

следует учитывать при рубках формирования лесопарковых ландшафтов, не уничтожая весь подрост для улучшения просматриваемости и проходимости участков. В рубку необходимо назначать лишь еловый подрост, имеющий очень широкую крону и диаметр корневой шейки, в 2,0—2,5 раза превышающий средний, существенно не снижая при этом его густоты. Эти рекомендации можно применять в насаждениях, близких по таксационной характеристике к рассмотренным в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Антанайтис В. В., Загребев В. В. Прирост леса.—2-е изд., перераб.—М.: Лесн. пром-сть, 1981.—200 с. [2]. Верхунов П. М. Многофакторные корреляционные связи прироста в разновозрастных сосновых древостоях // Экономические основы организации лесохозяйственного производства.—Красноярск, 1976.—С. 161—179. [3]. Высоцкий К. К. Как прогнозировать рост и развитие древостоев // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов.—Свердловск, 1983.—С. 108—116. [4]. Патацкас А. Определение текущего прироста отдельного дерева и древостоя методом корреляционного анализа: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.—Киев, 1968.—20 с. [5]. Лесная таксация. Обработка материалов на ЭВМ: Методич. указания для студентов / Л. Н. Яновский, В. С. Моисеев, А. Г. Мошкалева и др.—Л.: ЛТА, 1986.—56 с.

Поступила 9 февраля 1990 г.

УДК 630*531

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ВЕТВЕЙ ПО ИХ ТОЛЩИНАМ В СОСНЯКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В. А. УСОЛЬЦЕВ, З. Я. НАГИМОВ, В. В. ДЕМЕНЕВ,
Р. Р. ШАРАФУТДИНОВ

Уральский лесотехнический институт

Исследования структуры фитомассы полого древостоев обычно имеют либо ресурсоведческую ориентацию (с точки зрения утилизации), либо биогеоценологическую (познание круговорота веществ в лесном фитоценозе). Однако необходимо оценить и адаптивную геометрию ветвящихся структур деревьев. Установлено, например, что коэффициент бифуркации, как отношение числа ветвей данного порядка к числу ветвей последующего, постоянен для данной породы и относительно независим от внешних факторов [13]. Оценка ветвящихся структур деревьев актуальна и с точки зрения их горимости. Математическое моделирование лесных верховых пожаров на основе теории тепломассопереноса требует детальной информации о количественных и качественных характеристиках крон. При этом надо знать не только их общую массу, но и распределение ветвей по размерам и удельной поверхности, представляющей отношение поверхности к объему [2, 10, 12].

Наши исследования выполнены в 15—120-летних сосняках учебно-опытного лесхоза УЛТИ. Класс бонитета древостоев — II, полнота — 0,9 и выше, тип леса — сосняк ягодниковый. Заложено 6 пробных площадей, на которых взято 56 модельных деревьев по ступеням толщины. Охвоенные побеги (древесную зелень) отделяли секатором и взвешивали, а побеги без хвои относили затем к массе ветвей. Ветви последовательно отделяли друг от друга: первого порядка — от ствола, второго порядка — от первого, третьего — от второго и т. д. Ветви расчленяли на отрезки по толщине зависящей от общего размера дерева и взвешивали. Число градаций колебалось от 4 до 14.

Первые данные о фитомассе крон, хвои и корней деревьев встречаются уже в начале XX столетия в работах М. К. Турского и М. М.

Орлова. Потребительная стоимость ветвей разной толщины различна, и неслучайно первые таблицы включают массу ветвей не тоньше 3 см и предельно просты: масса ветвей выражена в процентах к массе стволовой древесины по ступеням толщины деревьев [8]. По мере развития техники и технологии деревоперерабатывающих производств появилась необходимость в дифференцированном подходе к оценке массы крон деревьев.

Одна из первых попыток разделить массу ветвей деревьев на фракции различной толщины, по-видимому, принадлежит И. К. Иевиню и Э. О. Дикельсону [3]. Они расчленили массу крон ели, березы и осины на древесную зелень и ветви. Последние подразделили по группам толщин (см): 0,6...3,0; 3,1...6,0; 6,1...8,0; 8,1 и более и разнесли по ступеням толщины деревьев. Позднее А. Ф. Ильюшенко [4] распределил массу крон березы на листья и ветви. Расчленение последних по толщине было уже иным (см): 0...1, 1...3, 3 и более, что делало эти данные несравнимыми с предыдущими. По мере развертывания исследований несравнимость данных все более усугублялась. И. В. Каменецкая [5] разделила ветви на побеги текущего года и ветви прочих лет, В. В. Смирнов [7] и В. Н. Габеев [1] — тоже на две градации, но уже с иными придержками: тонкие (менее 1 см) и толстые (более 1 см), А. А. Молчанов [6] — на три градации: мелкие, средние и крупные, без указания предельных толщин каждой.

