

## ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ РОСТА ДЕРЕВЬЕВ

В последние годы многие лесоводственно-таксационные исследования основываются на изучении площадей роста отдельных деревьев (Поляков, 1973; Мартынов, 1976; Томазиус, 1978; Тябера, 1980; Лебков, 1992; Prodan, 1968, 1973; Thomasius, 1978; Thomasius, Butter, 1984 и др.). Это объясняется тем, что условия роста древесного растения наиболее полно характеризуются принадлежащей ему площадью почвенной поверхности. Такие показатели, как густота и полнота древостоев, во многих исследованиях оказываются малопригодными вследствие неравномерного размещения деревьев в насаждениях.

К настоящему времени предложено множество способов и подходов по определению площадей роста. Асман (Assmann, 1961), П.П.Изюмский (1968) считают, что за площадь питания дерева в насаждении целесообразно принимать проекцию его кроны. Однако в этом случае между деревьями остаются неучтенные промежутки. Они, несомненно, используются корневыми системами, так как площади проекций их намного превышают площади проекций крон деревьев.

На наш взгляд, при определении площадей роста деревьев следует руководствоваться следующими предпосылками:

1. Вся площадь насаждения, за исключением больших прогалин и "окон", полностью используется произрастающими в нем деревьями.

2. Каждое дерево в насаждении в процессе конкурентных взаимоотношений с "соседями" использует для своего роста определенную площадь в соответствии со своими размерами и особенностями пространственного окружения.

3. Площадь роста в известной степени является условной, границы ее в насаждении могут быть выражены неясно вследствие возможного взаимного перекрытия корневых систем деревьев. В данном случае допускается, что проникновение корней деревьев в сферу питания других взаимно компенсируется.

Методы определения площадей роста деревьев и использование их в различных сферах теории и практики лесного хозяйства большое развитие получили в работах зарубежных исследователей. Сопоставление некоторых из них дано в работе Эрленшпиел (Ehrlenspiel, 1971). В отечественной специальной литературе практически нет материалов, посвященных содержательному описанию и анализу этих методов. Именно этот пробел

мы старались восполнить в данной работе. Причем основное внимание было уделено наиболее известным и интересным методам и принципам определения площадей роста деревьев.

Большинство предложенных методов можно объединить в 4 группы:

1. Методы, основанные на измерении расстояний между деревьями.
2. Методы построения полигонов (многоугольников) роста.
3. Методы выборочных проб.
4. Методы угловых проб.

Методы первой группы предполагают определение площадей роста деревьев в насаждении только с учетом расстояния между ними. Развитие деревьев, их размеры во внимание не принимаются. Во многих исследованиях в нашей стране и за рубежом широко используется соотношение между густотой и средним расстоянием между стволами (Bauersachs, 1942; Weck, 1953; Бочаров, Самойлович, 1964; Klier, 1969 и др.). Установлено, что значение среднего расстояния находится между значениями расстояний, измеренных от конкретного дерева к третьему и четвертому "соседям" (Prodan, 1965). В этой связи Хаусбург (Hausburg, 1968) разработал уравнение, позволяющее определить число стволов на 1 га на основе среднего расстояния к третьему ближайшему дереву:

$$N = 10910 L^{-2,0068}, \quad (1)$$

где N - число деревьев на 1 га;

L - среднее расстояние к третьему ближайшему дереву.

Для определения средней площади роста в насаждении предлагается формула

$$SP = \frac{L^{-2,0068}}{1,091}, \quad (2)$$

Она выводится следующим образом:

$$SP = \frac{10000}{N} = \frac{10000}{10910 L^{-2,0068}} = \frac{L^{-2,0068}}{1,091}$$

При определении площади роста конкретного дерева необходимо в формулу (2) вместо среднего расстояния подставить дистанцию от этого дерева до третьего ближайшего "соседа" (рис. 1). По мнению Эрленшиел

(Ehrlenspiel, 1971), это наиболее известный и используемый метод из данной группы.

Построение полигонов роста производится в двух вариантах. Первый вариант предложен Брауном (Prodan, 1968). Площадь роста исследуемого дерева ограничивается на плане перпендикулярами, восстановленными из середин прямых линий, соединяющих данное дерево с его соседями (рис. 2). Таким образом, при проведении натурных работ необходимо от исследуемых (модельных) деревьев измерить расстояния и углы до всех соседних деревьев. Эту работу можно выполнить и по материалам картирования деревьев на пробных площадях.

