

Залесов С.В., Зубов С.А., Лопатин К.И. Лесоводственно-экономическое обоснование программ рубок ухода в сосняке ягодиновом на Среднем Урале // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1993. Вып. 16. С. 57-73.

Залесов С.В., Луганский Н.А. Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск: Изд-во Уральск. ун-та, 1989. 128 с.

Основные положения организации и ведения лесного хозяйства Свердловской области. Екатеринбург, 1995. 525 с.

Справочник таксатора. Таблицы для таксации леса. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 854 с.

УДК 630* 16:582.475.4

В.А. Усольцев, А.А. Сальников

(Уральская государственная лесотехническая академия)

ОЦЕНКА ФИТОМАССЫ ПО ВОЗРАСТНЫМ СЛОЯМ КРОНЫ В БЕРЕЗНЯКАХ УРАЛА

Проанализировано распределение массы листьев и ветвей по возрастным слоям кроны с использованием многомерного регрессионного анализа и рекурсивных регрессионных систем по данным обмера и взвешивания массы листьев и скелета крон по 6 вертикальным слоям у 70 модельных деревьев, взятых на 11 пробных площадях в естественных березняках Среднего Урала I-VI классов возраста и I-V классов бонитета (от разнотравного до осокового).

Вертикально-фракционное распределение фитомассы характеризует структурно-функциональную организацию биогеоценоза (Дылис, 1974; Уткин, 1986; Карманова и др., 1987). Его данные являются необходимой количественной основой при моделировании различных закономерностей и процессов в лесу. Исследования вертикально-фракционного распределения фитомассы в основном проводились для решения каких-то специальных задач: изучения светового режима леса (Алексеев, 1975), выделения вертикальных биогеоценологических структур (Уткин, Дылис, 1966; Карманова и др., 1987), анализа минерального питания в лесных биогеоценозах (Беручашвили, 1972), характеристики продуцирования, накопления, пространственной трансформации фитомассы (Рождественский, 1984; Арутюнян, Уткин, 1986; Гульбе и др., 1986; Уткин, 1986) и др.

В настоящее время названная проблема приобретает особую актуальность на уровне региональной и глобальной экологии. Многочисленными исследованиями установлено, что в связи с атмосферными загрязнениями для лесов всей Европы характерны общая тенденция снижения охвоенности и плотности лесного полога и в то же время увеличение общего запаса фитомассы и ее годичного прироста в течение последних 20 лет (Schlaepfer, 1993). Выяснение противоречий при оценке воздействия антропогенных эмиссий на продуктивность лесов необходимо поставить на биоэкологическую основу (Усольцев, 1997а).

500 лет назад Леонардо да Винчи, анализируя систему ветвления дерева, отметил, что суммарное сечение ветвей (и ствола) одной градации толщины на любом уровне кроны равно сечению ствола у ее основания (цит. по: Усольцев, 1997а). Поскольку аналогичная закономерность была им отмечена также в ветвлении речных систем, уже тогда можно было предполагать, что архитектура дерева определяется потребностями влагообеспечения кроны. После работ П. Жаккарда (Jacquard, 1913, 1915), Б. Хубера (Huber, 1925, 1928, 1935), И. Ямаоки (Yamaoka, 1952, 1958) группой японских исследователей (Shinozaki et al., 1964) была сформулирована теория пайп-модели, основанная на принципе сбалансированности системы водного транспорта в дереве. Согласно пайп-модели площадь сечения или диаметр ствола D_i на i -м вертикальном уровне кроны прямо пропорциональны общей массе листвы выше этого уровня P_i , т.е. кумулятивно нарастающей массе листвы от вершины к основанию кроны, и имеет место инвариантная взаимосвязь $P_i = f(D_i)$.

