

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЕКУЩИЙ ПРИРОСТ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Объективным показателем состояния древостоя является текущий прирост, выражающий количественно влияние внешних факторов среды на рост отдельных деревьев и древостоев. Чтобы оценить влияние промышленных выбросов на леса, необходимо выявить особенности изменения текущего прироста по основным таксационным показателям (диаметру, объёму, высоте). Наиболее «чувствительным» показателем является диаметр дерева, который быстро реагирует на изменения внешних условий и фиксирует их в годичных кольцах. При изучении прироста необходимо учитывать его циклические колебания, которые вызываются комплексом климатических факторов. Чтобы учесть циклические колебания радиального прироста, необходимо определять его в древостоях, испытывающих и не испытывающих воздействие промышленных выбросов. Однако найти контрольные древостои, незагазованные, чтобы их таксационные показатели были бы однородными с загазованными, очень трудно. Поэтому целесообразно сравнение приростов производить не по абсолютной величине, а по относительной. В. В. Антанайтис и В. В. Загреев (1965) рекомендуют в таких случаях рассчитывать индексы прироста и сравнение производить по ним. Индексы дают возможность сравнивать древостои разных пород, разного возраста, произрастающих в разных природных условиях. Индексный метод определения ущерба лесному хозяйству от промышленных выбросов широко применяется в Чехословакии, Швеции и других странах (Фортунатов, 1958).

Анализ влияния промышленных выбросов на радиальный прирост деревьев производили по индексам, рассчитанным по методу средней многолетней скользящей с последующим графическим выравниванием, рекомендуемому Г. Е. Коминым (1970). Полученные таким образом индексы приведены в табл. 1. Данные представлены начиная с 1930 г. Это сделано с целью проверки сходства индексов анализируемых древостоев, так как промышленные выбросы в исследуемом районе осуществляются с 1936 г.

Полученные результаты для отдельных деревьев показали, что изменение прироста по календарным годам, его отложения

Таблица 1

Изменение ширины годичного кольца с возрастом у деревьев сосны

Категория древостоя	Индексы ширины годичного кольца							
	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
Незагазованный Загазованный	8,5	12,9	13,6	8,6	10,1	8,0	9,6	11,5
	8,6	11,6	12,2	9,1	10,3	7,8	9,2	11,6
Незагазованный Загазованный	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
	8,0	10,2	10,4	9,7	14,0	12,0	11,2	10,6
Незагазованный Загазованный	8,1	9,2	8,2	7,6	9,1	9,3	8,0	7,3
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953
Незагазованный Загазованный	11,1	8,8	7,4	8,0	7,7	14,6	13,3	11,5
	7,6	5,1	4,2	4,3	4,0	6,7	7,0	5,9
Незагазованный Загазованный	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
	8,5	7,7	7,4	8,2	7,5	8,2	13,0	10,9
Незагазованный Загазованный	4,7	3,9	3,6	4,0	4,1	4,4	6,7	6,0
	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Незагазованный Загазованный	10,3	10,0	8,0	9,9	8,0	9,3	9,9	13,4
	9,9	5,0	4,8	3,1	4,2	4,3	4,4	5,1
Незагазованный Загазованный	1970	1971	1972	1973	1974			
	11,8	10,2	8,6	8,1	8,0	—	—	—
	5,2	4,4	4,0	3,8	3,8	—	—	—

происходят довольно синхронно как в незагазованном, так и в загазованном древостое. Причем индексы прироста до 1938 г. практически не отличаются. Так, с 1932 по 1938 г. (малый цикл колебания прироста) различие составляет всего 2,1%. Начиная с 1939 г. происходит значительное снижение величины индекса загазованного древостоя. За такой же 6-летний цикл (с 1938 по 1944 г.) отставание составило 24,1%. В последующие периоды изменения величины индексов прироста сопровождались все большими различиями в сравниваемых древостоях. Снижение прироста происходило более или менее равномерно в течение всего периода: за каждый 6-летний цикл на 5—10%. Причем наиболее значительное падение прироста произошло в первые 10—12 лет, и к 1950 г. оно составило уже около 50%. Следовательно, в первые годы промышленные выбросы оказывали наиболее сильное воздействие на лесные насаждения. Затем снижение индексов прироста стабилизировалось, и различие в среднем составляло около 56% с небольшими отклонениями в отдельные годы в ту или другую сторону.

Индексы прироста показывают различия загазованных и незагазованных древостоев, но для определения материального ущерба необходимо установить величину снижения текущего прироста по объему (табл. 2).

