

## ОПТИМАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Для дальнейшего повышения эффективности рубок ухода необходимо совершенствование нормативной базы, дифференцированной на регионально-типологической основе. В настоящее время важнейшим нормативом при проведении рубок ухода является интенсивность изреживания по массе или числу деревьев. Как справедливо отмечают некоторые исследователи (Юодвалькис, 1981; Кайрюкштис, Юодвалькис, Ионикис, 1983; и др.), этот норматив не определяет в достаточной мере перспективы развития насаждений после проведения рубок ухода. Нужен более объективный показатель, позволяющий контролировать как сам процесс рубок, так и целенаправленное формирование насаждений на всем протяжении их роста. Таким показателем мы считаем оптимальное число оставляемых после ухода деревьев определенного размера и качества. Многочисленными исследованиями доказано, что максимально возможная общая продуктивность древостоев для данных условий местопроизрастания может быть достигнута только при выращивании их в режиме оптимальной густоты. Возникает необходимость разработки специальных таблиц оптимального числа деревьев, к достижению которого надо стремиться при проведении рубок ухода.

Исследователями предложено множество методов решения этого вопроса. Наиболее совершенными из них являются те, в которых учитывается зависимость текущего прироста по объему от какой-нибудь количественной характеристики густоты (расстояние между деревьями, площадь питания их и др.). Это объясняется тем, что густота не в полной мере характеризует условия роста отдельных деревьев, так как территориально они чаще всего располагаются неравномерно (Грейг-Смит, 1967; Зайченко, 1973; Юкнис, 1978). Исследования ряда авторов (Лесков, 1956; Плотников, 1979; Тябера, 1980) показали, что неоднородность в размещении деревьев отражается на их росте и является существенным фактором производительности естественных древостоев.

Условия роста отдельного дерева наиболее полно характеризуются принадлежащей ему площадью почвенной поверхности. Поэтому правомерно считать, что оптимизация густоты должна осу-

ществляться с учетом площади питания деревьев, обеспечивающей максимальный текущий прирост древостоев.

Наши исследования проводились, согласно лесорастительному районированию Б. П. Колесникова (1969), в Зауральской холмисто-предгорной провинции в пределах южной подзоны тайги. Объектом исследований явились сосняки наиболее распространенных типов леса (разнотравный, ягодниковый и брусничниковый). Экспериментальным материалом послужили 27 пробных площадей, на которых у более чем 2800 деревьев одновременно с общепринятыми таксационными показателями были определены площади питания, размеры крон, приросты ствола по диаметру и объему, пробными площадями охвачены насаждения в возрасте от 30 до 90 лет с долей участия сосны в составе 7—10 единиц, с относительной полнотой 0,8 и выше. На 15 из них деревья подразделялись по классам Крафта и у них определялась фитомасса крон и хвои.

Сосновые древостои указанных типов леса существенно различаются по строению, росту и продуктивности (Соколов, 1970; Нагимов, 1984). Данное обстоятельство определяет необходимость разработки нормативных материалов, в том числе по рубкам ухода, отдельно по типам леса.

Прежде всего изучалось влияние площади питания на размеры и текущий прирост деревьев. В результате проведенных исследований установлено, что в естественных сосняках имеются тесные корреляционные зависимости между площадями питания деревьев, размерами стволов и крон. Логическим итогом этих зависимостей является наличие тесных связей между площадью питания и приростом деревьев (табл. 1).

Таблица 1

**Корреляционные отношения между площадью питания деревьев и их таксационными показателями**

Класс возраста	Диаметр ствола	Высота ствола	Диаметр кроны	Длина кроны	Прирост по объему за последние 5 лет
II	$\frac{0,86}{0,78-0,97}$	$\frac{0,75}{0,71-0,81}$	$\frac{0,84}{0,79-0,92}$	$\frac{0,80}{0,73-0,93}$	$\frac{0,76}{0,65-0,90}$
III	$\frac{0,84}{0,75-0,97}$	$\frac{0,70}{0,62-0,78}$	$\frac{0,81}{0,75-0,93}$	$\frac{0,78}{0,68-0,88}$	$\frac{0,78}{0,65-0,88}$
IV	$\frac{0,79}{0,71-0,86}$	$\frac{0,68}{0,63-0,76}$	$\frac{0,79}{0,72-0,87}$	$\frac{0,76}{0,68-0,83}$	$\frac{0,71}{0,61-0,83}$
V	$\frac{0,76}{0,73-0,83}$	$\frac{0,64}{0,59-0,68}$	$\frac{0,75}{0,69-0,84}$	$\frac{0,75}{0,66-0,80}$	$\frac{0,66}{0,58-0,78}$

Примечание. В числителе — среднее значение, в знаменателе — пределы изменения.

