

Г. П. Макаренко, Н. А. Луганский

**ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА  
В БЕРЕЗОВО-СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ  
НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ**

---

Разреживание древостоев рубками ухода влечет за собой улучшение среды. Это, в свою очередь, обуславливает активизацию процессов метаболизма оставшихся деревьев (Савина, 1949, 1956; Боровикова, 1967; Комиссаров, Штейнвольф, 1967; Соколова, 1967; Читашвили, 1967; Изюмский, 1971; Маркварт, 1971; и др.). С целью изучения изменения физиологического состояния деревьев сосны в березово-сосновых молодняках после рубки ухода нами выполнен цикл наблюдений за фотосинтезом, сопротивлением тканей переменному току и биоэлектрическим потенциалом (БЭП) на территории Невьянского лесхоза Свердловской области (подзона южной тайги).

Фотосинтез и сопротивление тканей переменному току изучались на постоянной пробной площади 13/69 у деревьев II категории (по Побединскому, 1966) как наиболее доступных для этого и активно реагирующих по сравнению с деревьями I категории на разреживание древостоев. Средний диаметр опытных деревьев 3 см, средняя высота 3,5 м.

Постоянная пробная площадь 13/69 (ППП) включает контрольную секцию А, где рубка ухода не проводилась, и три опытных с различной степенью изреживания древостоев: Б — вырублено 57% деревьев от их общего числа на секции, В — 42% и Г — 24%. Вырубались главным образом деревья осины и березы, а также слабые (деревья III категории) и отдельные сильно развитые экземпляры сосны. Густота деревьев на различных секциях до рубки колебалась в пределах 15,5—20,5 тыс. экз. на 1 га, возраст сосны составил 15 лет, березы — 18 лет, т. е. сосна преимущественно находилась под пологом березы в угнетенном состоянии. Исходный состав древостоев составлял 2-ЗСЗ-5Б1-4Ос1Лц. На 4-й год после рубки ухода, когда выполнялись исследования, густота и состав древостоев по секциям оказались сле-

дующими: А—18,3 тыс. экз. на 1 га; 2С1Лц3Б4Ос; Б—12,8; 5С2Лц2Б1Ос; В—13,5; 4С2Лц3Б1Ос; Г—14,4; 4С1Лц4Б1Ос. Тип леса—сосняк ягодниковый.

Показатели фотосинтеза получены на текущих боковых побегах, расположенных на высоте 2—2,5 м и экспонированных на юг. Охвачено отсчетами по 3 побега у 5 деревьев на каждой секции; всего на отдельных секциях сделано по 15 замеров фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза определялась количеством углекислоты, которую способен поглотить 1 г хвои в течение часа. На этих же побегах выполнялись замеры сопротивления тканей переменному току с частотой 20 кГц; расстояние между стальными электродами составляло 1 см. После необходимых измерений экспериментальные побеги отделялись от ветвей, снятая с них хвоя высушивалась до абсолютно сухого веса и взвешивалась. Эти данные использованы для расчета интенсивности фотосинтеза.

Измерение интенсивности фотосинтеза проводилось кондуктометрическим прибором конструкции В. Л. Вознесенского (1967) с небольшими изменениями. Суть изменений заключается во введении электродов в погложительную колонку для фиксирования меняющейся электропроводности рабочего раствора и включения в разрыв трубопровода, подводящего этот раствор, контрольной измерительной ячейки с подобными электродами. Эти изменения позволили исключить ряд лишних операций, потери рабочего раствора, повысить точность исследований, сократить время на проведение замеров. Сопротивление тканей побегов измерялось этим же прибором за счет добавленного в электрическую часть компенсационного резистора, датчика и переключателя рода работ.