Таблица 2

Изменение объемного прироста деревьев сосны с возрастом

Возраст, лет	Прирост деревьев, м ³		Незагазованный древостой
	Зона поражения		
	Сильная	Средняя	
30	0,0015	0,0025	0,0027
40	0,0035	0,0041	0,0052
50	0,0050	0,0053	0,0070
60	0,0062	0,0065	0,0086
70	0,0071	0,0078	0,0098
80	0,0081	0,0089	0,0109
90	0,0088	0,0098	0,0118
100	0,0096	0,0107	0,0126
110	0,0103	0,0119	0,0135
120	0,0112	0,0128	0,0143
130	0,0117	0,0131	0,0148

Деревья из зоны сильного поражения лесонасаждений имеют значительно меньший прирост, чем модальные древостои. Потери в приросте начинаются с 30-летнего возраста, и чем старше древостой, тем разница в абсолютной величине прироста по объему больше; самое большое различие приростов в возрасте 30 лет в зоне сильного поражения — 55,5%. Затем различие стабилизируется и в среднем составляет около 28%. Различия в приросте по объему в древостоях старше 100 лет уменьшается. Это связано с тем, что древостои в возрасте 100 лет и более начали испытывать воздействие газов после кульминации текущего прироста. Поэтому потери прироста в таких древостоях меньше, чем в тех, которые стали испытывать воздействие газов до кульминации прироста.

В средней зоне поражения различия в приросте несколько меньше, чем в сильной, но также значительные. Так, в 30-летнем возрасте различие составляет около 8%, в 60-летнем — 17% и в возрасте свыше 100 лет не превышает 12%. Имея данные текущего прироста по десятилетиям в сильной и средней зоне поражения, можно определить снижение прироста по классам возраста в целом для хозяйства.

Нами (Гальперин, Фимушин, 1975) была разработана классификация деревьев по категориям жизнеустойчивости. На основании показателей текущего прироста и морфологических признаков было выделено пять категорий: I — здоровые, II — ослабленные, III — усыхающие, IV — сухoverшинные, V — сухостойные.

Индексы прироста значительно отличаются у деревьев разных категорий жизнеустойчивости. Закономерность изменения прироста деревьев I—IV категорий жизнеустойчивости четко проявляется сходством календарных дат индексов. Деревья I и II категорий жизнеустойчивости имеют наиболее изменчивые показатели индексов прироста. Деревья III и IV категорий жизнеустойчивости

слабо реагируют на изменения природных явлений, их линии на графике более плавные, без резких отклонений.

Различия в приросте деревьев по категориям жизнеустойчивости значительные. Так, деревья II категории составляют 70,6%, III — 64,7% и IV — 23,5% от прироста деревьев I категории. Деревья IV категории жизнеустойчивости имеют радиальный прирост, близкий по величине к приросту V категории (сухостойные) в последние годы жизни. Следовательно, деревья IV категории жизнеустойчивости должны погибнуть в ближайшее время, т. е. они являются «кандидатами» на отмирание.

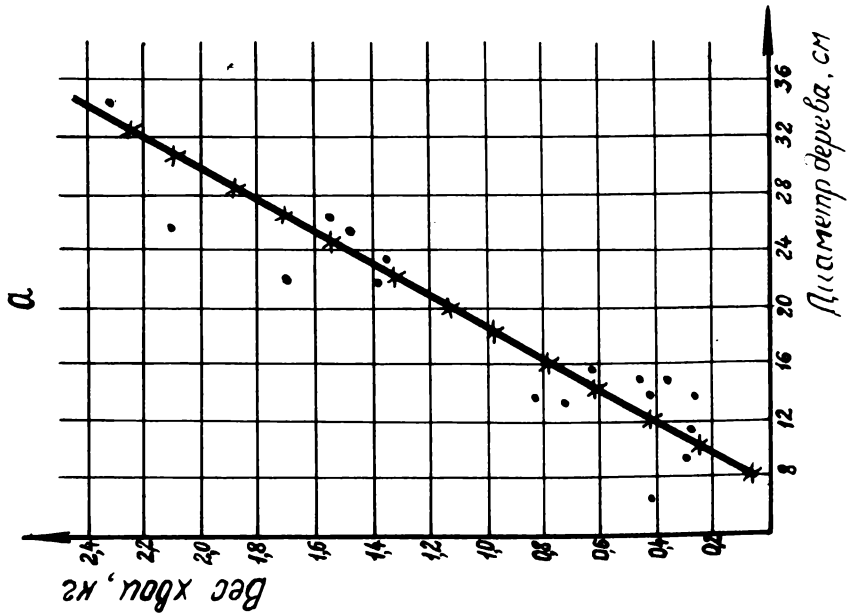
Деревья III категории жизнеустойчивости отличаются разнообразными ритмами колебания радиального прироста. Одна группа деревьев сохраняет радиальный прирост на определенном уровне, близком к среднему значению для этой категории деревьев. Другая группа деревьев имеет явно выраженную тенденцию к снижению прироста. Снижение прироста у части деревьев III категории жизнеустойчивости влечет переход их в низшую категорию и последующее отмирание.