Кроме того, гипотеза единства формы стволов (Захаров, 1955) предполагает инвариантность зависимости диаметра D_i от диаметра ствола на $1/10$ его высоты $D_{0,1}$, т.е. $D_i = f(D_{0,1})$. Совмещение двух названных концепций обеспечивало бы инвариантность внутрикоронового распределения фитомассы благодаря наличию рекурсивной цепочки простых взаимосвязей: $D_i = f(D_{0,1}) \rightarrow P_i = f(D_i)$. Поскольку известно, что продуктивность ассимиляционного аппарата изменяется по вертикальному профилю полога, можно было бы в итоге иметь простую инвариантную модель биопродуктивности как полога в целом, так и любого его слоя. В дальнейшем такая модель могла быть адаптирована к деревьям и древостоям различного физиологического состояния по градиенту атмосферного загрязнения.

Гипотеза была проверена на 17 модельных деревьях сосны обыкновенной на Среднем Урале, взятых на 10 пробных площадях, заложенных в экологическом ряду сосняков от разнотравных до осоково-болотных (Усольцев и др., 1994). Были выявлены устойчивые зависимости как для P_i , так и для D_i , однако та и другая имели многофакторную природу. В связи с этим оказалось целесообразным расчленять крону не по градациям D_i , а по ее возрастным слоям. В настоящей ра-

боте дается дальнейшее развитие метода и предлагается математическое описание внутрикоронового распределения фитомассы в естественных березняках Урала.

Исследования проводились в чистых и смешанных (доля участия березы не менее 7 единиц), разновозрастных или условно-одновозрастных, высокоплотных березовых насаждениях наиболее распространенных типов леса, развивающихся без заметных отклонений от естественного хода роста. Пробные площади, типологическая и таксационная характеристики, которые были опубликованы ранее (Усольцев, 1997а, прил. 4), заложены в Учебно-опытном лесхозе УГЛТА и Березовском мехлесхозе Свердловской области. На каждой пробной площади брали по 6 - 8 модельных деревьев по ступеням толщины. Таким образом, было взято 70 модельных деревьев на 11 пробных площадях в древостоях I - VI классов возраста и I - V классов бонитета. Крону делили на шесть равных секций и у основания каждой (всего 420 сечений) измеряли диаметр и число годичных колец ствола, а также массу листвы и скелета ветвей каждой секции с переводом их на сухое состояние по пробным навескам.

При исследовании закономерности внутрикоронового распределения фитомассы листвы и скелета кроны березы в качестве базовой взята пайп-модель:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D_i, \quad (1)$$

где P_i - стратифицированная по 6 вертикальным секциям кроны кумулятивная масса листвы или скелета кроны, кг; D_i - диаметр ствола в коре на границах каждой из 6 секций кроны, см.

Путем последовательного суммирования фитомассы крон по 6 секциям в направлении от вершины к основанию кроны получены для каждой секции кумулятивные значения листвы и скелета крон. Они были нанесены на графики зависимости их от диаметра ствола на границах каждой секции кроны. Данные для молодых и спелых-перестойных деревьев показаны на рис. 1.

Оказалось, что зависимость $\ln P_i = f(\ln D_i)$ как для массы листвы, так и для массы скелета кроны у многих деревьев не является линейной, она ближе к параболической форме кривой. В этой связи зависимость (1) была модифицирована в вид

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D_i + a_2 \ln^2 D_i \quad (2)$$

и рассчитана для каждого дерева для обеих фракций фитомассы. Поскольку положение кривых на рис.1 зависит от диаметра ствола на высоте груди D (обозначен цифрами), полученные константы a_0 , a_1 и a_2 уравнения (2) нанесены на графики их зависимости от диаметра D (рис.2). Она оказалась для a_0 и a_1 положительной, а для a_2 - отрицательной, что соответствует выпуклой форме многих кривых на рис.1. После подстановки зависимостей a_0 , a_1 и a_2 от D (см) в уравнение (2) получили структурную форму двухфакторного уравнения

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D_i + a_2 \ln D_i \ln D + a_3 \ln^2 D_i \ln D + a_4 \ln^2 D_i + a_5 \ln D. \quad (3)$$