Определение фотосинтеза выполнено 18—20 июня 1973 г. при двух типах погоды. Первый тип погоды—прохладная, пасмурная, со сплошной облачностью, с осадками утром и вечером. Температура воздуха в период наблюдений (с 9 до 17 ч) колебалась в пределах 12—15,8°С, освещенность на уровне экспериментальных побегов составила: на секции А—0,9—1,2 тыс. лк, Б—2,2—6,8, В—2,1—6,3, Г—1,2—2,6 тыс. лк. Второй тип погоды—сравнительно теплая, при переменной облачности (40—60%). Температура воздуха—в пределах 14,8—19°С, освещенность по секциям составила:

А—2,6—4,3 тыс. лк, Б—6,8—30, В—6,0—27,0, Г—3,0—10,0 тыс. лк. Показатели освещенности и температуры воздуха снимались для каждой точки наблюдения одновременно с определением фотосинтеза, через каждые 5—20 минут.

При первом типе погоды в пяти случаях фотосинтез на контрольной секции (А) отмечен с отрицательным знаком. Такие величины в расчеты не включены. Принадлежность крайних вариантов к ряду величин проверялась расчетом критерия  $\tau$  (Доспехов, 1973).

Таблица 1. Средние значения и доверительный интервал фотосинтеза деревьев сосны II категории на ППП 13/69,  $\text{мгСО}_2/\text{г хвоя}$

Тип погоды	Показатели	Секция			
		А	Б	В	Г
Сплошная облачность, прохладно	Среднее значение	$0,52 \pm 0,16$	$1,37 \pm 0,22$	$1,11 \pm 0,23$	$0,65 \pm 0,14$
	Доверительный интервал	$0,03 \pm 0,94$	$0,87 \pm 1,87$	$0,83 \pm 1,39$	$0,29 \pm 1,01$
Переменная облачность, сравнительно тепло	Среднее значение	$0,98 \pm 0,19$	$1,51 \pm 0,38$	$1,27 \pm 0,13$	$1,15 \pm 0,22$
	Доверительный интервал	$0,41 \pm 1,45$	$0,58 \pm 2,44$	$0,56 \pm 2,01$	$0,54 \pm 1,76$
Усредненные данные	Среднее значение	$0,75 \pm 0,12$	$1,43 \pm 0,18$	$1,17 \pm 0,18$	$0,88 \pm 0,14$
	Доверительный интервал	$0,49 \pm 1,01$	$1,05 \pm 1,81$	$0,79 \pm 1,45$	$0,67 \pm 1,19$

Результаты наблюдений показали, что между степенью разреживания молодняков и интенсивностью фотосинтеза у оставшихся деревьев сосны II категории на 4-й год после рубки наблюдается довольно тесная положительная связь. Фотосинтез тем выше, чем больше разрежен древостой (табл. 1). Корреляционное отношение между степенью изреживания древостоев и показателем фотосинтеза составляет  $0,398 \pm 0,117$ . Однако разница на 95%-ном уровне значимости ( $t_{0,05} = 2,05$ ) имеет место только между средними показателями

фотосинтеза на контрольной секции (без рубки ухода) и секции Б, где вырублено 57% деревьев ( $t_{\text{факт}}=3,05$ ). При сравнении показателей фотосинтеза на контрольной секции и секции В, где вырублено 42% деревьев, отмечается тенденция к увеличению фотосинтеза деревьев под влиянием разреживания древостоев ( $t_{\text{факт}}=1,91$ ). Слабая степень изреживания древостоев, которая по секции Г составила 24%, существенных сдвигов в фотосинтезе не вызывает. Таким образом, увеличение фотосинтеза деревьев сосны II категории после рубки ухода в густых 15—20-летних молодняках и, следовательно, усиление процесса роста их может быть достигнуто при степени изреживания древостоев не менее 60% по числу стволов.

Следует отметить, что степень изреживания древостоев по показателю фотосинтеза в большей мере проявляется при прохладной облачной погоде, чем при сравнительно теплой погоде с переменной облачностью.

Результаты измерения сопротивления тканей текущих побегов переменному току показали, что между степенью изреживания молодняков и этим показателем, как и в исследованиях с фотосинтезом, наблюдается корреляционная связь, однако она обратная и более тесная ( $\eta = -0,723 \pm 0,105$ ). На секциях с рубками ухода сопротивление тканей уменьшается тем больше, чем сильнее рубка (табл. 2).