Между исследуемыми типами леса достоверных различий в значениях корреляционного отношения не обнаружено. Однако можно отметить тенденцию уменьшения этого показателя в сосняке брусничниковом по сравнению с ягодниковым и особенно разнотравным. Более заметно уменьшение всех связей с увеличением возраста древостоев. Следовательно, чем моложе насаждения и богаче условия их произрастания, тем сильнее в них деревья отзываются на изменение площади почвенной поверхности. В целом наличие в естественных сосняках тесной взаимосвязи площадей питания деревьев с их размерами и текущим приростом дает достаточно оснований для использования этого показателя в качестве основного критерия оптимизации густоты.

Большинство ученых в чистых древостоях исследуемого интервала возрастов оптимальной считают такую густоту, которая обеспечивает максимальный прирост по запасу и соответственно наибольшую общую производительность насаждений, высокое промежуточное пользование и наивысший запас к возрасту главной рубки (Кайрюкштитс, 1969; Поляков, 1973; Юодвалькис, 1981; и др.). При очень редком размещении деревьев древостой не могут дать максимального прироста древесины из-за неполного использования занимаемой площади, сильного разрастания крон и нарушения лесного микроклимата. Чрезмерная загущенность древостоев также является известным препятствием для увеличения продуктивности леса. С учетом вышеизложенного и проведены наши исследования.

Оптимальная густота древостоев определялась на основе сравнения текущего прироста деревьев по объему с их площадями питания и численностью на 1 га. Проведение работы в тождественных условиях местообитания на разных возрастных этапах дало возможность наметить критерии определения динамической оптимальной густоты, обеспечивающей максимальный прирост на всем исследуемом протяжении роста и развития древостоев. Прирост ствольной древесины на 1 га достигает максимального значения при определенной площади питания и, следовательно, при определенном числе деревьев. Мы не получили подтверждения положения некоторых авторов (Юодвалькис, 1981), что кривая зависимости текущего прироста древостоев от площади питания не всегда имеет экстремум. По-видимому, это имеет место в более молодых насаждениях. Густота и площадь питания, приходящаяся на одно дерево, при которых древостой имеют максимальный прирост по запасу, нами принимались за оптимальные.

Любое отклонение от оптимальной густоты как в сторону повышения, так и в сторону понижения ведет к более или менее выраженному снижению текущего прироста древостоев по запасу. В целом по отдельным древостоям повышение годичных приростов по запасу при оптимальных площадях питания над фактическими со-

ставляет от 3,8 до 17,9%, а в среднем в зависимости от типов леса 10—15%.

Для установления динамической оптимальной густоты, обеспечивающей максимальный прирост чистых сосновых древостоев, производилось аналитическое выравнивание оптимальных площадей питания в зависимости от возраста. Полученные в результате выравнивания уравнения позволили определить оптимальные значения площади питания деревьев и густоты древостоев в исследуемых типах леса для любого возраста в пределах 30—90 лет (табл. 2). Средние расстояния между деревьями при оптимальной густоте определены по формуле Беккинга (Лосицкий, Чуенков, 1980).

Таблица 2

Оптимальные значения таксационных показателей  
в сосновых древостоях

Возраст, лет	Сосняк брусничниковый			Сосняк ягодниковый			Сосняк разнотравный		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	1,6	2,24	4464	1,9	3,26	3067	2,2	4,20	2381
40	2,0	3,54	2824	2,4	4,84	2066	2,6	5,95	1680
50	2,4	4,93	2028	2,7	6,51	1596	3,0	7,86	1272
60	2,7	6,42	1558	3,1	8,25	1212	3,4	9,93	1007
70	3,0	8,01	1248	3,4	10,07	993	3,7	12,16	822
80	3,3	9,68	1033	3,7	11,97	835	4,1	14,56	686
90	3,6	11,46	873	4,0	13,94	717	4,4	17,10	585

Примечание. 1 — расстояние между деревьями, м; 2 — площадь питания, м<sup>2</sup>; 3 — густота, шт.

