

## ВЛИЯНИЕ ПРОХОДНЫХ РУБОК НА МАССУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СОСНЫ

Для разработки способов ухода за лесом весьма важно знать зависимость между ростом древостоя и массой ассимиляционного аппарата. Не случайно большинство исследователей связывают рост деревьев с размерами их крон или величиной фотосинтетического аппарата, от его количества, качества и характера размещения в пространстве зависит продуктивность как отдельных деревьев, так и всего древостоя в целом (Баранов, 1941; Нестеров, 1960; Кондратьев, 1961; Харитонович, 1961; Рубцов, 1961; Смирнов, 1964; Кузьмичев, 1971; 1977; Нагимов, 1984).

Наиболее перспективным подходом к решению проблемы повышения продуктивности и устойчивости древостоев является разработка рекомендаций по рубкам ухода на основе исследований структуры фитомассы крон деревьев, особенностей накопления ассимиляционного аппарата и эффективности его работы у деревьев различных классов роста и развития в насаждениях с различной степенью изреживания древесного полога.

В основу наших исследований положен экспериментальный материал трех постоянных пробных площадей (ППП), заложенных в 43-летних сосняках брусничникового, ягодникового и разнотравного типов леса. В соответствии со схемой лесорастительного районирования Б. П. Колесникова (1973) Уральский учебно-опытный лесхоз, на территории которого были заложены ППП, включен в южно-таежный округ Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесной области. Каждая ППП состояла из одной контрольной и трех рабочих секций, пройденных проходными рубками интенсивностью 15, 25 и 35% (табл. 1).

Учет фитомассы крон проводился по методике Л. Е. Родина, Н. П. Ремезова и Н. И. Базилович (1968). Подбирались модельные деревья средних диаметра и высоты ствола, диаметра и протяженности кроны, по одному из каждой ступеней толщины, за исключением центральных, где подбирались по два-три дерева.

Исследования показали, что изменение микросреды под пологом древостоев рубками ухода влияет на возрастную структуру хвои.

Таблица 1

## Основная таксационная характеристика пробных площадей

Пробная площадь	Секция	Тип леса	Состав	Средние		Густота, шт./га	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>
				Диаметр, см	Высота, м			
<i>До рубки</i>								
1	А	С.бр.	8С2Бед. Л, Ос	10,8	11,3	3692	0,87	148
	Б	С.бр.	7С3Бед. Л,Ос	10,2	11,0	4127	0,90	149
	В	С.бр.	7С3Бед.Л,Ос	10,8	11,5	3384	0,83	142
	Г	С.бр.	7С3Бед.Л	9,9	10,9	4190	0,86	144
2	А	С.яг.	6С4Бед.Л,Ос	8,3	12,3	6251	1,23	203
	Б	С.яг.	7С3Бед.Л,Ос	8,7	12,6	6022	1,27	225
	В	С.яг.	6С4Бед.Ос	8,0	12,2	5238	1,17	200
	Г	С.яг.	6С4Бед.Ос	8,3	12,4	5807	1,21	198
3	А	С.ртр.	8С2Б	15,6	16,4	2028	0,96	279
	Б	С.ртр.	8С2Бед.Л	15,3	16,0	2008	0,90	265
	В	С.ртр.	8С2Бед.Л	15,2	16,3	1876	0,86	258
	Г	С.ртр.	8С2Бед.Л	14,9	16,2	2108	0,92	259
<i>После рубки</i>								
1	Б	С.бр.	8С2Бед.Л	12,1	12,3	2209	0,71	125
	В	С.бр.	8С2Б	13,0	12,7	1817	0,62	111
	Г	С.бр.	8С2Б	10,0	11,3	2305	0,57	96
2	Б	С.яг.	7С3Бед.Л,Ос	7,8	12,4	5394	1,01	173
	В	С.яг.	7С3Б	9,4	13,4	3088	0,85	151
	Г	С.яг.	7С3Б	8,5	12,9	3294	0,75	133
3	Б	С.ртр.	9С1Бед.Л	16,0	16,7	1601	0,82	237
	В	С.ртр.	9С1Бед.Л	16,3	16,8	1243	0,70	209
	Г	С.ртр.	8С2Бед.Л	17,0	16,8	1039	0,60	181
<i>Через 3 года после рубки</i>								
1	А	С.бр.	8С2Бед.Л,Ос	11,5	11,3	3408	0,88	154
	Б	С.бр.	8С2Бед.Л.	12,9	13,0	2005	0,72	133
	В	С.бр.	8С2Б	13,3	13,0	1771	0,63	120
	Г	С.бр.	8С2Б	11,0	12,0	2270	0,62	107
2	А	С.яг.	6С4Бед.Л,Ос	8,8	12,8	5125	1,17	205
	Б	С.яг.	7С3Бед.Л,Ос	9,6	13,2	4131	1,07	181
	В	С.яг.	6С4Б	10,5	13,9	2969	0,95	162
3	Г	С.яг.	7С3Б	9,6	13,5	2956	0,81	146
	А	С.ртр.	8С2Б	15,7	16,4	1872	0,96	282
	Б	С.ртр.	8С2Бед.Л	16,3	16,8	1546	0,83	249
	В	С.ртр.	8С2Бед.Л	16,7	17,1	1196	0,72	220
	Г	С.ртр.	8С2Бед.Л	21,2	17,8	988	0,68	200