Таблица 2. Сопротивление тканей текущих побегов деревьев сосны II категории на ППП 13/69, кОм

Показатели	Секции			
	А	Б	В	Г
Среднее значение	58,5 ± 4,48	33,5 ± 2,39	41,1 ± 2,15	53,2 ± 2,93
Доверительный интервал на уровне 0,95	48,4—68,8	28,1—38,9	36,5—45,7	46,8—59,6

Достоверная разница на 95%-ном уровне значимости ( $t_{0,05}=2,06—2,10$ ) между средними значениями электро-

сопротивления побегов на секциях А и Б ( $t_{\text{факт}}=4,92$ ), а также А и В ( $t_{\text{факт}}=3,51$ ) свидетельствует о том, что деревья II категории на 4-й год после проведения рубки ухода сильной (57%) и средней (42%) степени изреживания отличаются хорошей жизнеспособностью и высоким приростом, поскольку, как показано различными авторами (Кищенко, 1972, и др.), лучшие деревья по сравнению с худшими имеют более низкие показатели электросопротивления тканей луба. Высокие значения сопротивления тканей деревьев на контрольной секции и секции Г ( $t_{\text{факт}}=0,99$ ) дают основание утверждать, что в густых древостоях деревья менее жизнеспособны и под влиянием процесса дифференциации деградируют. Из данных по электросопротивлению тканей также видно, что слабая рубка в лесоводственном отношении нецелесообразна.

Биоэлектрический потенциал (БЭП), измерения которого также выполнены у деревьев сосны на 4-й год после рубки ухода в молодняках, характеризует скорость передвижения веществ в тканях дерева и, следовательно, активность их обмена. Известно (Шеверножук, 1968, 1969, и др.), что чем больше диаметр дерева и лучше его состояние, тем выше БЭП, однако этот показатель в сильной степени подвержен влиянию времени суток, сезона года, метеорологических условий и пр.

Нашими наблюдениями для определения БЭП охвачены деревья всех категорий по росту (Побединский, 1966). Было взято по 10 шт. от каждой категории на двух ППП — 1/69 и 12/69. Обе ППП включают по 4 секции, одна из которых контрольная, остальные три опытные с различной степенью изреживания древостоев. Первоначальный состав древостоев колебался от 3С7Б+Лц до 5С4Б1Лц, густота на различных секциях составила 10,8—28,3 тыс. экз. на 1 га. Средний возраст деревьев на ППП 1/69 — сосны 19 лет, березы 24 года; на ППП 12/69 — соответственно 19 и 21 год. Средняя высота деревьев на ППП 1/69 — сосны 3—3,8 м, березы 4,5—6,0 м; на ППП 12/69 она соответственно составила 3,9—4,9 и 5,9—6,4 м. Степень изреживания древостоев характеризовалась следующими показателями: на ППП 1/69 — 74% (секция Б), 45% (В) и 24% (Г); на ППП 12/69 — соответственно 52, 38, 23%.

Измерения БЭП выполнены согласно методике

Р. Г. Северножука (1968). Использовался измерительный прибор от люксметра Ю-16 с уменьшенным шунтом и отградуированный по эталонному микровольтметру. Положительный электрод площадью  $120 \text{ см}^2$  вводился в почву на глубину до 30 см на расстоянии 1 м от основания ствола, отрицательный электрод площадью  $0,8 \text{ см}^2$  — в проводящий комплекс ствола с южной стороны на высоте 1,3 м. Электроды стальные. С целью исключения влияния времени суток и погоды на БЭП измерения его сделаны вначале у деревьев I, затем II и далее III категории.