На рис.1 видно, что положение кривых относительно осей координат зависит не только от диаметра D , но и от возраста дерева A (лет). Ранее было показано (Усольцев и др., 1994), что характеристики соотношения $\ln P_i = f(\ln D_i)$ связаны также с возрастом кроны A_i (лет) на i -м ее уровне. В итоге была составлена предварительная структурная форма обобщенной модели (3), дополненная переменными A и A_i . После отсеивания переменных, статистически не значимых на уровне t_{05} , получена регрессионная модель для массы скелета кроны $P_{sk,i}$ (кг):

$$\begin{aligned} \ln P_{sk,i} = & 0,293 + 0,655 \ln^2 A_i - 0,287 \ln^2 A_i \ln D_i + 0,215 \ln A_i \ln^2 D_i - \\ & - 0,405 \ln A_i \ln A + 0,824 \ln D_i \ln A - 0,568 \ln D_i \ln D - 1,119 \ln D - \\ & - 1,629 \ln A + 0,822 \ln D \ln A; \\ R^2 = & 0,917. \text{ Доверительный интервал } SE = \pm 0,524. \end{aligned} \quad (4)$$

При оценке двух функционально различных фракций фитомассы - листы и скелета ветвей - необходимо соблюдение принципа их «гармонизации» (Jacobs, Cunia, 1980), т.е. согласованности между собой, чтобы соотношения масс фракций в экспериментальных данных сохранялись на всех диапазонах изменения определяющих факторов (независимых переменных) после табулирования рассчитанных регрессионных моделей. Обычно масса скелета ветви по сравнению с массой листы во множественных регрессиях обеспечивается большими коэффициентами детерминации. Исходя из аллометрического соотношения между массами листы и скелета ветви, который эту листы поддерживает в кроновом пространстве (Attiwill, 1962), в структуру уравнения (4) для определения массы листы P_{li} , наряду с D_i , A_i , D и A , был дополнительно введен показатель массы скелета ветвей $P_{sk,i}$. Такой прием известен так же, как реализация рекурсивного (рекуррентного) принципа, когда используется система (цепочка) уравнений, в которой зависимая переменная предыдущего уравнения входит в последующее в качестве одной из независимых переменных (Усольцев, 1997б), что обеспечивает взаимную согласованность закономерностей динамики двух фракций фитомассы.

В итоге было получено уравнение:

$$\begin{aligned} \ln P_{li} = & 2,541 - 1,487 \ln A_i + 0,618 \ln A_i \ln D + 0,762 \ln^2 D_i - \\ & - 1,177 \ln D_i \ln D + 0,896 \ln D_i \ln A - 0,237 \ln^2 D_i \ln A - 1,743 \ln A + \\ & + 0,200 \ln D \ln A + 0,288 \ln P_{sk,i} \ln D; R^2 = 0,868; SE = 0,487. \end{aligned} \quad (5)$$

Регрессионные модели (4) и (5) действительны для всего исследованного диапазона возрастов и экологических условий роста березы в среднеуральском регионе. Они могут быть реализованы на любом растущем дереве. Зная его возраст и диаметр на высоте груди и задавая возраст той или иной секции кроны, мы можем иметь распределение фитомассы по задаваемым возрастным слоям кроны, если известны диаметры ствола у основания соответствующего возрастного слоя D_i .