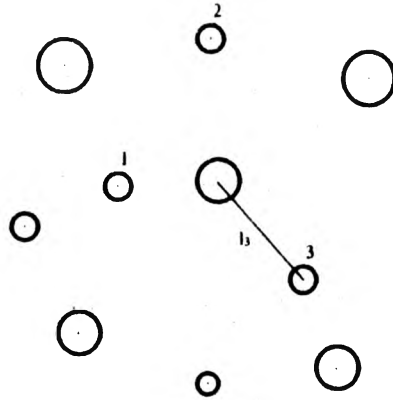
Второй вариант был разработан Штером (Stöhr, 1963) и получил дальнейшее развитие и обоснование в работе Продана (Prodan, 1968). При определении площади роста искомое дерево соединяется с его ближайшими соседями прямыми линиями (рис. 3). Каждая линия затем делится на два отрезка, пропорциональных по длине диаметрам деревьев, соединяемых линией:

$$l = \frac{l_1 * d_0}{d_0 + d_1}, \quad (3)$$

где  $l_1$  - расстояние от исследуемого дерева до соседнего;  
 $l$  - определяемое расстояние от исследуемого дерева;  
 $d_0$  - диаметр исследуемого дерева;  
 $d_1$  - диаметр соседнего дерева.

Через точки деления проводятся перпендикуляры к этим прямым, при пересечении которых образуется полигон площади роста дерева. В этом случае, в отличие от первого варианта, при сборе данных необходимо дополнительно измерить диаметры всех соседних деревьев.

При определении площадей роста конкретных деревьев путем построения полигонов могут возникнуть сложности с установлением эффективных соседей. По данным Тяберы (1980), в сосняках II класса бонитета деревья имеют от 3 до 9 соседей. Наши исследования показали, что в сосняках Среднего Урала их количество колеблется от 3 до 11 (Луганский, Нагимов, 1994). Большинство исследователей считают, что среднее количество соседей равно шести, а минимальное их число для получения закрытого полигона - трем. Эти цифры могут служить только ориентиром. В сомнительных случаях следует охватить большее число



**Рис.1. Метод измерений расстояний между деревьями**

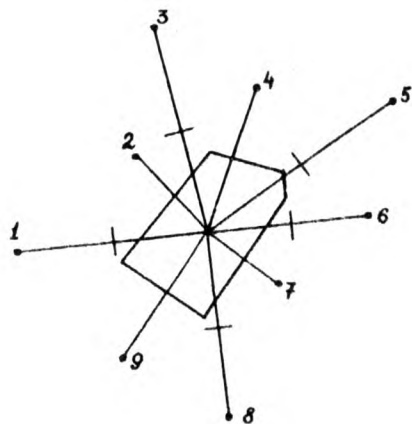


Рис.2 Метод Брауна

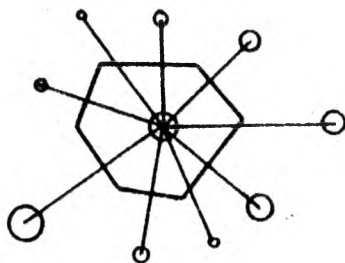


Рис.3 Метод Штейера

деревьев. Очень важным преимуществом данного метода является то, что он позволяет при наличии материалов картирования распределить всю площадь насаждения между деревьями.

Большое развитие при определении площадей роста деревьев получил метод выборочных проб (Prodan, 1968; Ehrenspiel, 1971; Trommer, 1969). При этом площадь роста вычисляется косвенным путем через определенную на круговых площадках сумму площадей сечений деревьев  $\Sigma G$ . Метод используется в трех вариантах: с тремя, шестью и десяткой деревьями.