Размер радиального прироста зависит от многих факторов, но одним из важных является ассимилирующая поверхность кроны. Чем больше хвои в кроне дерева, тем выше прирост по диаметру. Вес хвои зависит не только от индивидуальных особенностей дерева (диаметра, высоты), но и от того, в каких условиях оно растет. Так, вес хвои деревьев по зонам поражения существенно отличается. Вес хвои среднего дерева в зоне сильного поражения составляет всего 49% от веса хвои дерева таких же размеров в зоне слабого поражения, в средней зоне этот показатель равен 62%. Прирост деревьев находится в тесной корреляционной зависимости от веса хвои.

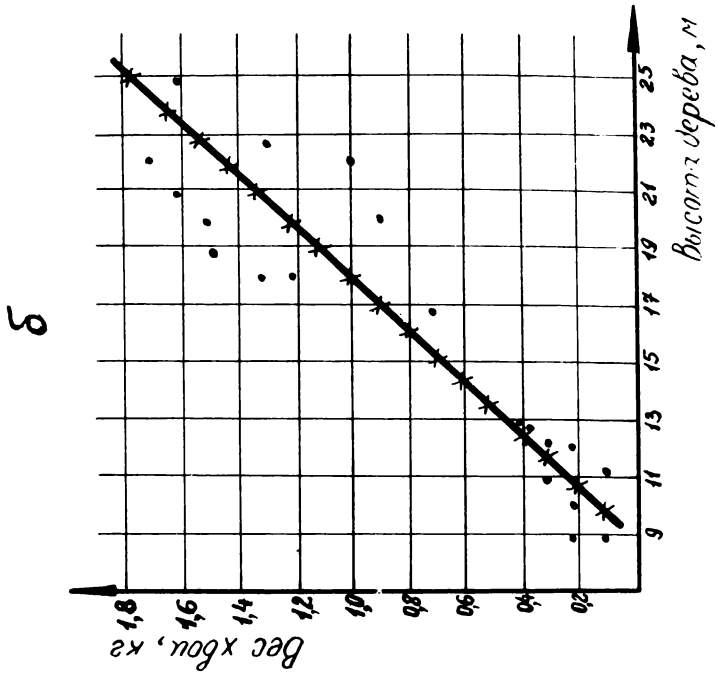
Диаметр дерева показывает накопление годичного прироста за многолетний период жизни. Ширина годичного кольца отражает жизнедеятельность дерева за прошедший период, по нему можно предсказать изменения в будущем. Ежегодное приращение древесины зависит от многих причин, главная из них — фотосинтезирующая способность кроны. На интенсивность фотосинтеза оказывают влияние размер и состояние ассимилирующей поверхности дерева, климатические факторы, а в лесах пригородных зон иногда решающим фактором является состояние воздушного бассейна. Изучение взаимосвязей между приростом и таксационной характеристикой кроны дерева позволит точнее и объективнее судить о жизнедеятельности деревьев.

Рост дерева по диаметру происходит за счет продуктов фотосинтеза текущего года (Чжан Ши-Цзюй, 1970), поэтому имеет большое значение выявление зависимости прироста по диаметру, объему и высоте от размеров кроны и веса хвои деревьев.

Корреляционный анализ зависимости текущего прироста по



Зависимость веса хвои от диаметра (а) и высоты (б) дерева



объему от веса хвои выявил прямолинейную связь. Коэффициент корреляции, равный $0,91 \pm 0,043$, и корреляционное отношение $0,93 \pm 0,039$ указывают на очень тесную зависимость объемного прироста от ассимилирующей поверхности кроны дерева.

Связь текущего прироста по объему выражается уравнением прямой $y = 2,35x - 3,1$. Корреляционные уравнения, выражающие связь между двумя случайными величинами, дают возможность вычислить вероятные значения одной случайной величины в зависимости от другой.

Вычисление вероятностных значений по корреляционным уравнениям очень важно, особенно в тех случаях, когда непосредственное определение значений изучаемой случайной величины сопряжено с большими трудностями. В практическом плане большой интерес имеет зависимость веса хвои от диаметра и высоты дерева. Определение веса хвои деревьев сопряжено с большими трудозатратами. Поэтому выявленная корреляционная зависимость и уравнение связи позволяют значительно сократить объем полевых работ, не снижая точности определения показателя.