Таблица отражает оптимальные значения площадей питания деревьев и густоты древостоев на различных этапах их роста и позволяет определить тактику прореживаний и проходных рубок. При рубках ухода следует оставлять такое число деревьев, которое соответствует оптимальной густоте между двумя приемами рубок. В этом случае в промежутке между уходами древостой будут иметь максимальный прирост. При превышении указанного в таблице оптимального количества деревьев нужно проводить вырубку. Таким образом, данные таблицы позволяют при известной повторности рубок ухода установить интенсивность выборки по числу деревьев.

При одинаковом возрасте оптимальная густота древостоев в сосняке разнотравном значительно меньше, чем в сосняке ягодниковом и особенно брусничниковом. Следовательно, при одинаковой густоте древостоев интенсивность изреживания в лучших лесорастительных условиях должна быть значительно выше, чем в худших. Указанное положение находится в полном соответствии с ростом

древостоев как биологическим процессом. Поскольку естественное изреживание с ухудшением лесорастительных условий уменьшается, то и рубку следует проводить с учетом этой закономерности. При известных условиях местопроизрастания и возрасте процент выборки по числу деревьев главным образом будет зависеть от густоты древостоев.

Одним из наиболее перспективных подходов к решению проблем, связанных с отбором деревьев и созданием оптимального сочетания их при рубках ухода, является изучение особенностей накопления ассимиляционного аппарата и эффективности его «работы» у деревьев различного роста и положения в древостое.

В зависимости от положения дерева в древостое наблюдается закономерное изменение как абсолютных значений фитомассы и, следовательно, их структурных частей, так и соотношений последних между собой. Фитомасса крон у наиболее толстых деревьев в 115—140, а хвои — в 130—180 раз больше, чем у самых тонких. Вес крон и хвои у деревьев одинакового диаметра снижается с увеличением их возраста, а у деревьев одинакового диаметра и возраста — с улучшением условий местопроизрастания и увеличением густоты древостоев. Доля сырой хвои в общей фитомассе крон у деревьев различного диаметра и возраста составляет от 17 до 45,2%. С увеличением диаметра деревьев процент хвои сначала возрастает, но, достигнув максимума в средних ступенях толщины, постепенно снижается как с увеличением, так и с уменьшением диаметра деревьев.

Во всех древостоях у деревьев высших классов роста общий вес сырой хвои значительно выше, чем у низших (табл. 3). В общем балансе хвои доля деревьев I и II классов роста, вместе взятых, несмотря на численное их меньшинство, составляет 62,9—88,1% (в среднем 75%). Участие же деревьев IV и V классов роста в формировании общего запаса хвои крайне незначительно (3,2—7,1%).

Положение дерева в древостое определяет не только массу хвои. Исследователями (Молчанов, 1971; Луганский, 1976; Бузыкин, Пшеничникова, 1978) установлено, что оно на определенном лесорастительном фоне обуславливает и основные морфолого-анатомические показатели ассимиляционного аппарата, которые в значительной степени определяют продуцирующую способность хвои.

Для оценки продуктивности ассимиляционного аппарата деревьев различного класса роста нами определены величины объема стволов и их годового прироста, приходящиеся на 1 кг хвои (табл. 4).

Отношение объемов стволов к количеству хвои закономерно и весьма значительно снижается от наиболее мелких и угнетенных деревьев V класса роста к I классу (см. табл. 4). Таким образом, получается, что у деревьев низших классов роста хвоя производит фитомассы больше, чем у деревьев высших классов роста. Однако мы склонны считать, что данное положение объясняется неэффек-

