

А. А. Дзедзюля

К вопросу об оценке условий местопроизрастания по высоте и возрасту лиственницы в бассейне реки Хантайки

(Сибирский технологический институт)

Как известно, учение о типах леса приобретает все большее значение как основа для проектирования и проведения целого ряда хозяйственных мероприятий в лесу. Однако сама характеристика того или иного типа леса требует конкретных количественных оценок. Одним из таких показателей будет ход роста по высоте господствующей части древостоя для характеристики условий местопроизрастания. Этот показатель, выражающий производительность насаждений и понимаемый как класс бонитета, может быть определен различными способами. В частности, путем установления графического соотношения между возрастом и высотой, что менее точно, и как соотношение между ними, установленное математическим путем.

Математическое соответствие кривым менее субъективно. Оно позволяет выразить зависимость в алгебраической форме и открывает возможность статистической проверки, что не может быть применимо, когда используется графический метод.

Кривая высот в зависимости от возраста, как показали исследования Купера (1961), представляет собой сигмоид с точкой перегиба обычно в молодой стадии. Точная характеристика кривой для полной жизни древостоя требует использования многочленов или такого сигмоида, как логиста.

Однако ряды возрастов, имеющие первостепенное значение в применении кривых хода роста — показателей условий местопроизрастания, обычно не включают сгибаний. Следовательно, зависимость может быть описана плавной кривой положительного и уменьшающегося наклона, близкой к ло-

гарифмической. На основе математического метода, рассмотренного ниже, построены кривые высот для различных типов леса в бассейне реки Хантайки.

Данными, которые послужили основанием для построения кривых хода роста — показателей условий местопроизрастания, был ряд пробных площадей, заложенных в основных типах встречающихся здесь лиственничников. С этих проб выбирались модельные деревья, которые принадлежали господствующей части древостоя и были свободны от основных гнилей и прошлого угнетения.

В условиях крайне сурового климата, первоначальная стадия приспособления к условиям местопроизрастания занимает растянутый срок. Скорость роста в тот период часто переменна и более затрагивается другими факторами, чем качеством местопроизрастания. Продолжительность «травяной стадии» [3] таких пород, как лиственница и ель, трудно определяется, и они не проявляют своих характерных способностей роста до тех пор, пока не достигнут определенной высоты.

Подготовка данных для построения кривых хода роста — показателей условий местопроизрастания заключается в том, что для более точной характеристики исключаются из рассмотрения задержанные в росте и отставшие деревья.

Этот вопрос для численного метода анализа может быть решен двумя способами. Первый — предлагается использовать нормально-развивающиеся деревья, рост которых подчиняется уравнению обычной формы:

$$h = a + b [f],$$

где h — нетрансформированная высота,

f — трансформированный возраст [5].

На полулогарифмической сетке откладываются логарифмы возрастов по соответствующим высотам, и для анализа выбираются лишь только те деревья, которые следуют прямой линии или не выходят за допустимые пределы дисперсии. Эти пределы устанавливаются в процентах от возраста, снимаемого с направляющей линии, и придержки для них зависят от качества местопроизрастания и географического района. Для района исследования они брались в пределах $\pm 15\%$. Второй способ заключается в том, что не включается в рассмотрение рост по высоте на ранней стадии становления дерева, в которой скорость роста в большей мере зависит от других факторов, чем от качества местопроизрастания. Для этого возраст должен браться на высоте груди и относиться к полной высоте. Последующий анализ произво-

дится на полулогарифмической сетке, как и в первом случае [3].

Математическое изображение кривых высот по возрасту

При построении кривых используется два основных допущения, которые должны быть проверены.

1. Уравнение должно удовлетворительно описывать средние показатели роста по высоте.

2. Существует пропорциональная зависимость между кривыми хода роста для различных условий местопроизрастания. Это допущение предусматривает, что для любых двух кривых семейства отношение y'/y'' является постоянным для всех возрастов (см. рис. 1).

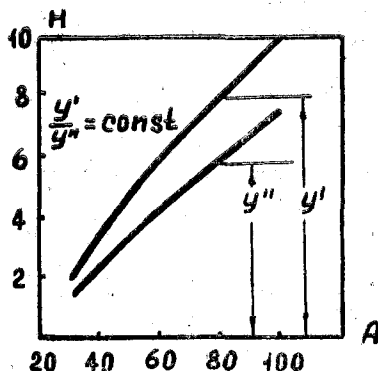


Рис. 1. Допущение пропорциональности для любых двух кривых семейства.

