



## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*18:630\*24

**Г.А. Чибисов, А.И. Нефедова**

Чибисов Генрих Андреевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник СевНИИЛХа, член-корреспондент Российской инженерной и Международной инженерной академий наук, академик РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет около 260 печатных работ в области рубок ухода, рубок главного пользования, экологии и биологии леса, продуктивности таежных экосистем.



Нефедова Антонина Ивановна родилась в 1933 г., окончила в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, старший научный сотрудник СевНИИЛХа. Имеет более 30 печатных работ в области экологии и биологии леса.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
РУБОК УХОДА ЗА ЛЕСОМ**

По результатам многолетних комплексных исследований в березово-еловых насаждениях, пройденных рубками ухода, сделан вывод об их существенном влиянии на формирование экологических факторов.

*Ключевые слова:* экологические факторы, рубки ухода, солнечная радиация, интенсивность уходов.

Эффективность рубок ухода за лесом определяется в основном четырьмя видами продуктивности: экологической, биологической, качественной и количественной. Они могут рассматриваться как во взаимосвязи, так и в отдельности.

Изменения факторов внутренней среды насаждений вообще и особенно под влиянием рубок ухода – теоретическая основа управления формированием биоэкологической системой. Разреживания, непосредственно воздействуя на фитоценоз, существенно влияют на биогеоценоз в целом. Задача заключается в определении необходимого наилучшего комплекса экологических факторов во взаимосвязи с ростом и развитием деревьев и

всего насаждения. В каждом климатическом регионе оптимум экологических факторов неодинаков для одной и той же породы, а тем более при различном породном составе насаждений и на разных возрастных этапах. Существующая практика оценки экологического оптимума в основном сводится к оценке среды опосредованно через конечный результат, продукт, выражаемый бонитетом, запасом, предельной биомассой. Таким образом, оценивается следствие, а не причинность и динамизм эндогенных факторов. Бонитет не выражает однозначно ни условий местопроизрастания, ни свойств насаждения, а отражает равнодействующую отношений с внешней средой, которые определяют ход роста\*. Поиск лимитирующих факторов и возможностей их улучшения и регулирования упрощается, если известны количественные показатели экологических факторов, благоприятных для каждой породы в каждом конкретном лесорастительном районе. Считается, что если на севере лесной зоны в дефиците, как правило, оказывается тепло, то с продвижением к южной границе роль теплового фактора ослабевает и возрастает значение увлажнения. Эта общая закономерность может нарушаться в зависимости от конкретных почвенно-гидрологических условий каждого региона.

Основными экологообразующими характеристиками являются породный состав и густота. Преобразование фитоценозов рубками ухода неизбежно изменяет среду.

Учитывая, что эти изменения зависят от густоты, неодинаковой в разном возрасте, можно формализовать степень влияния экологических факторов на рост через густоту и возраст. Дисперсионный анализ показал, что это влияние существенно: коэффициенты корреляции 0,521 ... 0,529 и 0,422 ... 0,454, причем с возрастом густота влияет сильнее.

Рубки ухода наиболее существенно трансформируют освещенность, тепловой режим воздуха и верхних горизонтов почвы, меньше – влажность воздуха и водный режим почвы. В зависимости от интенсивности, метода, способа, возраста насаждения, в котором проводят рубки ухода, происходят фитоценотические изменения, формируются условия фитосреды, определяющие рост и развитие как отдельных деревьев, так и фитоценоза в целом. В свою очередь, интенсивность роста, обмен веществами и энергией оказывают влияние на динамику экологических факторов и определяют толерантность и биологическую устойчивость фитоценоза как саморегулирующейся системы. Уменьшение густоты рубками ухода вызывает изменения, а при критическом ее состоянии и нарушения в закономерностях роста и продукционных процессах.

Представляется возможным рассмотреть изменения основных экологических факторов на примере березово-еловых насаждений по результатам 35-летних круглогодичных наблюдений\*\*. Молодняк в возрасте 23 лет

---

\* Гутман А.Л. Основы биофизики леса. – Воронеж, 1979. – Ч. 1. – 60 с.