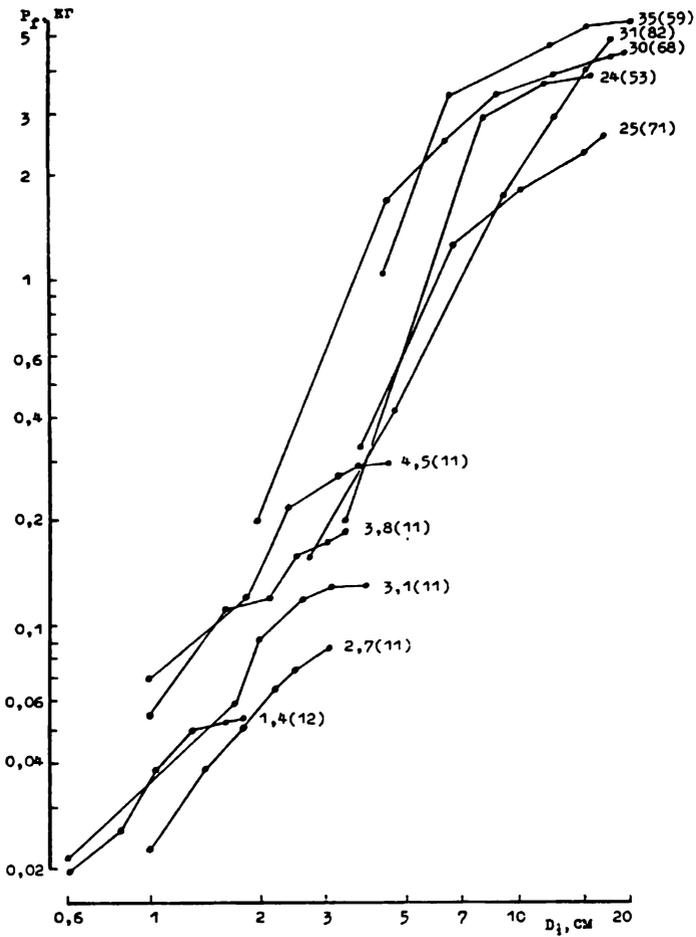


Рис.1. Зависимость кумулятивной массы листьев березы в абсолютно сухом состоянии от диаметра ствола в пределах кроны D_1 . Цифрами обозначен диаметр ствола D , см; цифрами в скобках – возраст дерева A , лет

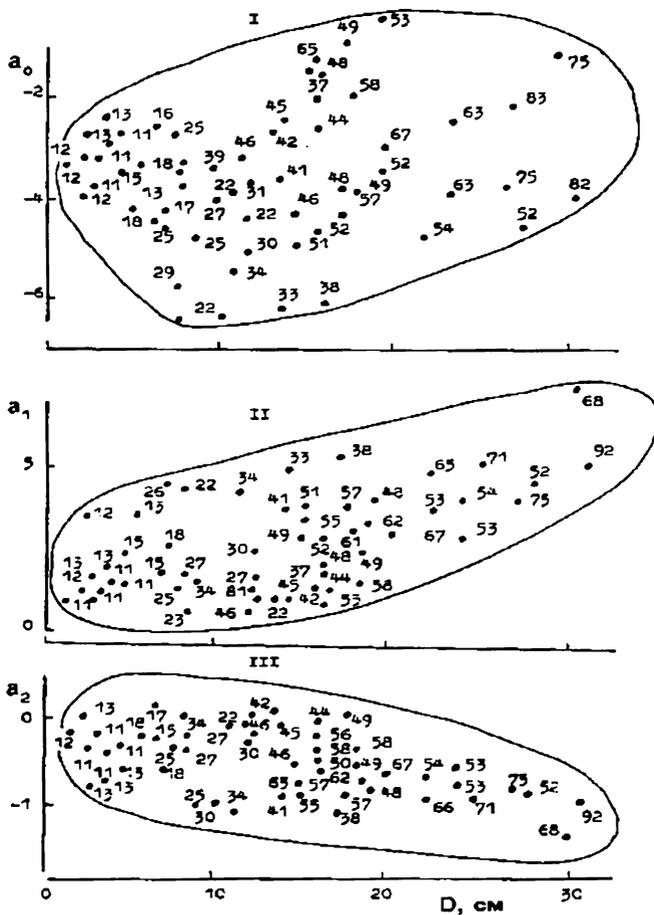


Рис. 2. Зависимость констант a_0 (I), a_1 (II) и a_2 (III) уравнения (2) для массы листвы ствола на высоте груди D . Цифрами обозначен возраст деревьев