На основании корреляционной зависимости и уравнения связи построен график зависимости веса хвои от диаметра дерева (рис. а). По этому графику для любого диаметра можно определить вес хвои, что позволяет установить общий запас хвои на 1 га. Аналогичным способом построен график зависимости веса хвои от высоты дерева (рис. б). Так как вес хвои находится в более тесной корреляционной зависимости ($r_d = 0,95 \pm 0,018$, $\eta_d = 0,96 \pm 0,014$) от диаметра дерева, чем от высоты ($r_h = 0,80 \pm 0,064$ и $\eta_h = 0,88 \pm 0,039$), то опытные данные располагаются ближе к теоретической линии. Этот график служит наглядной иллюстрацией прямолинейной зависимости веса хвои от диаметра дерева.

Коэффициент линейности связи веса хвои с диаметром несколько выше, чем с высотой дерева, но остается достоверным на 95%-ном уровне значимости. Поэтому здесь шире разброс точек около прямой на графике.

Размер ассимилирующей поверхности зависит от объема кроны, который определяется диаметром и протяженностью по стволу дерева. Чтобы выяснить тесноту связи прироста по диаметру дерева с размерами кроны, формой и местом расположения ее в древесном пологе, на основе материалов пробных площадей в незагазованных древостоях произвели анализ корреляционной зависимости и рассчитали уравнения связи прироста с диаметром и длиной кроны. Зависимость прироста по объему от диаметра кроны показана на рисунке и выражается в общем случае кривыми второго порядка, например:

$$y = -0,0086x^2 + 0,0844x - 0,0693.$$

Теснота корреляционной связи с возрастом изменяется незна-

чительно, пределы колебания составляют от $0,91 \pm 0,044$ в молодняках до $0,62 \pm 0,015$ в спелых древостоях. Корреляционное отношение во всех случаях достоверно ($t > 3$). Корреляционная связь прироста по диаметру тоже тесная, но пределы колебания корреляционного отношения значительно больше, чем прироста по объему. Теснота связи в молодняках до 40 лет слабая, с возрастом увеличивается и в спелых древостоях составляет $0,76 \pm 0,11$. Корреляционная связь прироста по высоте находится в тех же пределах, что и связь прироста по диаметру.

Зависимость текущего прироста по объему от длины, как и от диаметра кроны, очень тесная, но несколько ниже. Пределы колебания корреляционного отношения составляют от $0,59 \pm 0,012$ до $0,94 \pm 0,030$. Эта зависимость выражается также параболой второго порядка. Для отдельных вариантов были получены уравнения третьего порядка, но они не являются характерными для этой связи и в дальнейших расчетах не использовались.

Связь прироста по высоте с длиной и диаметром кроны находится на одном уровне тесноты, пределы колебания корреляционного отношения от $0,46 \pm 0,020$ до $0,89 \pm 0,050$. Связь длины кроны с приростом по диаметру несколько выше, чем прироста по высоте. Пределы колебания корреляционного отношения от $0,42 \pm 0,21$ до $0,91 \pm 0,040$. Во всех рассмотренных примерах корреляционное отношение достоверно, что указывает на возможность использования уравнений связи при расчете приростов по таксационной характеристике кроны.

Таким образом, изученные особенности изменения текущего прироста в сосновых древостоях под влиянием антропогенных факторов и его зависимость от таксационных показателей кроны дерева могут быть использованы для оценки состояния деревьев в лесопарковых насаждениях, при проведении рубок ухода за лесом и формировании лесопарковых ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 240 с.
Гальперин М. И., Фимушин Б. С. Использование связи прироста деревьев по диаметру с размерами их крон для оценки жизнеустойчивости пригородных сосновых древостоев // Текущий прирост древостоев. Минск, 1975. С. 133—136.

Комин Г. Е. Определение отпада в древостоях дендрохронологическим методом // Экология, 1970. № 2. С. 104—106.

Фортунатов И. К. Критический обзор американских работ по влиянию дымов и газов на леса // Доклады ТСХА. 1958. Вып. 36. С. 195—199.

Чжан Ши-Цзюй. Связь прироста дерева по диаметру с особенностями его кроны как основа для классификации деревьев в лесу (на примере ясеня обыкновенного в Телермаковской нагорной дубраве) // Взаимоотношения компонентов биогеоценозов в лиственных молодняках. М., 1970. С. 200—224.