В секциях, пройденных три года назад проходными рубками, пропорционально интенсивности изреживания сокращается масса хвои старше 3 лет. При удалении 35% запаса древостоя хвоя старше 4 лет не встречается, в то время как в контрольном древостое максимальный возраст хвои 7 лет. Данная закономерность, на наш взгляд, объясняется заменой теневой хвои на световую и

подтверждается значительно большей массой хвои текущего года на участках, где было удалено 25—35% запаса древостоя.

В пределах кроны дерева хвоя находится в различных условиях освещенности, водо-, газообмена и температурного режима. Трансформируемые насаждением условия среды для каждого дерева и яруса хвои складываются в зависимости от того, какое положение оно занимает в древостое (Бузыкин, Пшеничникова, 1973; 1978). Логично предположить различие возрастной структуры хвои у деревьев различных классов роста и развития по Крафту. Материалы наших исследований подтверждают данное предположение.

Хвоя текущего года в верхней половине кроны составляет у деревьев, занимающих господствующее положение в древостое, около половины общей массы ассимиляционного аппарата. С увеличением степени угнетения доля хвои текущего года снижается и в контрольном древостое у деревьев V класса роста составляет только 23,6%. Для нижней половины кроны характерно снижение массы сырой хвои с увеличением ее возраста и у деревьев V класса роста при максимальном количестве двулетней хвои (34,7—37,9%) у деревьев других классов роста.

Удаление менее 25% запаса практического влияния на возрастную структуру ассимиляционного аппарата не оказывает. При повышении интенсивности изреживания у деревьев I и II классов происходит резкое увеличение доли хвои текущего и прошлого годов в нижней части кроны. У деревьев других классов роста возрастная структура хвои меняется на протяжении всей кроны (табл. 2).

Сопоставление массы хвои у деревьев, произрастающих на контрольных и пройденных рубкой участках, показало, что для всех исследуемых типов леса характерно увеличение массы хвои, пропорциональное интенсивности изреживания. Наибольшее влияние проходные рубки оказывают на массу ассимиляционного аппарата средних по размеру деревьев. С отклонением размера деревьев, как в сторону увеличения, так и уменьшения, различия в массе хвои на изреженных и контрольных участках сглаживаются. С лесоводственной точки зрения это можно объяснить тем, что значительная часть крон наиболее толстых деревьев даже в загущенных древостоях находится в условиях оптимального освещения и на изреживании почти не реагирует. Причина меньшего прироста хвои у тонких деревьев заключается в продолжительном периоде их угнетения и, как следствие этого, смены практически всей темной хвои на световую.