Численную характеристику кривой хода роста, изображающей показатель условий местопроизрастания, можно представить уравнением:

$$h = f(a, b_0, b_1, b_2), \quad (1)$$

где h — высота, a — возраст,
 b_0, b_1 и т. д. — параметры.

Используя такое уравнение, можно построить кривые хода роста — показатели условий местопроизрастания. Имея большое количество переменных — высот и возрастов, кажется, что многие из функций могут быть одинаково хорошими для описания кривых высот в пределах ряда возрастов. Поэтому отбор различных типов функций сосредоточился на том, какова устойчивость функции [1].

Предварительные исследования дали возможность подобрать функцию следующего вида:

$$h = \left(\frac{a}{b_0 + b_1 a} \right)^3. \quad (2)$$

Проверка существующих бонитетных кривых по приведенному уравнению показывает, что существует линейная зависимость между параметрами b_0 и b_1 .

Эта зависимость может быть выражена уравнением:

$$b_1 = u b_0 + v, \quad (3)$$

где u и v — параметры уравнения.

Различные системы кривых могут быть получены посредством изменяющихся значений u и v .

Они основаны на отношениях формы

$$b_1 = b_0 \cdot u, \quad (4)$$

которые дадут кривые хода роста, пропорциональные друг другу. С другой стороны, если u малая величина, они будут почти параллельны.

Следующие уравнения основываются на применении уравнения 2.

Если использована функция, подобная уравнению 2, то при замене в ней линейной зависимости между параметрами b_0 и b_1 уравнением 3 уравнение 2 примет вид:

$$h = \left(\frac{a}{(1+ua) b_0 + \phi \cdot a} \right)^3. \quad (5)$$

Если даны значения высот и соответствующие им возрасты господствующей части древостоя на пробных площадях, в пределах определенных типов леса, или же анализы стволов, представленные той же частью, на тех же пробах, то основной задачей для построения семейства пропорциональных кривых хода роста будет отыскание параметров u и v .

Значение параметра b_0 изменяется от одной пробной площади к другой (или от дерева к дереву) и будет зависеть от показателя условий местопроизрастания, который определяется высотой к возрасту 100 лет.

Для всех пробных площадей, заложенных в различных типах лиственничников бассейна реки Хантайки, найдены параметры b_0 и b_1 . Для этого, с применением графического анализа, выполненного на полулогарифмической сетке, составлено 15—20 уравнений с двумя неизвестными b_0 и b_1 на основании уравнения (2).

Они охватывали весь ряд возрастов и высот от 40 до 300 лет. Система из такого количества уравнений с двумя неизвестными решена методом наименьших квадратов [1].

Получены параметры b_0 , b_1 для каждой пробной площади, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1
Параметры b_0 , b_1 , вычисленные для различных типов леса в бассейне реки Хантайки

Параметры	Номера пробных площадей						
	7	6	5	4	3	2	1
b_0	16,885	15,416	13,542	12,820	11,922	10,555	9,789
b_1	0,3591	0,3478	0,3453	0,3361	0,3297	0,3284	0,3221

Примечание. Номера пробных площадей соответствуют номерам типов леса на рис. 3.

Оценка параметров u и v

На основании уравнения 3 составлялась система из семи уравнений с неизвестными u и v , в которые входили параметры b_0 и b_1 , приведенные в таблице 1. Эта система решена также методом наименьших квадратов.

В результате получены значения параметров

$$u = 0,00364; \quad v = 0,2807.$$

Значения b_0 и b_1 , вычисленные для каждой пробной площади, дают минимальную сумму квадратов.

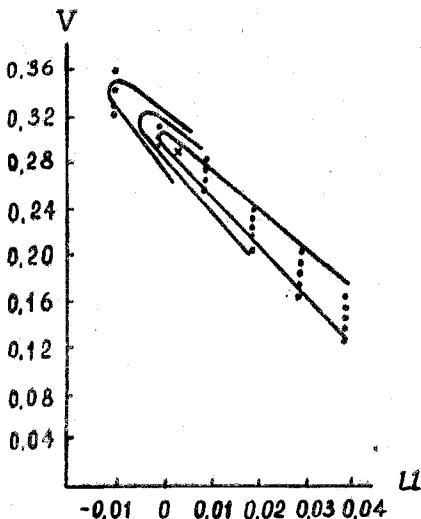


Рис. 2. Полная сумма квадратов для различных комбинаций u и v :
 $u = 0,00364$; $v = 0,2807$.