С. Бойс [9] ввел понятие биологического потенциала древесной продукции, определяемого совокупностью накопленных фракций первичной нетто-продукции насаждения. Названный потенциал он предложил выразить в виде матрицы первичных единиц измерения, или первичной матрицы, представляющей набор значений объемов, поверхностей и длин, которые соответствуют верхним диаметрам отрезков ветвей и стволов. Каждый из трех показателей С. Бойс последовательно суммировал по ступеням диаметров, кратным, например, 5 см. При этом фракции систематизированы для насаждения в целом и только по признаку толщины, так что в ячейке матрицы с интервалом толщин, например от 5 до 10 см, могут оказаться отрезки и ветвей, и стволов из всех ярусов насаждения, включая подрост и подлесок. Для каждой градации толщин путем натуральных измерений определено суммарное значение каждого из трех показателей.

Мы сочли более предпочтительным показатель массы как легко определяемый и связанный функционально через базисную плотность с объемом, а последний при заданной толщине фракции — с поверхностью и длиной отрезка ветви или ствола. Нами установлено, что распределение массы ветвей по толщинам характеризуется в значительной степени числом градаций: при его сокращении абсолютные значения массы каждой фракции ветвей возрастают. Видимо, с учетом этого Р. Кинерсон и К. Хиггинботэм [11] показали распределение ветвей по профилю кроны в виде кумуляты, имеющей форму S-образной кривой и представляющей интеграл фактического распределения массы ветвей в кроне. Кумулята была нормализована с интервалом от нуля до единицы. Поскольку при нормировке интегрального распределения фитомассы затруднен перевод полученных закономерностей с уровня дерева на уровень древостоя, мы предпочли анализ и математическое описание кумулят в абсолютных величинах. Графический анализ показал, что интегральная кривая распределения массы ветвей по толщинам в обычных координатах имеет форму S-образной кривой и в логарифмических (рис. 1) — форму параболы второго порядка. Кривые тесно связаны с диаметром ствола, а при одном и том же диаметре — с возрастом дерева. На основе многомерного регрессионного анализа получено уравнение

$$\ln P = 2,1659 + 0,2026 \ln D \ln^2 d - 0,1580 \ln D \ln A \ln d + 0,5952 \ln A \ln D + 3,7522 \ln d - 0,7901 \ln^2 d - 0,8655 \ln A; \quad (1)$$

$$R^2 = 0,976.$$

Масса охвоенных побегов описана уравнением

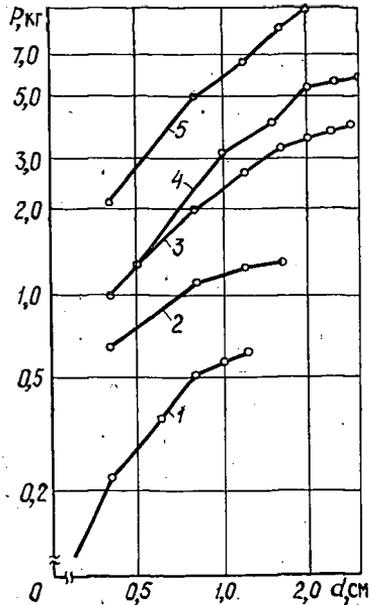
$$\ln P = 6,8594 + 2,8100 \ln D - 1,3714 \ln A; \quad (2)$$

$$R^2 = 0,920.$$

В уравнениях (1) и (2) D — диаметр ствола на высоте груди, см;
 A — возраст дерева, лет;
 d — диаметр нижнего среза ветвей, см;
 P — масса хвои или ветвей в свежесрубленном состоянии, кг.

Все константы уравнений здесь и далее достоверны на уровне значимости t_{05} и выше.

Рис. 1. Интегральные кривые распределения экспериментальных данных о массе ветвей P по их толщинам d для деревьев различного диаметра D : 1 — $D = 3,0$ см; 2 — $D = 7,3$ см; 3 — $D = 11,4$ см; 4 — $D = 12,3$ см; 5 — $D = 20,5$ см



Отказавшись от нормировки интегрального распределения, мы несколько усложнили процедуру табулирования уравнения (1). Если у нормализованного ряда предельное значение всегда равно единице, то в нашем случае максимальная толщина ветвей дерева (d_{max}) варьирует. Мы нанесли экспериментальные данные d_{max} на график зависимости его от диаметра ствола. Полученное поле распределения (рис. 2) свидетельствует о довольно тесной связи рассматриваемых величин.