Наибольшее распространение получил вариант с шестью деревьями. При этом для исследуемого дерева находятся шесть ближайших соседей. Измеряется расстояние до наиболее отдаленного шестого соседа  $l_6$ . Оно представляет собой радиус круга (выборочной пробы) в центре которого находится исследуемое дерево (рис 4). Затем измеряются диаметры всех деревьев, оказавшихся внутри этого круга. По данным выборочной пробы определяется  $\Sigma G$  на 1 га:

$$\frac{\Sigma G}{1 \text{ га}} = \frac{\text{Сумма площадей сечений деревьев в круге}}{\text{Площадь круга}} \quad \text{или}$$

$$\frac{\Sigma G}{10000} = \frac{\pi/4 (d_0^2 + d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_5^2 + d_6^2/2)}{\pi \times l_6^2 d_6^2} \quad \text{и}$$

$$\Sigma G = \frac{2500(d_0^2 + d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_5^2 + d_6^2/2)}{l_6^2}, \quad (4)$$

где  $d_0$  - диаметр исследуемого дерева,  
 $d_1, \dots, d_6$  - диаметры соседних деревьев,  
 $l_6$  - расстояние до шестого соседа.

Шестое соседнее дерево только наполовину заходит в круг, поэтому при расчете  $\Sigma G$  диаметр его учитывается в половинном размере. Площадь роста исследуемого дерева определяется следующим образом:

$$\frac{\text{Площадь роста дерева}}{10000} = \frac{\text{Площадь сечения дерева}}{\Sigma G} \quad \text{или}$$

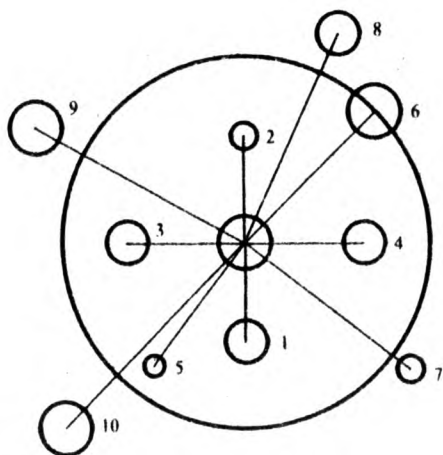


Рис 4. Выборочная проба с шестью деревьями

$$S_p = \frac{g \times 10000}{\Sigma G} \quad (5)$$

где  $g$  - площадь сечения исследуемого дерева.

Вариант выборочной пробы с тремя деревьями не имеет существенных различий от предыдущего. В этом случае радиусом выборочной пробы является расстояние от исследуемого дерева до третьего соседа. Для определения используется несколько видоизмененная формула:

$$S_G = \frac{g_0 + g_1 + g_2 + g_3/2}{\pi \times l_3^2}, \quad (6)$$

где  $g_0$  - площадь сечения исследуемого дерева;

$g_1, g_2$  - площади сечений соседних деревьев;

$l_3$  - расстояние до третьего соседа.

Несколько по-другому определяется  $\Sigma G$  на 1 га на основе выборочной пробы с десятью соседними деревьями. В этом случае данный показатель устанавливается 10 раз. Сначала определяется для круга с радиусом, равным расстоянию от исследуемого дерева до первого (ближайшего) соседа  $l_1$ :

$$\Sigma G_1 = \frac{2500(d_0^2 + d_2^2/2)}{l_1^2}$$

Затем для круга со вторым соседом:

$$\Sigma G_2 = \frac{2500(d_0^2 + d_1^2 + d_2^2/2)}{l_2^2}$$

Расчеты заканчиваются для круга с десятым соседом:

$$\Sigma G_{10} = \frac{2500(d_0^2 + d_1^2 + \dots + d_{10}^2/2)}{l_{10}^2}$$

Каждый раз при вычислении  $\Sigma G$  устанавливается площадь роста дерева по формуле (5).

После этого определяется средневзвешенное значение по формуле

$$\Sigma G = \frac{S_{p1} \times \Sigma G_1 + S_{p2} \times \Sigma G_2 + \dots + S_{p10} \times \Sigma G_{10}}{S_{p1} + S_{p2} + \dots + S_{p10}}$$



или после подстановок и сокращений

$$\Sigma G = \frac{2500(10d_0^2 + 9,5d_1^2 + 8,5d_2^2 + \dots + 1,5d_9^2 + 0,5d_{10}^2)}{S_{P1} + S_{P2} + \dots + S_{P10}} \quad (7)$$

Таким образом, при определении  $\Sigma G$  исследуемое дерево учитывается 10 раз, первый сосед 9,5 раз и т.д. Площадь роста определяется так же, как при первом варианте данного метода.