Содержательный анализ экспериментальных данных показал, что диаметр D_i определяется несколькими факторами, в том числе возрастом той или иной секции кроны A_i . Поскольку соотношение $D_i=f(A_i)$ зависит от диаметра и возраста дерева, и было рассчитано общее трехфакторное уравнение

$$\ln D_i = 3,510 + 0,990 \ln A_i - 2,871 \ln A + 0,357 \ln^2 A + 0,456 \ln D; R^2 = 0,898; SE = 0,242. \quad (6)$$

Значение D_i может быть получено принципиально иным, не регрессионным методом на базе динамических ростовых моделей, имитирующих закономерности формирования ствола (Kilkki, Varmola, 1981) и кроны (Mitchell, 1975) отдельного дерева в различных эколого-ценотических условиях. Однако для получения распределения фитомассы по возрастным слоям полого для древостоя в целом эмпирические регрессионные модели вида (6) на сегодня проще реализуемы.

Многомерное пространство факторов как в имитационных, так и в регрессионных моделях отличается недостаточной наглядностью и повышенной сложностью восприятия. Поэтому в качестве наглядной иллюстрации влияния каждого фактора на результирующий признак в последовательной цепочке уравнений мы рассмотрим пример практической реализации рекуррентной системы уравнений (4) - (6), таблица. В моделях (4) и (5) два определяющих фактора - возраст дерева A и ступень толщины ствола D - задаются с любой степенью дробности (первые две колонки в таблице). Третий фактор - возраст кроны на i -м уровне A_i - тоже задается с требуемой степенью дробности, в нашем случае принят период 5 лет (колонка 3 в таблице). Однако при табулировании названной модели кумулята распределение фитомассы кроны дерева с заданными параметрами ограничивается предельным возрастом нижнего уровня кроны дерева или возрастом кроны. Исследование зависимости возраста кроны от определяющих факторов имеет непосредственное отношение к закономерности распределения фитомассы кроны по возрастным слоям: чем больше возраст кроны при одной и той же ее фитомассе, тем более растянут ряд распределения. Аналогичная закономерность отмечается у деревьев при одном и том же возрасте кроны по мере снижения общей ее фитомассы. Возраст кроны A_k (лет) определяется двумя факторами - возрастом дерева и диаметром ствола (класс бонитета не значим) - согласно уравнению

$$\ln A_k = -1,091 + 1,819 \ln A - 0,308 \ln^2 A + 0,180 \ln D \ln A; \quad (7)$$

$$R^2 = 0,870; SE = 0,202.$$

Колонка 4 (значения D_i) в таблице получена расчетным путем по задаваемым значениям первых трех колонок - A , D и A_i . При этом

диаметр ствола у основания кроны $D_{ок}$ получен по соответствующим значениям A , D и A_k . Далее рассчитываются кумулятивные показатели $P_{sk,i}$ и P_{fi} (колонки 5 и 6) по уравнениям (4) и (5) путем подстановки в них значений 1-й, 2-й, 3-й и 4-й колонок как независимых переменных.

Кумулятивное распределение фитомассы крон березы по фракциям в абсолютно сухом состоянии, по возрастным слоям кроны A_i и диаметрам соответствующих сечений ствола D_i для деревьев различного возраста A и диаметра D

A, лет	D, см	A _i (A _к), лет	D _i (Dок), см	Кумулятивные показатели фитомассы кроны, кг	
				Скелет кроны (уравнение 4)	Листва (уравнение 5)
20	4	5	1,4	0,07	0,03
		10	2,8	0,26	0,06
	8	5	1,9	0,21	0,08
		10	3,8	0,58	0,15
		15	5,7	1,07	0,22
	12	5	2,3	0,37	0,13
		10	4,6	0,88	0,21
		15	6,9	1,51	0,30
	16	5	2,6	0,52	0,17
		10	5,2	1,15	0,26
		15	7,8	1,88	0,35
		20	10,4	2,66	0,44
30	4	5	1,1	0,04	0,01
		10	2,2	0,15	0,03
	8	5	1,5	0,16	0,04
		10	3,0	0,47	0,09
		15	4,5	0,91	0,15
	12	5	1,8	0,34	0,09
		10	3,6	0,88	0,18
		15	5,4	1,57	0,27
		20	7,2	2,32	0,35
	16	5	2,1	0,56	0,16
		10	4,1	1,33	0,28
		15	6,2	2,24	0,39