Анализируя реакцию на изреживание одинаковых по размеру деревьев, произрастающих в различных типах леса, следует отметить, что с ухудшением условий произрастания увеличиваются как относительные, так и абсолютные показатели прироста хвои.

Таблица 2

**Зависимость возрастной структуры хвон от  
интенсивности изреживания и положения дерева в древостое  
в условиях сосняка разнотравного**

Интенсивность рубки, %	Возраст хвон, лет	Доля хвон данного возраста у деревьев по классам Крафта, %					
		I	II	III	IV	V	
0	1	<u>51,3*</u>	<u>45,9</u>	<u>36,6</u>	<u>30,4</u>	<u>23,6</u>	
		<u>26,7</u>	<u>29,1</u>	<u>29,7</u>	<u>32,0</u>	<u>34,7</u>	
	2	<u>31,7</u>	<u>36,1</u>	<u>43,3</u>	<u>47,3</u>	<u>51,1</u>	
		<u>35,9</u>	<u>37,9</u>	<u>37,2</u>	<u>34,7</u>	<u>32,3</u>	
	3	<u>15,0</u>	<u>15,5</u>	<u>17,1</u>	<u>17,6</u>	<u>18,0</u>	
		<u>23,1</u>	<u>22,8</u>	<u>23,6</u>	<u>25,7</u>	<u>27,0</u>	
	Старше 3 лет	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>	<u>3,0</u>	<u>4,7</u>	<u>7,3</u>	
		<u>14,3</u>	<u>10,2</u>	<u>9,5</u>	<u>7,8</u>	<u>6,0</u>	
	15	1	<u>52,5</u>	<u>49,3</u>	<u>38,2</u>	<u>29,7</u>	<u>24,8</u>
			<u>25,1</u>	<u>27,0</u>	<u>29,1</u>	<u>32,8</u>	<u>34,3</u>
2		<u>30,8</u>	<u>32,7</u>	<u>42,1</u>	<u>47,6</u>	<u>50,1</u>	
		<u>35,9</u>	<u>36,6</u>	<u>37,9</u>	<u>34,1</u>	<u>32,8</u>	
3		<u>14,8</u>	<u>15,7</u>	<u>17,0</u>	<u>17,8</u>	<u>18,0</u>	
		<u>23,7</u>	<u>23,1</u>	<u>23,5</u>	<u>25,9</u>	<u>27,0</u>	
Старше 3 лет		<u>1,9</u>	<u>2,3</u>	<u>2,7</u>	<u>4,9</u>	<u>7,1</u>	
		<u>15,3</u>	<u>13,3</u>	<u>9,5</u>	<u>7,2</u>	<u>5,9</u>	
25		1	<u>52,3</u>	<u>46,5</u>	<u>42,1</u>	<u>36,1</u>	<u>34,0</u>
			<u>34,0</u>	<u>31,0</u>	<u>27,2</u>	<u>25,1</u>	<u>25,0</u>
	2	<u>36,2</u>	<u>37,5</u>	<u>33,2</u>	<u>31,3</u>	<u>30,2</u>	
		<u>41,9</u>	<u>37,5</u>	<u>33,2</u>	<u>27,2</u>	<u>24,2</u>	
	3	<u>9,5</u>	<u>12,6</u>	<u>16,8</u>	<u>16,6</u>	<u>19,8</u>	
		<u>20,1</u>	<u>22,0</u>	<u>20,3</u>	<u>17,9</u>	<u>17,1</u>	
	Старше 3 лет	<u>2,0</u>	<u>3,4</u>	<u>7,9</u>	<u>16,0</u>	<u>16,0</u>	
		<u>4,0</u>	<u>9,5</u>	<u>19,3</u>	<u>29,8</u>	<u>33,7</u>	
	35	1	<u>54,2</u>	<u>47,8</u>	<u>42,5</u>	<u>36,6</u>	<u>33,6</u>
			<u>52,1</u>	<u>41,4</u>	<u>34,5</u>	<u>29,2</u>	<u>26,6</u>
2		<u>39,8</u>	<u>41,0</u>	<u>40,0</u>	<u>36,6</u>	<u>33,6</u>	
		<u>32,1</u>	<u>34,6</u>	<u>36,5</u>	<u>39,8</u>	<u>42,4</u>	
3		<u>6,0</u>	<u>11,1</u>	<u>16,5</u>	<u>20,3</u>	<u>19,2</u>	
		<u>12,8</u>	<u>17,8</u>	<u>21,5</u>	<u>21,2</u>	<u>19,4</u>	
Старше 3 лет		<u>—</u>	<u>0,1</u>	<u>1,0</u>	<u>6,5</u>	<u>13,6</u>	
		<u>3,0</u>	<u>6,2</u>	<u>7,5</u>	<u>9,8</u>	<u>11,6</u>	