Проверка показала, что значения u и v должны дать минимальную полную сумму квадратов для всех проб вместе. Эти значения находятся в пределах интервалов:

$$\begin{aligned} -0,01 &\leq u \leq +0,04 \\ +0,28 - 4u &\leq v \leq +0,32 - 4u. \end{aligned}$$

Полная сумма квадратов была найдена для некоторых значений, которые дали наименьшую сумму, лежащую в пределах узкого желоба (рис. 2).

Параметр b_0 , отнесенный к высоте в 100 лет для определенных условий местопроизрастания, вычислялся по формуле, выведенной из уравнения 5.

$$b_0 = \frac{a(1 - v\sqrt[3]{h})}{\sqrt[3]{h}(1 + ua)} \quad (6)$$

где a — возраст,

h — высота господствующей части древостоя к этому возрасту,

u и v — параметры, общие для всего семейства кривых.

По данным u и v — общих для системы кривых хода роста в изучаемом районе и параметров b_0 , изменяющихся от пробы к пробе, вычислены кривые хода роста по семи типам лиственничников в бассейне реки Хантайки (рис. 3).

На основании функциональных зависимостей для системы кривых, рассмотренных выше, были проверены бонитетные кривые для лиственницы, опубликованные Б. Н. Тихомировым в 1965 г.

В результате вычислений с применением подвижных функций и метода наименьших квадратов получены данные параметров u и v для системы кривых: $u=0,0266$, $v=0,176$.

По формуле (6) вычислены параметры b_0 для каждого бонитета, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Параметры b_0 по бонитетам, вычисленные по данным бонитировочной шкалы Б. Н. Тихомирова

Бонитеты	V ^b	V ^a	V	IV	III	II	I	I ^a
b	8,578	7,297	6,271	5,432	4,825	4,391	3,937	3,544

По этим данным получены высоты по соответствующим возрастам, а затем построены бонитетные кривые (рис. 4).

Сравнение хода роста по высоте с бонитетной шкалой по-

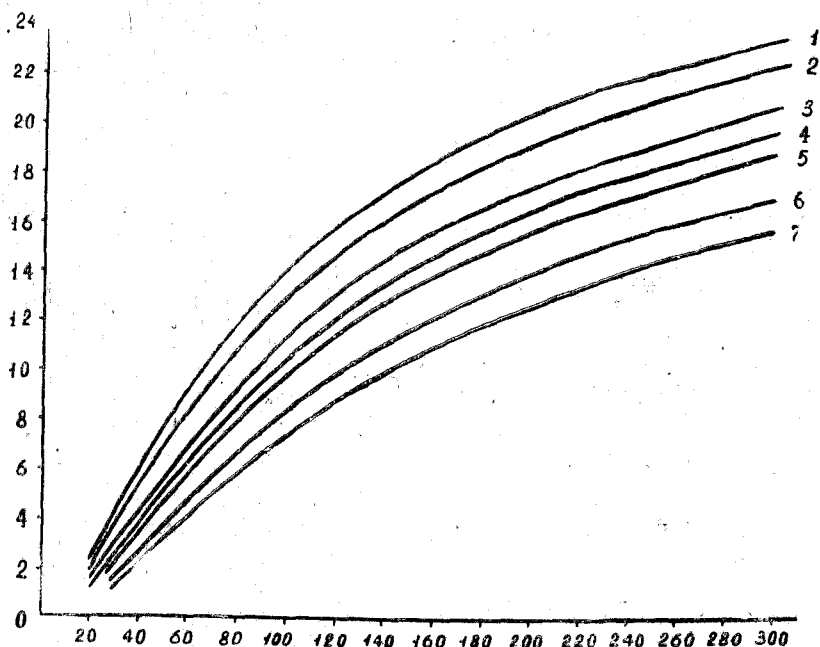


Рис. 3. Кривые хода роста лиственницы по высоте для различных типов лиственничников, рассчитанные с параметрами $\mu = 0,00364$, $\nu = 0,2807$:

1—лиственничник вейниковый, 2—лиственничник разнотравно-зеленомошный, 3—лиственничник ольховниковый хвощево-зеленомошный, 4—лиственничник ольховниковый кустарничково-зеленомошный, 5—лиственничный ельник лишайниковый, 6—ельник осоково-кустарничково-зеленомошный, 7—лиственничник лишайниково-сфагновый.