При работе на угловых пробах площадь роста деревьев также определяется на основе предварительно найденных значений  $\Sigma G$  на 1 га. Штер (Stohr, 1968) для этих целей предложил использовать переменный угол визирования, а  $\Sigma G$  определять по формуле

$$\Sigma G = K^2 * N, \quad (8)$$

где  $K$  - угол визирования (отсчет на шкале, расположенной в 50 см от глаз наблюдателя);

$N$  - число учтенных деревьев.

Метод также применяется в нескольких вариантах. Наиболее известны два из них: угловая проба с тремя соседями и угловая проба с десятью соседями.

Первый вариант предполагает при визировании выбрать такой угол, чтобы охватить три ближайших соседа (рис. 5). Тогда окажутся учтенными 3,5 дерева, так как только половина третьего соседнего дерева будет входить в круговую площадку,  $\Sigma G$  на 1 га определится по формуле

$$\Sigma G = K_3^2 * 3,5, \quad (9)$$

где  $K_3$  - отчет, получаемый при визировании на третье дерево. Площадь роста исследуемого (центрального) дерева определяется по формуле (5). Второй вариант данного метода предполагает учет десяти соседних деревьев. При этом  $\Sigma G$  на 1 га определяется 10 раз:

$$\Sigma G_1 = K_1^2 * 1,5; \quad \Sigma G_2 = K_2^2 * 2,5; \quad \dots \quad \Sigma G_{10} = K_{10}^2 * 10,5$$

Затем средне - взвешенным способом с использованием площадей угловых проб определяется истинное значение  $\Sigma G$  на 1 га. Штер (Stohr, 1968) для этих целей предлагает использовать показатели, которые пропорциональны площадям угловых проб:

$$\Sigma G = \frac{\Sigma G_1 \times 1/K_1^2 + \Sigma G_2 \times 1/K_2^2 + \dots + \Sigma G_{10} \times 1/K_{10}^2}{1/K_1^2 + 1/K_2^2 + \dots + 1/K_{10}^2}$$

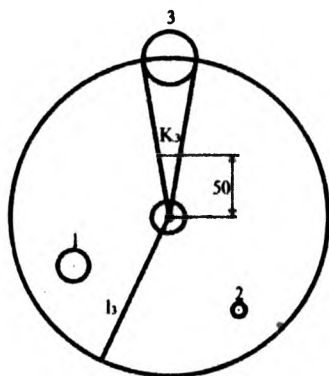


Рис.5. Угловая проба с тремя соседними деревьями.

После соответствующих подстановок и сокращений формула принимает вид:

$$\Sigma G = \frac{1.5 + 2.5 + \dots + 10.5}{1/K_1^2 + 1/K_2^2 + 1/K_{10}^2} = \frac{60}{\Sigma 1/K_i^2} \quad (10)$$

Имея значение на 1 га и площади сечения исследуемого дерева, можно определять его площадь роста по формуле (5).

Отдельно можно выделить метод определения площади роста, предложенный Вейхе (Weihe, 1976). Он предполагает использование данных перечета деревьев на пробных площадях:

$$S_p = \frac{F}{N} * \frac{d_i}{d_m} \rightarrow S_p = \frac{F}{N} * \frac{d_i}{\Sigma d/N} \rightarrow S_p = \frac{F}{N} * \frac{d_i \times N}{\Sigma d} \rightarrow S_p = F \frac{d_i}{\Sigma d}, \quad (11)$$

где F - площадь насаждения;

N - количество деревьев;

d<sub>i</sub> - диаметр исследуемого дерева;

d<sub>m</sub> - средний диаметр насаждения.

При расчетах можно использовать и другие размеры деревьев, например высоту h:

$$\Sigma p = F \frac{\Sigma h_i}{\Sigma h}, \quad (12)$$

где h<sub>i</sub> - высота исследуемого дерева;

S<sub>h</sub> - сумма высот всех деревьев.

В насаждении с известными почвенно-климатическими характеристиками площадь роста дерева должна как можно точнее характеризовать условия его роста, слагающиеся из конкурентных взаимоотношений с "соседями". В этом плане предложенные методы, отличающиеся совершенно разными подходами, не могут иметь одинаковые результаты как по затратам труда, так и по точности определения площадей роста.