\* Числитель — верхняя часть кроны, знаменатель — нижняя.

Данная закономерность характерна и для всего древостоя в целом. Так, если относительный прирост хвои в свежесобранном состоянии за три года на участках, пройденных проходными рубками интенсивностью 35%, в древостоях сосняка брусничникового составил 71,4%, то в условиях сосняка разнотравного при таком же составе и возрасте древостоя, а также давности и интенсивности изреживания он равнялся 39%.

Проводя различные лесохозяйственные мероприятия, лесоводы, в первую очередь, должны заботиться о продуктивности древостоев, которая определяется произведением массы хвои на интенсивность продуцирования ею органического вещества.

В качестве показателя, характеризующего работу ассимиляционного аппарата, нами было принято отношение прироста стволовой древесины за последние три года к массе хвои в свежем состоянии. Материалы исследований выявили прямо пропорциональную зависимость прироста стволовой древесины от диаметра ствола на высоте 1,3 м ( $r=0,942-0,999$ ). У деревьев одинакового диаметра и положения в древостое наибольший прирост наблюдается в условиях сосняка разнотравного. Деревья, занимающие различное положение в древостое, находятся в различных условиях освещенности, что сказывается на интенсивности их фотосинтеза и, как следствие этого, на приросте стволовой древесины (табл. 3).

Таблица 3

**Объем стволовой древесины, продуцируемый 100 кг хвои,  
у деревьев различных классов роста по Крафту, м<sup>3</sup>**

Интенсивность изреживания, %	Классы роста по Крафту				
	I	II	III	IV	V
	Сосняк брусничниковый				
Контроль	0,220	0,221	0,197	0,170	0,129
15	0,223	0,225	0,175	0,139	0,072
25	0,215	0,170	0,140	0,115	0,070
35	0,205	0,165	0,134	0,065	0,050
	Сосняк ягодниковый				
Контроль	0,222	0,236	0,229	0,188	0,125
15	0,228	0,238	0,201	0,157	0,101
25	0,186	0,190	0,170	0,130	0,071
35	0,185	0,192	0,154	0,095	0,054
	Сосняк разнотравный				
Контроль	0,248	0,251	0,228	0,192	0,110
15	0,250	0,255	0,200	0,177	0,108
25	0,247	0,250	0,226	0,175	0,108
35	0,216	0,227	0,203	0,139	0,103

Примечание. Давность проведения изреживаний три года.

Продуцирующая способность хвои во всех типах леса возрастает от деревьев V класса роста ко II, что может быть легко объяснено улучшающимися условиями освещенности. Некоторое снижение прироста стволовой древесины у деревьев I класса роста по сравнению со II объясняется, на наш взгляд, большим расходом ассимилянтов на формирование кроны.