\*\* В работе принимали участие сотрудники Северной ЛОС Н.П. Нечаева, С.И. Онохина, О.Г. Соколова.

пройден рубками ухода (1966 г., пробная площадь 1, средняя подзона тайги) равномерно по площади. До рубок ухода в первом ярусе на 1 га было 18 тыс. шт. березы, во втором – 42 тыс. шт. ели, тип леса – черничник свежий. В первый прием интенсивность изреживания по числу стволов составила соответственно 80 и 65 %. Через 7 лет проведен второй уход, в 1986 г. – третий. Через 35 лет после первого ухода на 1 га осталось 430 деревьев березы и 2,4 тыс. шт. ели высотой 10,5 м. В контрольном древостое (ПП 2к) к этому времени было 3,6 тыс. шт. лиственных и 7 тыс. шт. еловых деревьев высотой 2,9 м. Для сравнения двумя приемами рубок (1973 и 1986 гг.) был сформирован чистый ельник (ПП 19): к 60-летнему возрасту насаждения на 1 га было 2,5 тыс. шт. ели высотой 7,3 м.

Рубки ухода существенно изменяют поступление, распределение и поглощение лучистой энергии солнца и соответственно ФАР, как важнейшие энергетические процессы. От лучистой энергии функционально зависят все другие экологические факторы, следовательно, экологической основой рубок ухода и их режима в таежных условиях является количество и качество солнечной радиации (табл. 1). Рубки ухода способствуют увеличению суммарной радиации и доли прямой. Березово-еловые насаждения имеют сравнительно высокое альbedo. При высоте солнца 35° березовым пологом отражается около 20 % солнечной радиации, поглощается 65 %, из количества, поступающего к еловому ярусу, отражается около 3 % и к почве поступает около 3 %. Рубки ухода значительно снижают альbedo, особенно на

Таблица 1

**Интенсивность солнечной радиации под пологом насаждения  
после рубок ухода**

Проба	Период после рубок ухода	Высота солнца, °	Радиация					
			суммарная		рассеян- ная	прямая	отражен- ная	альbedo, %
			кВт/м <sup>2</sup>	% от откры- того места				
2к	1 год	40	0,071	11	0,034	0,037	0,017	23,9
1	после		0,103	16	0,049	0,054	0,024	23,3
19	3-го ухода		0,357	56	0,078	0,279	0,050	14,1
2к	10 лет	45	0,062	7	0,033	0,029	0,018	29,3
1	после		0,099	12	0,027	0,072	0,018	18,3
19	3-го ухода		0,249	29	0,039	0,210	0,029	11,6
2к	30 лет	47	0,082	10	0,039	0,043	0,022	27,3
1	после		0,148	18	0,032	0,113	0,018	11,9
19	1-го ухода		0,167	20	0,039	0,128	0,026	15,3
2к	35 лет	46	0,073	9	0,027	0,046	0,017	22,8
1	после		0,076	10	0,026	0,047	0,019	25,2
19	1-го ухода		0,195	25	0,045	0,150	0,027	13,8

открытом месте. Чем интенсивнее рубка лиственного яруса, тем ниже альбедо, тем больше поглощается световой энергии.

Рубки ухода способствуют увеличению суммы положительных градусо-часов, продолжительности периодов с эффективными температурами. Причем тепловой режим улучшается весной, когда фактор тепла минимален, а тепловая зарядка очень важна для роста. После сильных уходов сумма положительных градусо-часов возрастает на 7 тыс. по сравнению с контролем, а период с суммой эффективных температур воздуха выше  $10^{\circ}$  увеличивается на 20 дн. В условиях короткого вегетационного периода на Севере это очень эффективный результат рубок ухода.