Так, например, величина площади роста, определенная методом построения полигонов, в значительной степени зависит от характера размещения деревьев. Причем деревья, расположенные в непосредственной близости от исследуемого дерева, но находящиеся за ближайшими соседями, не участвуют в построении полигона. Тем не менее нельзя однозначно утверждать, что они не находятся в конкурентных взаимоотношениях с исследуемым деревом. Все остальные методы не учитывают в дос-

таточной мере характер, а основываются главным образом на их удалении от исследуемого дерева. Одни из них при расчете площади роста требуют измерения расстояний до всех учитываемых соседних деревьев, другие - только до крайних.

Большинство рассмотренных методов предполагает при определении площади роста использование диаметров или площадей сечений деревьев. В основе их лежит положение о том, что чем больше размеры деревьев, тем больше и приходящиеся им в насаждении площади питания. С этим положением нельзя не согласиться. Однако на основе этих методов нельзя однозначно ответить на вопрос: обусловлены ли размеры деревьев в данный момент определенными для них площадями роста. Это объясняется, во-первых, происходящими с возрастом изменениями пространственного окружения деревьев, которое лежит в основе определения площадей роста; во-вторых, особенностями алгоритма расчета площадей роста большинства методов, предполагающих разделение общей площади насаждения пропорционально размерам деревьев.

Если в конкретном насаждении площадь роста дерева характеризует условия его роста, т.е. поступление света, влаги и элементов питания, то между этим показателем и текущим приростом дерева за какой-то небольшой промежуток времени должна существовать определенная связь. Тогда по тесноте этой связи можно сделать заключение о точности того или иного метода определения площадей роста.

Для изучения этого вопроса нами использовались материалы 4 постоянных пробных площадей, заложенных в 41- 48 -летних сосняках ягодникового типа леса. На этих объектах были определены площади роста деревьев по всем вариантам первых трех методов. Метод угловых проб по техническим причинам не использовался. Всего площади роста были определены для 320 деревьев.

В основу данных исследований положена зависимость текущего прироста за последние 5 лет по площади сечения дерева на высоте груди от площади роста. Установлено, что эта зависимость носит криволинейный характер и лучше всего описывается уравнением второго порядка. Причем теснота связи указанных показателей в значительной степени определяется методом расчета площадей роста (табл. 1).

Как видно из данных табл. 1, при исследовании зависимости текущего прироста деревьев от их площадей роста предпочтение следует отдавать выборочным пробам с шестью или десятью деревьями. Методы Штера, Вейхе и выборочных проб с тремя деревьями обеспечивают несколько меньшую тесноту связи, но вполне приемлемую. Методы постоянный между деревьями и Брауна практически не пригодны для указанных исследований.

**Корреляционные отношения зависимости текущего прироста по площади сечения деревьев от их площади роста при различных методах определения площади роста**

расстояние между деревьями	Методы					Бейхе
	построение полигонов		выборочные пробы			
	по Броуну	по Штеру	с тремя деревьями	с шестью деревьями	с десятью деревьями	
0,25 - 0,35	0,16 - 0,34	0,58 - 0,82	0,62 - 0,80	0,70 - 0,92	0,72 - 0,92	0,52 - 0,78

Несмотря на то, что выборочные пробы обеспечивают высокую корреляцию прироста деревьев с их площадями роста, этот метод не лишен недостатков. Во-первых, этот метод не обеспечивает полное совпадение абсолютной полноты с истинным значением этого показателя на определенной площади. На исследуемых четырех пробных площадях различия составили от 9 до 15%. Следовательно, сумма площадей роста всех деревьев не будет равна общей площади насаждения. При некоторых исследованиях такое совпадение крайне желательно. Во-вторых, метод выборочных проб достаточно трудоемкий, особенно его вариант с десятью деревьями.

В этой связи нами предлагается новый метод определения площадей роста. В основе метода лежит положение, что при прочих равных условиях деревья в насаждении занимают площади почвенной поверхности в соответствии со своими размерами. При равномерном размещении деревьев этому положению с некоторыми допущениями может соответствовать формула

$$S_p = \frac{g_i \times S_{II}}{\Sigma G_{II}}, \quad (13)$$

где  $g_i$  - площадь сечения исследуемого дерева;

$\Sigma G_{II}$  - сумма площадей сечений всех деревьев насаждения;

$S_{II}$  - общая площадь насаждения.