Одновременно с фиксированием БЭП учитывались диаметры деревьев на высоте 1,3 м, средние значения которых составляют в пределах секций на ППП 1/69 по деревьям I категории 7,8—9,2 см, II—4,6—4,9 и III—2,5—2,8 см; на ППП 12/69 они соответственно равны 10,0—10,9; 5,6—6,3 и 3,2—3,3 см. Проведенные сравнения диаметров экспериментальных деревьев с использованием критерия Стьюдента показали, что различие между ними в пределах отдельных категорий несущественно даже на 90%-ном уровне значимости, тогда как величины БЭП различны по категориям деревьев и вариантам опыта (табл. 3). Самое высокое оно на секциях с наиболее высокой степенью рубки ухода, последовательно снижаясь с уменьшением степени разреживания древостоев.

Из результатов наблюдений видно, что у деревьев I категории увеличение БЭП в результате разреживания молодняков незначительно. У деревьев II и III категорий эта зависимость проявляется на обеих пробных площадях, где коэффициенты корреляции соответственно равны на пробной площади 1/69  $0,520 \pm 0,140$  и  $0,722 \pm 0,112$ , а на 12/69 —  $0,483 \pm 0,142$  и  $0,639 \pm 0,125$ . Большая величина коэффициентов корреляции у деревьев III категории по сравнению с деревьями II категории указывает на то, что осветление сильнее проявляется на более угнетенных деревьях, в меньшей мере — на деревьях, кроны которых занимают промежуточное положение, и совсем может не проявиться на доминирующих деревьях. Примером последнего являются деревья I категории на пробной площади 12/69, у которых величина БЭП в связи с разреживанием древостоев почти не изменилась, а у деревьев II и III категорий на секциях Б

и В по сравнению с контролем она увеличилась на 34—86 и 14—105%, достигнув достоверной разницы на 95%-ном уровне значимости только при сильной степени разреживания. При  $t_{0,05} = 2,02 t_{\text{факт.}}$  между величинами БЭП деревьев II категории секций А и Б обеих ППП составляет 2,87, III категории — 3,67, между величинами секций А и В деревьев II категории — 1,35 и деревьев III категории — 1,43. Сравнение влияния степени разреживания на БЭП в процентном отношении указывает, что

Таблица 3. Биоэлектрический потенциал деревьев сосны, спустя 4 года после рубки ухода по вариантам осветления, мВ

Категории деревьев	Секции			
	А	Б	В	Г
Пробная площадь 1/69 (измерение 22/VIII 1973 г.)				
I	10,7 ± 0,99	18,1 ± 0,96	15,7 ± 1,40	15,0 ± 0,63
II	7,9 ± 0,72	10,7 ± 0,78	8,7 ± 0,89	7,9 ± 0,56
III	4,0 ± 0,45	6,9 ± 0,54	4,9 ± 0,31	4,0 ± 0,28
Пробная площадь 12/69 (измерение 11/VIII 1973 г.)				
I	25,4 ± 2,13	26,2 ± 1,69	25,8 ± 1,66	20,8 ± 1,53
II	8,4 ± 1,09	15,6 ± 2,30	11,3 ± 1,26	11,0 ± 1,09
III	5,6 ± 0,42	11,5 ± 1,79	6,4 ± 0,54	5,9 ± 0,68

при средней степени рубки величина БЭП больше увеличивается в сравнении с контролем у деревьев II категории, а при сильной — у деревьев III категории. Слабое разреживание на угнетенные деревья влияния не оказывает, а на деревья II и I категорий влияет в зависимости от их состояния до рубки ухода.

Таким образом, разреживание березово-сосновых молодняков 15—20-летнего возраста в условиях подзоны южной тайги Урала обеспечивает улучшение микросреды, а также повышение жизнестойкости и усиление роста оставшихся деревьев. Однако лесоводственный эффект достигается только при достаточно высокой интенсивности рубки ухода, составляющей не менее 50—60% по числу деревьев. При более низкой интенсивности рубки эффективность ее падает, достигая незначительных значений при интенсивности до 25%. Рубки ухода низкой интенсивности нецелесообразны, они ведут лишь к напрасной потере труда и средств.