После интенсивного изреживания елового яруса (второй прием рубок) в первые 5 лет среднесуточная температура воздуха за вегетацию увеличилась на  $1,5^{\circ}$ , максимальная на  $6,9^{\circ}$  (табл. 2). В чистом ельнике в результате рубок ухода максимальные температуры выше за первые 5 лет на  $2,5^{\circ}$ , за последние 5 лет – на  $1,5^{\circ}$ .

Максимальные температуры воздуха у поверхности почвы в среднем за 5 лет после первого интенсивного изреживания выше контроля в июне на  $1,7$ , в июле на  $2,1$  (в теплые годы на  $2,3 \dots 2,9$ , в холодные на  $1,5 \dots 1,8$ ), в августе на  $1,8$ , в сентябре на  $0,6^{\circ}$ ; после второго приема рубок ухода они выше в мае на  $2,6$  (в сухой теплый год на  $4,7$ , в холодный дождливый на  $1,8$ ), в июне на  $6,6$ , в июле на  $6,9^{\circ}$ .

В изреженном древостое у поверхности почвы в среднем за день температура воздуха выше на  $3,7^{\circ}$  (табл. 3). Самые высокие они в 13 ч, различия достигают  $5^{\circ}$ .

Связь температуры воздуха и почвы не только прямая (почва является аккумулятором радиационного тепла), но и обратная (за счет излучения накопленного почвой тепла нагреваются прилегающие слои воздуха). В целом функционирует баланс: больше поступление тепла – больше отдача. Почвы на Севере в связи с повышенной увлажненностью имеют слабую теплопроводность, тем не менее тепловой режим почв здесь исключительно важен как фактор плодородия, от которого зависит усиление процессов нитрификации, биологической активности, рост корней и транспирация.

Почвы района исследований подзолистые легкосуглинистые, залегают на известняках, глубоко промерзают зимой и медленно оттаивают, что является одной из причин плохого роста ели под пологом лиственного яруса. Средние годовые температуры почвы в нетронутых рубками ухода насаждении по всему профилю от 20 до 120 см в среднем за 35 лет составляют  $2,6^{\circ}$ , в теплые годы около  $4,0$ , в холодные всего  $1,5^{\circ}$ .

После высокоинтенсивных рубок ухода в среднем за 15 лет температура почвы в корнеобитаемом 20-сантиметровом слое в активный период жизнедеятельности повышается на  $3 \dots 5^{\circ}$ , а в период с температурами более  $5^{\circ}$  увеличивается на 20 ... 25 дн. Промерзание почвы происходит на 12 дн. позже, глубина промерзания уменьшается на 20 см, а срок оттаивания сокращается на 2 нед.

Таблица 2

## Температура воздуха у поверхности почвы после уходов

Год	Месяц	Температура воздуха, °С, на пробе			Год	Месяц	Температура воздуха, °С, на пробе		
		2к	1	Отклонение от контроля			2к	1	Отклонение от контроля
Средняя суточная									
1967 – 1973	V	6,3	5,9	-0,4	1974 – 1979	V	7,7	9,6	+1,9
	VI	11,2	11,7	+0,5		VI	10,7	12,2	+1,5
	VII	13,8	14,4	+0,6		VII	14,0	15,9	+1,9
	VIII	12,8	13,5	+0,7		VIII	11,5	12,4	+0,9
	IX	6,4	6,6	+0,2		IX	7,4	7,6	+0,2
	За вегетацию	10,6	11,2	+0,6		За вегетацию	10,7	11,9	+1,2
Средняя максимальная									
1967 – 1973	V	12,5	13,2	+0,7	1974 – 1979	V	14,0	16,6	+2,6
	VI	17,3	19,0	+1,7		VI	15,2	21,8	+6,6
	VII	18,9	21,0	+2,1		VII	15,1	22,0	+6,9
	VIII	17,2	19,0	+1,8		VIII	14,7	16,8	+2,1
	IX	9,6	10,2	+0,6		IX	10,4	11,4	+1,0
	За вегетацию	15,7	17,2	+1,5		За вегетацию	14,6	17,2	+2,6
Средняя минимальная									
1967 – 1973	V	0,1	-0,8	-0,9	1974 – 1979	V	1,2	2,3	+1,1
	VI	4,4	4,0	-0,4		VI	5,3	5,9	+0,6
	VII	7,8	7,7	-0,1		VII	8,8	9,7	+0,9
	VIII	7,9	7,9	0		VIII	7,8	8,0	+0,2
	IX	3,3	3,1	-0,2		IX	4,1	3,6	-0,5
	За вегетацию	5,6	5,5	-0,1		За вегетацию	6,1	6,5	+0,4