В естественных древостоях деревья чаще всего располагаются неравномерно (Грейг-Смит, 1967; Плотников, 1968; Юкнис, 1978; Тябера, 1980; Грибанов, 1986; Лебков, 1992 и др.). Поэтому для приближения рассчитанной по формуле (13) площади роста к истинной предлагается использовать коэффициент, учитывающий относительное удаление соседних деревьев. Результаты исследований показали, что в качестве такого

коэффициента в естественных насаждениях целесообразно использовать отношение конкретного расстояния от исследуемого дерева до соседа определенного порядка к среднему расстоянию всех деревьев в древостое к соседям такого же порядка. В окончательном виде формула для определения площадей роста деревьев имеет вид

$$S_p = \frac{g_i \times S_n}{\Sigma G_n} \cdot \frac{l_i}{l_n}, \quad (14)$$

где  $l_i$  - расстояние от исследуемого дерева до соседа  $i$ -го порядка;

$l_n$  - среднее расстояние всех деревьев древостоя к соседям  $i$ -го порядка.

Расчеты показали, что в средневозрастных насаждениях в этих целях целесообразно использовать расстояние до пятого или шестого соседнего дерева. Можно сделать предположение, что в молодняках лучшие результаты даст использование расстояния до соседей более ближнего порядка, а в преуспевающих и спелых древостоях - более дальнего. Это объясняется увеличением числа эффективных соседей с возрастом. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения. Уязвимым местом предлагаемого метода может являться то, что при определении площади роста не учитываются размеры непосредственных "соседей". Однако этот недостаток может быть существенным лишь в том случае, если в насаждении существуют строгие зависимости в размещении деревьев разного размера относительно друг друга.

Результаты исследований показали, что различия в значениях площадей роста деревьев, определенных по формуле (14) и по методу выборочных проб, несущественны. В то же время предлагаемый метод более прост и устраняет отмеченный недостаток метода выборочных проб.

В заключение представляется интересным рассмотреть зависимость текущего прироста деревьев от их площади роста в пределах определенных размерных классов. Это позволит в значительной степени уменьшить влияние размеров деревьев на исследуемую зависимость, т.е. рассмотреть ее в "чистом" виде, а также оценить реакцию деревьев разных размеров на величину площади роста.

С этой целью деревья всех пробных площадей были объединены в одну совокупность и распределены по ступеням толщины. Затем для каждой ступени толщины были рассчитаны корреляционные отношения зависимости прироста от площади роста деревьев (табл. 2).

Как видно из данных табл. 2, значения корреляционных отношений для соответствующих методов существенно ниже, чем значения, приве-

денные в табл. 1. Тем не менее факт существования зависимости текущего прироста от площади роста даже у деревьев примерно одинаковых размеров не вызывает сомнений.

Таблица 2

**Корреляционные отношения зависимости текущего прироста по площади сечения деревьев от их площади роста в пределах ступеней толщины**

Ступень толщины	Корреляционное отношение при методах		
	выборочных проб с шестью деревьями	Штера	предлагаемом
4	0,29	0,20	0,28
8	0,46	0,38	0,48
12	0,50	0,34	0,48
16	0,52	0,40	0,50
20	0,36	0,29	0,34
24	0,28	0,18	0,30

В то же время наблюдается уменьшение тесноты связи между приростом и площадью роста в крупномерных ступенях толщины. Аналогичные результаты получали и другие исследователи (Тябера, 1982; Вейс, 1995). Таким образом, можно сделать заключение, что рост деревьев высших рангов в меньшей степени зависит от величины площади роста.

В целом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Из всех рассмотренных методов наиболее точным при определении площадей роста отдельных деревьев следует признать метод выборочных проб с шестью и десятью деревьями. Однако он не позволяет абсолютно точно распределить общую площадь исследуемого насаждения между составляющими его деревьями.
2. Предлагаемый нами метод практически не уступает по точности выборочным пробам и устраняет присущий им недостаток.
3. Площадь роста дерева достаточно полно характеризует условия его роста, слагающиеся в результате конкретных взаимоотношений с "соседями" и поэтому может успешно использоваться при решении различных лесоводственно-таксационных задач.