казывает, что в условиях заполярья имеются свои специфические особенности роста по высоте, которые видны из построенных кривых (рис. 3).

Вычисленные параметры общебонитированной шкалы по лиственнице отличаются от полученных в районе исследования. Применение этой шкалы в районе бассейна реки Хантайки приведет к существенным погрешностям: фактически вычисленные кривые будут пересекать общебонитировочные. Многие исследователи кривых хода роста по высоте допускают, что показатель качества местопроизрастания не зависит от возраста выбранного древостоя, состоящего из одной породы [4]. Для нескольких пород возможна непропорциональность кривых хода роста или полиморфизм.

Поэтому напрашивается вывод, что кривые хода роста по высоте, составленные для одной породы для различных ус-

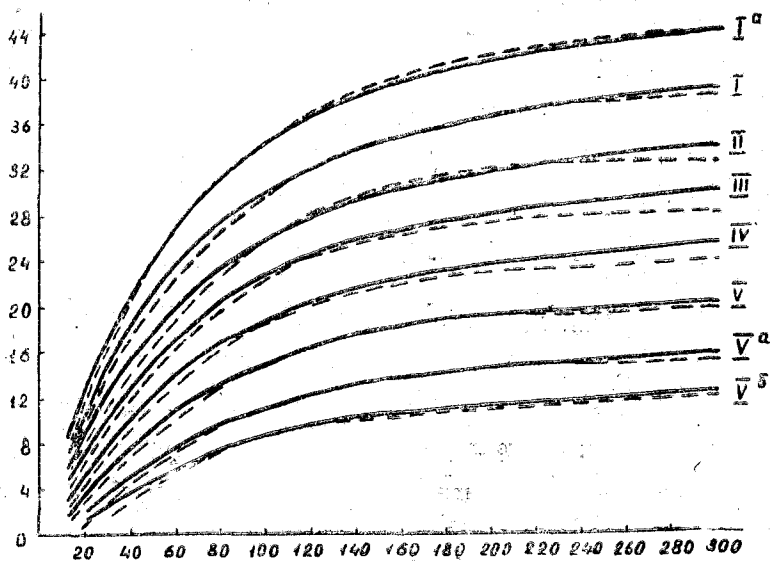


Рис. 4.

— — — Бонитировочная шкала для лиственницы Б. Н. Тихомирова,
 - - - - - шкала, рассчитанная с параметрами $u = 0,0266$, $v = 0,176$.

ловий местопроизрастания одного и того же района, не должны пересекаться и будут пропорциональны друг другу.

При типологических обследованиях, дополняемых изучением хода роста по высоте с целью определения и классификации качеств условий местопроизрастания, предлагается использовать приведенный метод.

Выводы

1. Применение описанного метода математического анализа, рассмотренного в этой статье, для построения кривых хода роста по высоте, обеспечивает более точную оценку формы кривых и тем самым более достоверно определяются показатели условий местопроизрастания.

2. Исключаются искажения, вводимые за счет изменяющегося фактора роста по высоте на первоначальной стадии приспособления к условиям местопроизрастания.

3. Математический метод построения кривых хода роста по высоте прост и может быть выполнен на простых вычислительных машинах, причем часть работы может производиться менее подготовленным персоналом.

Необходимо отметить, что при использовании численного

метода для построения кривых хода роста по высоте—показателей условий местопроизрастания могут быть применимы

другие типы функций: $h = b_0 E^{-b_1 a^n}$; $h = b_0 (1 - E^{-b_1 A})^n$.

В этой статье уравнение 2 использовано как пример.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа, Физматгиз, М., 1963.
2. Тихомиров Б. Н. Бонитирование лиственных насаждений. Материалы научной конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. СО АН СССР, Институт леса и древесины, Красноярск, 1965.
3. Husch B. Use of age at d. b. h. as variable in the site index concept. Jour. Forestry v. 54: 340, 1956.
4. Carmean W. H. Suggested modification of standard Douglas fire curves for certain soils in southwest Washington. For. Sci. 2: 242—250, 1956.
5. Ward W. W., Fletcher P. W., Armstrong M. A. Site index determination. Jour. Forestry v. 61, № 1, 1965.