Таблица 3

## Температура воздуха под пологом березово-еловых насаждений

Проба	Время суток, ч	Дни июня						Среднее
		1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	
2к	4	3,7	7,1	7,7	5,8	8,9	11,6	7,5
	7	6,4	11,8	12,1	12,7	13,4	13,9	11,7
	10	10,6	17,8	17,2	21,4	18,9	17,5	17,2
	13	10,8	19,0	20,3	23,6	18,5	19,2	18,6
	16	10,4	18,6	18,6	22,7	19,7	19,3	18,2
	19	8,6	16,0	15,1	19,8	17,5	18,1	15,8
Среднее 1	4	8,4	15,0	15,2	17,7	16,2	16,6	14,8
	7	4,6	8,6	10,8	9,9	9,6	13,4	9,5
	10	8,3	14,5	14,5	17,0	14,4	17,3	14,5
	13	10,4	21,6	23,2	29,1	22,2	21,7	21,4
	16	12,3	23,7	26,4	34,2	23,0	25,0	24,1
	19	11,0	22,2	23,7	30,0	23,2	23,1	22,2
Среднее		9,3	18,4	19,7	24,4	18,7	20,3	18,5
Отклонение от контроля		+0,9	+3,4	+4,5	+6,7	+2,5	+3,7	+3,7

По многолетним наблюдениям, высота снежного покрова в насаждении, пройденном уходами, несколько ниже, чем в нетронутом, и таяние снега происходит раньше.

В результате высокоинтенсивных рубок ухода относительная влажность воздуха в припочвенном слое и на высоте 1,5 м уменьшается на 3 ... 10 %, увеличивается период с пониженной влажностью в течение суток, сокращается число дней с влажностью более 80 %. В условиях Севера постоянная избыточная влажность воздуха является важным фактором жизнедеятельности растений, особенно в начале вегетационного сезона.

Таким образом, в условиях северной тайги рубки ухода существенно влияют на формирование фитолимата. При оптимальных режимах ухода представляется возможным: увеличить долю прямой радиации, через изменение суммы эффективных температур удлинить вегетационный период, повысить температуру почвы, снизить влажность воздуха. В экологическом аспекте высокоинтенсивные рубки ухода предпочтительны ради степени и длительности эффекта. Следует заметить, что через 35 лет после ухода фитолимат уже в большей степени свойственен еловым, а не березово-еловым насаждениям.

Многолетние исследования показали, что вследствие значительной динамики и вариабельности экологических факторов под влиянием погодных условий, характера вегетационных сезонов, фаз роста, фенологического состояния, фитоценологических показателей и т. д. представляются затруднительными синтез и формализация в виде устойчивых и достоверных математических связей. Тем не менее, изучение эколого-фитоценологических факторов может и должно служить основой для обобщенной оценки рубок ухода с учетом их режима и технологии. Экология рубок ухода – отдельное самостоятельное направление, которое должно развиваться на экосистемном и эколого-фитоценологическом уровнях.

Северный научно-исследовательский  
институт лесного хозяйства

Поступила 27.06.02

*G.A. Chibisov, A.I. Nefedova*

### **Ecological Efficiency of Thinning**

A conclusion is drawn about the influence of thinning on forming ecological factors based on the result of many years' complex research in birch-spruce stands where thinning took place.