Продолжение таблицы

А, лет	D, см	Ai (Ак), лет	Di (Док), см	Кумулятивные показатели фитомассы кроны, кг	
				Скелет кроны (уравнение 4)	Листва (уравнение 5)
		20	8,2	3,22	0,48
		25	10,2	4,21	0,56
40	8	5	1,4	0,13	0,03
		10	2,7	0,42	0,07
		15	4,1	0,84	0,12
	16	5	1,9	0,59	0,14
		10	3,7	1,51	0,28
		15	5,6	2,64	0,41
		20	7,4	3,88	0,52
	24	25	9,3	5,16	0,61
		5	2,3	1,34	0,36
		10	4,5	2,97	0,60
		15	6,7	4,86	0,79
		20	9,0	6,84	0,93
50	8	25	11,2	8,80	1,04
		30	13,4	10,70	1,11
50		8	5	1,3	0,11
	10		2,6	0,40	0,05
	15		3,9	0,82	0,10
	16	5	1,8	0,64	0,12
		10	3,6	1,72	0,29
		15	5,4	3,11	0,44
		20	7,2	4,68	0,56
	24	25	9,0	6,32	0,67
		5	2,2	1,60	0,38
		10	4,4	3,77	0,71
15		6,5	6,38	0,98	
20		8,6	9,17	1,18	
60	8	25	10,8	12,01	1,32
		30	12,9	14,78	1,41
60		8	5	1,3	0,11
	10		2,6	0,39	0,05
	15		3,9	0,83	0,09

Продолжение таблицы

А, лет	D, см	Ai (Ак), лет	Di (Док), см	Кумулятивные фитомассы кроны, кг	
				Скелет кроны (уравнение 4)	Листва (уравнение 5)
	16	5	1,8	0,69	0,12
		10	3,6	1,97	0,29
		15	5,4	3,68	0,46
		20	7,2	5,65	0,61
		25	8,9	7,76	0,73
	24	5	2,2	1,91	0,41
		10	4,3	4,73	0,83
1	2	3	4	5	6
		15	6,5	8,24	1,17
70	8	5	1,3	0,10	0,01
		10	2,7	0,40	0,04
	16	5	1,8	0,77	0,11
		10	3,7	2,28	0,31
		15	5,5	4,38	0,50
		20	7,3	6,87	0,67
	24	5	2,2	2,28	0,43
		10	4,4	5,90	0,95
		15	6,6	10,58	1,38
		20	8,8	15,86	1,71
		25	10,9	21,45	1,93
		30	13,1	27,12	2,08
	32	5	2,5	4,75	1,12
		10	5,0	11,23	2,09
15		7,5	19,23	2,79	
20		10,0	28,02	3,25	
25		12,5	37,14	3,53	
30		14,9	46,26	3,66	
35		17,4	55,17	3,70	
40	19,9	63,73	3,66		
80	16	5	1,9	0,86	0,11
		10	3,8	2,67	0,32
		15	5,6	5,26	0,54
		20	7,5	8,39	0,73
	24	5	2,3	2,72	0,47

Окончание таблицы

А, лет	D, см	A _i (A _к), лет	D _i (Dок), см	Кумулятивные фитомассы кроны, кг	
				Скелет кроны (уравнение 4)	Листва (уравнение 5)
		10	4,5	7,35	1,09
		15	6,8	13,53	1,62
		20	9,0	20,69	2,02
		25	11,2	28,41	2,29
		30	13,5	36,39	2,47
	32	5	2,6	5,93	1,29
		10	5,2	14,63	2,54
		15	7,7	25,74	3,47
		20	10,3	38,27	4,08
		25	12,8	51,54	4,44
		30	15,4	65,05	4,62
		35	17,9	78,47	4,66
		40	20,4	91,56	4,66