## Литература

Бочаров М.К., Самойлович Г.Г. Математические основы дешифрирования аэроснимков леса. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 222 с.

Вейс А.А. Влияние площади роста деревьев на их морфолого-таксационные показатели: Автореф. дис... канд. с.-х. наук, Красноярск, 1995. 19 с.

Изыумский П.П. О методе рубок ухода за лесом // Лесное хозяйство. 1968. № 1. С. 23-26.

Левков В.Ф. Дендрометрические основы структурно-динамической организации древесных ценозов сосны: Дис. в форме науч докл. д-ра биол. наук. М., 1992. 43 с.

Луганский Н.А., Нагимов З.Я. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1994. 140 с.

Мартынов А.Н. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания // Лесоведение. 1976. № 5. с. 85-88.

Поляков А.К. Определение оптимальной густоты сосны свежей субори // Лесное хозяйство. 1973. N12. С. 14-18.

Томазиус Х.О. Определение оптимальной густоты насаждений // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: Ленинград. лесотех. Академия. 1978. Вып. 7. С. 14-23.

Тябера А.П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 1980, 20 с.

Тябера А.П. Влияние площади роста деревьев на таксационные показатели и качество древесины сосняков Литовской ССР // Лесоведение. 1982. N2. С. 78-84.

Assmann E. Waldertragikunde// Munchen, 1961.

Bauersachs E. Bestandesmassenaufnahme nach dem Mittelstammverfahren des Zweitkleinsten Stammabstandes// Forstw. Centralblatt, 1942, 64, S.182-186.

Ehrlenspiel G. Möglichkeiten der Ermittlung der Standfläche von Einzelbäumen und deren Bedeutung bei der Auswertung von Versuchsflächen//Diss. Freiburg. 1971. 124 s.

Hausburg H. Die Eignung der Stammabstände zur repräsentativen Stammzahl-und Vorratsermittlung. Diss.Frbg, 1968. 130 s.

Klier G. Beitrag zu den Baumabstandsmethoden in der Forstwirtschaft//Arch. f. Forstwesen. 1969. B.18. S.1257-1264.

Prodan M. Holzmeßlehre. Frankfurt. 1965. 644 s.

Prodan M. Einzelbaum, Stichprobe und Versuchsfläche// Allg. Forst und Jagdzeitung. 1968. S.239-248



Prodan M. Punktstichprobe für die Forsteinrichtung// Forst und Holz, 1968, N23.

Prodan M. Spatiale Variation und Punktstichproben// Allg. Forst und Jagdzeitung 1973, S.229-236.

Stöhr F. Erweiterungsmöglichkeiten der Winkelzählprobe. Diss. Frbg 1963.

Stöhr F. Die einzelstammweise Bestimmung von Kreisfläche, Masse und laufendem Zuwachs pro ha mit Hilfe der variablen Winkelzählprobe // Allg. Forst-u. Jagdzeitung, 1968, 139, S. 249-287.

Thomasius H.O., Thromosius H.H. Ableitung eines Verfahrens zur Berechnung der ertragskundlich optimalen Bestandesdichte // Beiträge für die Forstwirtschaft 1978, S. 79.

Thomasius H., Butter D. Studie zu einigen Relationen zwischen Wuschfläche, Zuwachs und individuellen Stabilität von Waldbäumen, dargestellt an der Baumart Fichte // Beiträge für die Forstwirtschaft, 1984, S. 25-28.

Trommer R. Stichprobentheoretische Gesichtspunkte bei der Schätzung von Stammzahl und Grundfläche mit Hilfe von Stammabstandsverfahren // Arch. f. Forstwes. 1969, 18, 9/10.

Weck J. Untersuchungen über Brauchbarkeit und Genauigkeit eines Bestandesmessung unter Verwendung von Stammabständen // Forstarchiv, 1953, 24, S. 257-260.

Weihe J. Die Schätzung der individuellen Standfläche in einschichtigen Reinbeständen // Dt. Verb. forstl. Forschungsonstalten, Paderborn, 1976.