Данные табл. 3 наглядно демонстрируют увеличение продуцирующей способности хвои основной части древостоя с улучшением условий произрастания. Так, масса стволовой древесины, продуцируемая 100 кг хвои, у деревьев II класса роста, произрастающих в не тронутых рубкой древостоях сосняка разнотравного, на 12% превышает таковую у аналогичных деревьев в контрольном древостое сосняка брусничникового. Этим объясняется более интенсивный рост деревьев в благоприятных для произрастания типах леса при меньшей массе ассимиляционного аппарата. При ухудшении условий произрастания деревья вынуждены более низкую продуцирующую способность хвои компенсировать увеличением ее массы.

Анализируя продуцирующую способность хвои на участках, пройденных три года назад проходными рубками, следует отметить, что прирост стволовой древесины, приходящийся на 100 кг хвои, у деревьев одного класса роста на всех изреженных участках ниже, чем в контрольных древостоях. Исключение составляют деревья I и II классов роста в секциях, пройденных проходными рубками слабой интенсивности. Увеличение интенсивности изреживания приводит во всех исследуемых типах леса к снижению прироста стволовой древесины, приходящегося на 100 кг хвои. С биологической точки зрения данная закономерность объясняется тем, что значительная часть продуцируемого в процессе фотосинтеза органического вещества в секциях с уходом расходуется на увеличение общей массы ассимиляционного аппарата.

Говоря о производительности хвои на участках, пройденных проходными рубками, и в контрольных древостоях, нельзя не отметить, что изреживание влияет не только на распределение числа деревьев по классам Крафта, но и на массу хвои деревьев, занимающих различное положение в древостое (табл. 4).

Обработка данных прироста стволовой древесины, приходящегося на 100 кг хвои, для всех модельных деревьев, пропорционально представляющих распределение деревьев в исследуемых древостоях по ступеням толщины, показала, что относительные средние показатели продуктивности хвои на изреженных участках ниже относительных средних показателей увеличения массы хвои на них (табл. 5).

Доведение интенсивности изреживания запаса древостоев до 35% во всех исследуемых типах леса привело к увеличению массы

Таблица 4

**Распределение числа деревьев и массы хвои  
по классам Крафта через три года после изреживания, %**

Интенсивность рубки, %	Класс роста по Крафту				
	I	II	III	IV	V
	<b>Сосняк брусничниковый ППП-1</b>				
0	9,5*	22,9	17,3	13,9	33,8
	34,4	44,7	13,4	4,4	3,1
15	13,4	26,2	25,2	16,2	18,1
	35,5	37,9	18,8	6,1	1,7
25	12,1	20,1	25,9	23,0	18,9
	34,4	33,8	21,9	6,8	3,1
35	13,2	21,9	25,8	23,8	13,3
	45,0	32,8	13,4	6,8	2,0
	<b>Сосняк ягодниковый ППП-2</b>				
0	2,6	5,6	9,9	12,3	69,6
	14,4	19,6	17,8	12,6	35,7
15	3,0	10,3	17,0	14,1	55,6
	12,2	24,7	25,1	16,1	21,9
25	4,9	9,5	17,7	23,3	44,6
	15,4	20,1	27,6	18,5	18,4
35	5,2	8,9	18,6	29,2	38,1
	17,7	19,0	22,3	20,4	20,6
	<b>Сосняк разнотравный ППП-3</b>				
0	19,2	24,6	20,1	10,0	26,1
	45,0	34,8	14,0	3,1	3,1
15	16,1	27,5	29,6	16,4	10,4
	35,9	39,3	19,6	4,0	1,2
25	18,3	23,7	32,2	18,2	7,6
	40,6	31,1	21,5	5,5	1,3
35	21,5	26,3	32,3	12,4	7,5
	38,6	31,5	23,7	4,6	1,6

\* Числитель — число деревьев, знаменатель — масса сырой хвои.

сырой хвои, приходящейся на одно дерево, на 130—192% по сравнению с величиной данного показателя в контрольных древостоях при снижении продуктивности хвои на 1—28%.

