. Дальнейший их анализ не дается в связи с кратким изложением и объемом статьи.

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПО ДИАМЕТРУ И ВЫСОТЕ В БЕРЕЗОВЫХ МОЛОДНЯКАХ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**О. А. АТРОЩЕНКО**

**(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)**

Среди березняков Белоруссии молодняки занимают почти половину лесопокрытой площади. В последнее время большое внимание уде-