Нанеся значения возраста деревьев возле экспериментальных точек графика, мы обнаружили, что это поле можно разбить на несколько более узких полей точек, близких по возрасту. Включив в структуру регрессионной модели оба фактора D и A , получили

$$\ln d_{max} = 3,6973 + 0,2102 \ln A \ln D - 0,6834 \ln A; \quad (3)$$

$$R^2 = 0,900.$$

Уравнения (1) и (3) образуют рекуррентную систему

$$\left. \begin{aligned} P &= f(A, D, d); \\ d_{max} &= f(A, D); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

в которой зависимая переменная второго уравнения входит в первое в качестве независимой. Последовательным табулированием второго уравнения по заданным значениям A и D , а затем первого по A , D и d

получена таблица с тремя входами. Последовательный ряд значений d с заданным интервалом завершается значением d_{max} , полученным та-

Распределение массы ветвей сосны в свежесрубленном состоянии по определяющим факторам

D, см	d, см	Масса охвоенных побегов, кг	Масса кроны за вычетом хвои, кг, по градациям толщины, см															Итого
			0,5	0,5...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0	4,0...4,5	4,5...5,0	5,0...5,5	5,5...6,0	6,0...6,5	6,5...7,0	7,0...7,5	
A = 30 лет																		
8	1,7	3	0,8	1,1	0,7	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,8
16	2,9	22	2,7	4,2	3,9	3,4	2,9	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,2
24	3,9	68	5,3	9,3	10,2	10,3	10,1	9,8	9,5	7,3	—	—	—	—	—	—	—	71,8
A = 70 лет																		
8	1,4	1	0,7	0,6	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6
16	2,6	7	2,8	2,8	2,0	1,4	1,0	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,2
24	3,8	21	6,3	6,7	5,6	4,7	4,0	3,5	3,0	1,6	—	—	—	—	—	—	—	35,4
32	4,9	48	11,1	12,5	11,6	10,7	10,0	9,3	8,7	8,2	7,8	5,9	—	—	—	—	—	95,8
A = 110 лет																		
16	2,5	4	2,9	2,2	1,3	0,8	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,7
24	3,8	11	7,0	5,3	3,8	2,8	2,1	1,7	1,4	0,7	—	—	—	—	—	—	—	24,8
32	5,0	26	12,9	10,1	8,0	6,6	5,7	5,0	4,4	3,9	3,6	3,2	—	—	—	—	—	63,4
40	6,2	48	20,7	16,5	14,2	12,7	11,6	10,8	10,1	9,5	9,0	8,6	8,2	7,9	3,1	—	—	142,9
48	7,5	80	30,5	24,6	22,6	21,4	20,5	19,7	19,2	18,7	18,3	17,9	17,6	17,3	17,0	16,8	16,6	298,7

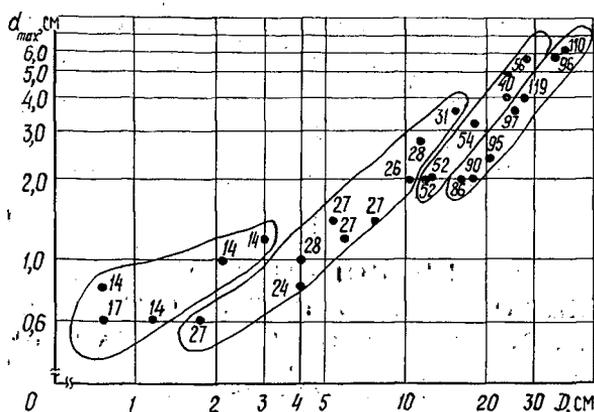


Рис. 2. Зависимость максимальной толщины ветвей в кроне d_{max} от диаметра ствола D . Цифры у экспериментальных точек обозначают возраст деревьев

булированием второго уравнения системы в пределах каждой градации A и D . Последовательным вычитанием значений массы ветвей в ряду градаций толщин получена окончательная, приводимая нами таблица. Каждая ее ячейка характеризуется своим значением фитомассы, а соответствующая ей фракция обладает специфическими свойствами: интенсивностью деструкции и вовлечения в круговорот веществ, химическим составом, горимостью, потребительной стоимостью лесоматериала и т. д. Анализ таблицы показывает, что характер распределения меняется с возрастом деревьев (колоколообразная кривая для молодняков переходит в монотонно убывающую). У деревьев одного диаметра масса наиболее тонких ветвей в диапазоне $0 \dots 0,5$ см с возрастом увеличивается, более толстых — снижается. В пределах совокупности деревьев одного возраста масса ветвей любой градации толщин закономерно возрастает с толщиной ствола.