Таблица 3

**Распределение фитомассы хвои по классам роста  
в сосновых древостоях, %**

Возраст, лет	Фитомасса хвои, кг/га	I	II	III	IV	V
<b>Сосняк брусничниковый</b>						
43	8669	40,1	36,1	19,7	3,8	0,3
46	10808	33,5	33,3	28,0	4,6	0,6
70	9216	33,5	37,5	23,0	5,4	0,6
80	8645	31,0	37,1	25,0	6,6	0,3
<b>Сосняк ягодниковый</b>						
22	11450	37,4	47,8	20,5	3,9	0,3
41	9073	25,4	40,4	28,6	5,0	0,6
46	10874	29,1	37,5	27,7	5,2	0,6
48	9886	30,8	38,6	26,6	3,7	0,3
50	8202	29,8	33,1	29,0	7,0	1,1
70	8299	34,1	38,1	23,2	4,2	0,5
82	7924	39,0	40,1	16,5	4,1	0,3
<b>Сосняк разнотравный</b>						
50	9350	35,9	41,6	19,1	3,0	0,4
51	10854	31,2	37,2	27,3	3,8	0,5
73	7814	41,2	40,0	15,6	3,0	0,2
79	8016	45,6	42,5	8,2	3,5	0,2

тивностью «работы» ассимиляционного аппарата деревьев низших классов роста. В этом отношении показательны исследования В. Д. Луганской, Н. А. Луганского (1970), проведенные в сосновых молодняках Среднего Урала. В частности, отмеченную выше закономерность они объясняют тем, что у отставших в росте и отмирающих деревьев ассимиляционный аппарат деградирует, за счет чего нарушается баланс общей фитомассы и количества хвои. Следует также заметить, что в естественных древостоях наблюдается переход из класса в класс, т. е. положение (ранг) отдельных особей с возрастом не остается постоянным. Преобладает переход деревьев из высших классов в низшие.

Изменение положения дерева в первую очередь затрагивает рост кроны, увеличивается отношение объема деревьев к количеству хвои. В силу указанных причин объективная оценка эффективности «работы» хвои, на наш взгляд, может быть дана только с учетом прироста стволов. Продуктивность хвои закономерно снижается от деревьев высших классов к низшим (см. табл. 4). Имеющиеся отдельные отклонения вызваны малым числом модельных деревьев. Характерно, что в подавляющем большинстве случаев величина прироста стволов, продуцируемая 1 кг хвои, наибольшая у деревьев

Таблица 4

Продуктивность хвои по классам роста в сосновых древостоях,  $\text{дм}^3/\text{кг}$ 

Класс возраста	I	II	III	IV	V
III	$\frac{12,4}{0,56}$	$\frac{13,0}{0,60}$	$\frac{21,4}{0,53}$	$\frac{21,1}{0,36}$	$\frac{32,8}{0,31}$
IV	$\frac{23,3}{0,54}$	$\frac{25,2}{0,58}$	$\frac{28,1}{0,53}$	$\frac{35,8}{0,36}$	$\frac{46,3}{0,38}$
III	$\frac{20,6}{0,74}$	$\frac{21,9}{0,77}$	$\frac{23,2}{0,64}$	$\frac{25,6}{0,42}$	$\frac{39,8}{0,39}$
IV	$\frac{39,3}{0,75}$	$\frac{34,5}{0,74}$	$\frac{41,8}{0,64}$	$\frac{59,4}{0,47}$	$\frac{122,2}{0,46}$
V	$\frac{40,6}{0,70}$	$\frac{41,9}{0,72}$	$\frac{50,6}{0,53}$	$\frac{54,1}{0,48}$	$\frac{112,2}{0,53}$
III	$\frac{19,5}{0,82}$	$\frac{22,0}{0,88}$	$\frac{26,2}{0,68}$	$\frac{33,7}{0,48}$	$\frac{29,3}{0,48}$
IV	$\frac{48,2}{0,80}$	$\frac{53,5}{0,80}$	$\frac{54,3}{0,69}$	Нет данных	$\frac{67,1}{0,53}$

Примечание. В числителе — отношение объема стволов к весу хвои, в знаменателе — отношение годовичного объемного прироста стволов к весу хвои.

II класса роста. Деревья IV и V классов роста отстают по этому показателю соответственно на 26,2—45,4 и 28,6—49,4%. Некоторое снижение продуктивности хвои у деревьев I класса роста, возможно, объясняется их более обильным семеношением. Разница в продуктивности хвои между деревьями II и III классов роста значительно меньше (4,5—26,4%), чем между деревьями III и IV классов роста (13,2—35,7%). Это свидетельствует о достаточно высокой эффективности «работы» ассимиляционного аппарата деревьев III класса роста. Поэтому они при формировании оптимальной структуры древостоев являются надежным резервом и в любом случае пополняют недостающее количество деревьев I и II классов роста. Обращает на себя внимание некоторое снижение продуктивности хвои с увеличением возраста древостоев.