Обобщая изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Проходные рубки в средневозрастных сосняках приводят к изменению возрастной структуры хвои оставленных на дорацивание деревьев.

Таблица 5

Средние показатели продуктивности хвои и массы ассимиляционного аппарата в средневозрастных сосняках, пройденных три года назад проходными рубками

Пробная площадь	Тип леса	Интенсивность изреживания, %			
		Контроль	15	25	35
<i>Продуктивность 100 кг сырой хвои</i>					
1	С.бр.	0,212*	0,207	0,172	0,170
		100,0	97,6	81,1	80,2
2	С.яг.	0,187	0,184	0,151	0,134
		100,0	98,4	80,7	71,7
3	С.ртр.	0,240	0,238	0,238	0,211
		100,0	99,2	99,2	87,9
<i>Масса сырой хвои, приходящаяся на одно дерево</i>					
1	С.бр.	6,391**	8,508	12,268	8,722
		100,0	133,1	192,0	136,5
2	С.яг.	2,323	3,281	3,818	4,073
		100,0	141,2	164,4	173,3
3	С.ртр.	8,061	10,507	10,669	14,965
		100,0	130,3	132,4	185,6

\* Числитель — м<sup>3</sup>, знаменатель — % к контролю.

\*\* Числитель — кг, знаменатель — % к контролю.

2. Общая масса ассимиляционного аппарата восстанавливается через три года после изреживания во всех исследуемых типах леса при интенсивности рубки, не превышающей 35%.

3. Скорость нарастания массы сырой хвои увеличивается с ухудшением условий произрастания от сосняка разнотравного к сосняку брусничниковому.

4. Наивысшей продуктивностью характеризуется хвоя деревьев II, наименьшей — V классов роста по Крафту. С ухудшением условий произрастания продуктивность хвои снижается.

5. В первые три года после проходных рубок прирост стволовой древесины, продуцируемый единицей массы хвои, ниже в секциях с уходом. Величина снижения пропорциональна интенсивности изреживания. Увеличение прироста оставленных на доращивание деревьев обеспечивается большей массой ассимиляционного аппарата у деревьев одинакового размера в разреженных секциях по сравнению с контрольными древостоями.

## ЛИТЕРАТУРА

Баранов Н. Н. К вопросу об исследовании взаимосвязи между кронами деревьев и таксационными признаками древостоев//Сборник работ ЦНИИЛХ. М., 1941. № 17. С. 51—87.

Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Изменчивость морфологических показателей хвои сосны обыкновенной и содержание в ней азота, фосфора и калия//Метаболизм хвойных в связи с продолжительностью их роста. Красноярск, 1973. С. 152—170.

Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Фитомасса и особенности ее продуцирования деревьями разного ценотического положения//Продуктивность сосновых лесов. М., 1978. С. 69—89.

Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области/УНЦ АН СССР. Свердловск, 1973. 175 с.

Кондратьев П. С. Зависимость прироста деревьев от формы и размеров кроны// Докл. ТСХА. 1961. Вып. 62. С. 445—453.

Кузьмичев В. В. Зависимость диаметров крон и диаметров стволов на высоте груди от расстояния между деревьями//Лесное хозяйство: Материалы конф. по итогам науч.-исслед. работ. Красноярск, 1971. С. 25—30.

Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1977. 160 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.

Нестеров Н. С. Очерки по лесоведению. М.: Сельхозгиз, 1960. 485 с.

Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1968. 142 с.

Рубцов В. И. Зависимость текущего прироста сосны в 20—50-летних культурах от степени развития и охвоения древостоев//Науч. зап. Воронеж. лесотехн. ин-та. Воронеж, 1961. С. 3—12.

Смирнов В. В. Сезонный рост главнейших древесных пород. М.: Наука. 1964. 167 с.

Харитонович Ф. Н. Закономерности роста сосны обыкновенной//Лесное хозяйство. 1961. № 11. С. 18—22.