Аналитические выражения (4) могут быть состыкованы с динамическими моделями (хода роста древостоев, круговорота веществ и энергии, лесных пожаров, рекреационных и защитных функций лесов) и дают возможность сравнивать биопродукционные потенциалы лесных фитоценозов в разных лесорастительных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. — Новосибирск: Наука, 1976. — 171 с. [2]. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. — Томск: Томск. ун-т, 1981. — 277 с. [3]. Иевинь И. К., Дикельсон Э. О. Масса крон осины, березы и ели в кисличниках Латвии // Лесн. хоз-во. — 1962. — № 4. — С. 20—23. [4]. Ильющенко А. Ф. Распределение фитомассы во вторичных березовых древостоях // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. — М.: Наука, 1970. — С. 50—61. [5]. Каменецкая И. В. Фитомасса и годичный прирост сосны (*Pinus silvestris* L.) в тридцатилетних сосняках южной тайги // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. — М.: Наука, 1970. — С. 62—83. [6]. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в сосняках-брусничниках // Продуктивность органической и биологической массы леса. — М.: Наука, 1974. — С. 16—23. [7]. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. — М.: Наука, 1971. — 362 с. [8]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. — М.: Гослестехиздат, 1945. — 408 с. [9]. Boyce S. G. The use of bole surface in the estimation of woodland production // Phil. Trans. Roy. Soc. London. — 1975. — В. 271, N 911. — P. 139—148. [10]. Brown J. K. Estimating shrub biomass from basal stem diameters // Can. J. For. Res. — 1976. — Vol. 6, N 2. — P. 153—158. [11]. Kinerson R. S., Higginbotham K. O. A quantitative description

and simulation of branch wood production relationships in the forest canopy // IUFRO biomass studies / H. E. Young (ed.).—Orono: Univ of Maine.—1973.—P. 65—76. [12]. Rothermel R. C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels // U. S. Dep. Agric. For. Serv. Res.: Pap. INT-115.—1972. [13]. Whitney G. G. The bifurcation ratio as an indicator of adaptive strategy in woody plant species // Bull. Tor. Bot. Club.—1976.—Vol. 103, N 2.—P. 67—72.

Поступила 30 октября 1989 г.

УДК 630*23

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ ПОДРОСТА И КУЛЬТУР ЕЛИ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ И СПЛОШНЫХ РУБКАХ

Н. М. НАБАТОВ

Московский лесотехнический институт

В Центральном экономическом районе европейской части РСФСР распространены лиственно-еловые насаждения, под пологом которых успешно возобновляются и растут самосев и подрост ели. Наши исследования показали, что из молодняка предварительного происхождения постепенными рубками можно сформировать еловые и елово-лиственные древостой, т. е. восстановить преобладание ели, имеющей огромное значение в качестве сырья целлюлозно-бумажной промышленности [6].

Изучению прироста самосева и подрост хвойных пород при постепенных рубках до последнего времени не придавалось особого значения. Главное внимание обращалось на появление всходов, их защиту от неблагоприятных явлений природы, проведение очередного и окончательного приемов рубки таким образом, чтобы самосев и подрост меньше повреждались при лесосечных работах. Значительное увеличение прироста молодняка считалось даже неблагоприятным фактором, сильно усложняющим его сохранение. Защитную, особенно окончательную рубку рекомендовали проводить зимой, когда самосев и мелкий подрост находятся под покровом снега.

Анализ особенностей прироста подрост хвойных пород, прежде всего ели, показал, что в одном и том же типе леса он наиболее тесно связан с интенсивностью рубки, составом древостоя, лесоводственными свойствами и размерами категорий естественного возобновления леса, а также рядом других факторов. Нами установлено, что прирост самосева и подрост ели, сохраненного как при сплошных, так и при постепенных рубках, зависит от погодных условий. В литературе мало данных, отражающих связь прироста в высоту с метеофакторами. Например, Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер [5] отметили, что в бореальных условиях рост в высоту связан в основном с температурой.

Мы проанализировали уравнения связи и коэффициенты корреляции приростов ели в высоту в зависимости от температуры воздуха и атмосферных осадков. Исследования выполнены в северной части Среднерусской и южной — Смоленско-Московской возвышенности (Калужская область) южной полосы хвойно-широколиственных лесов [4], где после сплошных рубок ельников произошла смена пород и сформировались лиственно-еловые насаждения. В березово-еловом древостое (6БЗЕ1Ос+С) I класса бонитета в типе леса березняк-кисличник на дерново-подзолистой легкосуглинистой свежей почве были проведены трехприемные постепенные рубки с интенсивностью начального приема 23 % (умеренная) и 42 % (сильная). Под пологом древостоя после начального приема рубки на 1 га сохранено 5,4 тыс. экземпляров мелкого (высотой до 50 см), среднего (51 ... 150 см) и крупного (от 151 см до 1/3 высоты материнских деревьев) подрост, почти равномерно размещенного на площади. Участок разработан по технологии ВНИИЛМ [2].

Цель отбора деревьев в рубку — перевод лиственного хозяйства в хвойное с учетом повышения продуктивности насаждения, своевременного использования спелых