В целом процедуру расчета внутрикронового распределения фитомассы можно представить следующей трехэтапной рекуррентной системой, уравнения (7), (6), (5), (4):

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{I. } A_k = f(A, D) \\
 \downarrow \\
 \text{II. } D_i = f(A_i, A, D) \\
 \downarrow \\
 \text{III. } P_i = f(A_i, D_i, A, D)
 \end{array} \right\} \quad (8)$$

Однако система (8) может быть применена для расчета не только внутрикронового распределения фитомассы. Рассчитав по заданным значениям А и D возраст кроны дерева A_к уравнение (7) и подставив его в уравнение (6) вместо A_i, получаем значение диаметра ствола у основания кроны D_{ок}. Заменяв в уравнениях (4) и (5) параметры A_i и D_i соответствующими значениями A_к и D_{ок}, получаем показатели массы листвы и скелета кроны для всего дерева.

Из таблицы видно, в какой мере определяющие факторы объясняют изменчивость массы кроны как между деревьями, так и в пределах кроны по ее возрастным слоям. Фитонасыщенность одного и того же возрастного слоя в пределах древостоя снижается от деревьев-лидеров к деревьям низших рангов: в 20-летнем древостое масса листвы в 10-летнем слое у деревьев с диаметрами ствола 16 и 4 см состав-

ляет соответственно 0,26 и 0,06 кг, а масса скелета кроны - 1,15 и 0,26 кг, т.е. превышение как по листве, так и по скелету кроны – 4-кратное. В возрасте 70 лет в этом же слое у деревьев с диаметрами ствола 32 и 8 см масса листвы составляет соответственно 2,09 и 0,044 кг, а масса скелета кроны - 11,2 и 0,40 кг, т.е. превышение по листве 48-кратное, а по скелету кроны - 28-кратное. В пределах одного возрастного слоя кроны ее масса у деревьев одного диаметра, но разного возраста повышается с увеличением возраста дерева.

Таким образом, несмотря на теоретическую возможность инвариантной оценки внутрикروнового кумулятивного распределения массы кроны, основанной на принципе сбалансированности системы водного транспорта дерева, фактически названное распределение определяется четырьмя факторами - диаметром ствола в данном сечении кроны, возрастом кроны в том же сечении, возрастом дерева и диаметром ствола D , характеризующим ценотическое положение дерева в пологе. Возрасты дерева в целом и любой части его кроны могут быть заданы произвольно, а для расчетного определения соответствующих диаметров ствола предложены рекуррентные системы многофакторных уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В.А. Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. 227 с.
- Арутюнян С.Г., Уткин А.И. Биологическая продуктивность и вертикально-фракционная структура естественных средневозрастных древостоев трех типов сосняков // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С.163-177.
- Беручашвили Н.Л. О вертикальном строении биоценозов горных лесов с преобладанием бука // Лесоведение. 1972. №2. С.17-28.
- Гульбе Т.А., Гульбе Я.И., Рождественский С.Г. Биологическая продуктивность и вертикальная структура фитомассы в культурах ели // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С.138-149.
- Дылис Н.В. Структурно-функциональная организация биогеоценотических систем и ее изучение // Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. С.14-23.
- Захаров В.К. Новое в методике исследования формы древесных стволов и составление таблиц объема и сбega // Науч.тр./ Ин-т леса АН БССР. Минск, 1955. Вып.6. С.16-20.
- Карманова И.В., Судницина Т.Н., Ильина Н.А. Пространственная структура сложных сосняков. М.: Наука, 1987. 201 с.

Рождественский С.Г. Биологическая продуктивность осинников и культур ели в Ярославской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепропетровск, 1984. 17 с.

Усольцев В.А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1997а. 216 с.