При сопоставлении древостоев одинакового класса возраста обнаруживается, что в худших почвенных условиях продуктивность хвои значительно ниже, чем в лучших. Следовательно, чем неблагоприятнее лесорастительные условия, тем больше хвои требуется для создания единицы массы древесины.

Приведенные материалы показывают, что вмешательство в

структуру древостоев рубками ухода по низовому методу не ведет к ощутимому сокращению ассимиляционного аппарата древостоя. В то же время рубки ухода будут способствовать оставлению деревьев с высокой энергией роста и увеличению степени использования света, влаги и элементов питания за счет более эффективной «работы» их ассимиляционного аппарата. Поэтому при проведении рубок ухода на основе оптимальной густоты древостоев лучшие, или целевые, деревья следует выбирать из деревьев I, II и частично III классов роста.

Таким образом, наиболее целесообразной структурой чистых древостоев сосны, к которой необходимо стремиться при рубках ухода, следует признать равномерное размещение деревьев из высших классов роста, оптимальное для данных лесорастительных условий и возраста древостоев. При этом каждое дерево в древостое будет обеспечено необходимой площадью питания. Результаты исследований свидетельствуют, что на основе оптимизации густоты можно не только более объективно устанавливать необходимость проведения рубок и ухода и контролировать целенаправленное выращивание насаждений, но и в значительной мере решить задачи дифференциации рубок ухода за лесом на регионально-типологической основе. Полученные материалы дают основание полагать, что выращивание насаждений при оптимальной густоте древостоев позволяет повысить их текущий прирост и, соответственно, общую продуктивность. Проведение прореживаний и проходных рубок на основе разработанной таблицы оптимальной густоты будет способствовать повышению лесоводственной эффективности указанных видов рубок ухода.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Фитомасса и особенности ее продуцирования деревьями разного ценотического положения // Продуктивность сосновых лесов. М., 1978. С. 69—89.
- Грейг-Смит. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 359 с.
- Зайченко Л. П. Исследование размещения деревьев в сосновых древостоях // Лесная таксация и лесостроительство: Межвуз. сб. науч. тр. по лесн. хоз-ву. Красноярск, 1974. Вып. 2. С. 82—87.
- Кайрюкшис Л. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 208 с.
- Кайрюкшис Л. А., Юодвалькис А. И., Ионикас Ю. В. Целевые программы-нормативы рубок ухода — основа качества и контроля их проведения // Моделирование и контроль производительности древостоев: Сб. науч. тр. Каунас, 1983. С. 81—82.
- Лесков Н. Д. Особенности таксационной характеристики и структуры биогрупп в типе леса бор-брусничник // Сборник трудов по лесному хозяйству. Свердловск, 1956. С. 35—42.
- Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 191 с.
- Луганский Н. А., Луганская В. Д. Надземная биомасса сосновых молодняков на Среднем Урале // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1970. Вып. 4. С. 69—90.
- Луганская В. Д. Взаимосвязь размеров хвоя с ростом по высоте у деревьев сосны

в молодняках средней и южной подзона тайги Урала // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1976. С. 92—97.

Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 257 с.

Нагимов З. Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубок ухода в них на Среднем Урале: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1984. 20 с.

Плотников В. В. Эволюция структуры растительных сообществ. М.: Наука, 1979. 276 с.

Поляков А. К. Определение оптимальной густоты сосны в свежей субори // Лесное хозяйство. 1973. № 12. С. 14—18.

Соколов С. В. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1970. 23 с.

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.

Юкнис Р. Закономерности размещения деревьев в сосновых насаждениях // Науч. тр. ЛитСХА. Вильнюс, 1978. Т. 24. С. 18—27.

Юлдвалькис А. П. Лесоводственно-биологические основы и целевые программы рубок ухода в промышленно-эксплуатационных лесах Южной Прибалтики: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск, 1981. 40 с.