Усольцев В.А. Применение системы связанных регрессионных уравнений в лесоводственных исследованиях. Екатеринбург: УГЛТА, 1997б. 108 с.

Усольцев В.А. и др. Вертикальное возрастное распределение фитомассы кроны сосны обыкновенной // Лесоведение. 1994. №4. С. 19-34.

Уткин А.И. Вертикально-фракционная структура фитомассы лесов как общая платформа разных научных исследований // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С. 11-14.

Уткин А.И., Дылис Н.В. Изучение вертикального распределения фитомассы в лесных биогеоценозах // Бюл. МОИП. 1966. Т.71. № 6. С.79-91.

Attiwill P.M. Estimating branch dry weight and leaf area from measurements of branch girth in Eucalyptus // Forest Sci. 1962. Vol. 8. № 2. P. 132-141.

Huber B. Die physiologische Leitungsfähigkeit des Wasserleitungssystems der Pflanze // Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 1925, Bd. 43. S. 410-418.

Huber B. Weitere quantitative Untersuchungen ueber das Wasserleitungssystem der Pflanzen // Jahrb.Wiss.Bot. 1928. H.67. S.877-959.

Huber B. Die physiologische Bedeutung der Ring- und Zerstreuporigkeit // Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. 1935. Bd. 53. S. 711-719.

Jaccard P. Eine neue Auffassung ueber die Ursachen des Dickenwachstums // Naturwissenschaftl. Zeitschrift fuer Forst - und Landwirtschaft. 1913. Bd.11. H.5-6. S. 241-279.

Jaccard P. Neue Untersuchungen ueber die Ursachen des Dickenwachstums der Baeume // IBID. 1915. Bd.13. H.8-9. S.321-360.

Jacobs M.W., Cunia T. Use of dummy variables to harmonize tree biomass tables // Can. J. For. Res. 1980. Vol. 10. № 4. P. 483-490.

Kilikki P., Varmola M. Taper curve models for Scots pine and their applications // Acta Forestalia. Fennica. 1981. Vol. 174. P.13-17.

Mitchell K.I. Dynamics and simulated yield of Douglas-fir // For. Sci. Monographs. 1975. №17. 39 p.

Schlaepfer R. (ed). Long-term implications of climate change and air pollution on forest ecosystems. Progress report of the IUFRO Task Force "Forest, Climate Change and Air Pollution". Vienna, IUFRO; Birmensdorf, WSL. IUFRO World Series, 1993. Vol. 4. 133 p.

Shinozaki K. and other A quantitative analysis of plant form the pipe model theory // Jap. J. Ecol. 1964. Vol. 14. № 3. 1: Basic analysis. P. 97-105; № 4. 2: Further evidence of the theory and its application in forest ecology. P. 133-139.

Yamaoka Y. Measurement of the total transpiration from a forest // Bull. Govern. Forest. Exper. Station. 1952. Vol. 54. P.187-206.

Yamaoka Y. The total transpiration from a forest // Trans. Amer. Geophys. Union. 1958. Vol. 39. P.266-272.

УДК 630:532

З.Я. Нагимов, И.С. Сальникова

(Уральская государственная лесотехническая академия)

РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННЫХ НОРМАТИВОВ ОЦЕНКИ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ

На основе обширного экспериментального материала с использованием многомерного регрессионного моделирования обоснован метод совмещения данных по надземной фитомассе деревьев с применяемыми на производстве таблицами объемов стволов.

Актуальность учета всех компонентов фитомассы древостоя с повышением роли экологических, социальных и сырьевых функций леса стимулирует изыскание рациональных путей разработки нормативных материалов для определения и прогнозирования фракционных и суммарных запасов фитомассы. Для лесохозяйственного производства, ориентированного на комплексное использование всех видов древесного сырья, необходимы нормативы для оценки фитомассы деревьев, обеспечивающие достаточную точность и предельно простые в построении и использовании. В нашей стране при оценке запаса древостоев такими нормативами являются таблицы объемов стволов, составленные по разрядам высот. Теоретической основой их является