

4. ЛЕСНАЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

УДК 630*425

С.Л. Менщиков, В.Э. Власенко, К.Е. Завьялов
(Ботанический сад УрО РАН)

СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЛОКАЛЬНЫХ ОЧАГАХ ВОЗДУШНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Приводятся количественные данные о динамике жизненного состояния сосновых лесов в условиях локального загрязнения в Красноуральском и Рефтинском промузлах Свердловской области. Выявлена неоднородная зависимость между визуальными признаками повреждения деревьев и их среднегодовым приростом по диаметру. Установлено, что снижение приростов по диаметру надежно улавливается в средние и сильно поврежденных древостоях (степень дефолиации более 40-50%) под воздействием промышленного загрязнения.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал возросший интерес к жизненному состоянию лесов в мире, особенно в Западной Европе. Этот интерес нашел правительственную поддержку исследований в отдельных странах на фоне роста широкомасштабного ухудшения состояния лесного фонда, происходящего в последние 30 лет (Innes, 1988).

Хотя оценочные методы витальности лесов отличаются в разных странах, растет потребность в их стандартизации. В число наиболее популярных и научно обоснованных показателей входят: дефолиация кроны деревьев, дехромация ассимиляционного аппарата, санитарное состояние деревьев, срок жизни хвой и т.д. По мере роста информации проводится уточнение классификаций с последующим оформлением рекомендаций (Manual..., 1986, 1994). Выбор данных показателей обусловлен высокой корреляцией классов дефолиации с показателями роста деревьев.

Так, в работе P. Nojd (1988) установлена зависимость между классами дефолиации и средним приростом по диаметру хвойных деревьев. При этом отмечено, что заметное визуально повреждение (с дефолиацией 41-50%) приводило к снижению прироста диаметра почти на 20%. В работе M. Salemae et al (1988) отмечена отрицательная корреляция между классами дефолиации и параметрами роста хвойных и лиственных деревьев. Положительная зависимость получена между классами дефолиации и количеством поврежденных ветвей и значением импеданса у ели европейской. Кроме того, в работах K. Hansen (1997) была сделана попытка установления не прямой зависимости между степенью потери листвы (хвой) деревьев и физическими и химическими свойствами почвы. В частности: рН, со-

держание азота, калия, кальция, натрия и др. Установлена наиболее тесная связь между классами дефолиации и содержанием NO_3 в почве.

Несмотря на это, в последнее время появились работы, в которых при изучении зависимости между визуальными показателями состояния и приростом деревьев отмечалось, что в одних случаях более низким классам дефолиации (15-25%) соответствует значительное снижение прироста диаметра по сравнению с 15% дефолиации (Mahger, 1988). В других случаях отмечено увеличение прироста диаметра при 25-40% дефолиации (Schmid-Naas, 1988). И соответственно рекомендуется разграничение между поврежденными и неповрежденными деревьями использовать в диапазоне классов дефолиации 10-15%, а не 25-40%.

Цель нашей работы – исследовать связь между показателями жизненного состояния сосновых древостоев с радиальным приростом в условиях аэротехногенного загрязнения на Среднем Урале.

Исследования проводились на двух полигонах в зонах действия Красноуральского медеплавильного комбината (КМК) и Рефтинской ГРЭС (РГРЭС). Выбор данных объектов для сравнительного анализа объясняется их достаточной изученностью, сравнимыми по составу и объему газообразных выбросов и разными по твердым. Здесь были организованы полигоны с сетью постоянных пробных площадей (4 – в районе КМК, 10 – в районе РГРЭС) в направлениях преобладающих ветров, на которых выполнены сопряженные исследования растительности и биогеохимического фона.

По лесорастительному районированию (Колесников, 1973) территория Красноуральского промузла приурочена к Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области, Зауральской холмисто-предгорной провинции, южнотаежному округу. Рефтинский промузел – к западной части Зауральской равнинной провинции, округу сосново-березовых предлесостепных лесов. На объектах исследований доминируют дерново-подзолистые суглинистые почвы. Погодные условия благоприятны для успешного произрастания лесной растительности, в том числе сосны, ели, березы и т.д. Это подтверждается и высокой производительностью лесных насаждений – I-II классами бонитета.

В районе КМК преобладают чистые, с примесью березы, осины, ели, спелые и приспевающие, одноярусные и разновозрастные сосняки. Наиболее распространенные типы леса – разнотравные. Класс бонитета насаждений – в основном II, полнота 0,5-1,1, средний возраст 80-120 лет. В районе Рефтинской ГРЭС исследуемые древостои имеют возраст от 110 до 130 лет, являются чистыми – сосна преобладает в составе по запасу от 76 до 100%. Для всех древостоев на пробных площадях характерна высокая производительность на границе I и II классов бонитета, относительная полнота варьирует в пределах от 0,8 до 1,1.

На постоянных пробных площадях исследования древостоев проводились в соответствии с ОСТ 56-69-83 (1983) с наличием не менее 200 деревьев основного элемента древостоя и размером не менее 0,2 га, а также методическими указаниями Н.П. Анучина (1984), А.А.Молчанова и В.В.Смирнова (1967). На ППП был произведен полный перечень растущих и сухостойных с точностью 0,1 см (Соколов, 2000), сделаны геоботанические описания и анализы почв.

Визуальные признаки повреждения деревьев определяли по следующим показателям: оценка жизненного состояния (балл); изменение окраски хвои кроны (%); дефолиация кроны (%); срок жизни хвои (лет), используя методические требования из «Инструкции по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР» (1983). Параллельно использовалась «Методика по организации и проведению работ по мониторингу лесов СССР» (1995), составленная на основе «Draft...» (1986).

Для построения дендрохронологических рядов на пробных площадях отбирались керны с помощью возрастного бура с 20 деревьев сосны разного класса Крафта. Учитывалось жизненное состояние деревьев. Обработка кернов проводилась в лабораторных условиях с использованием бинокулярного микроскопа МБС-9, ширина колец измерена с точностью 0,01 мм.

Математическая обработка материала проведена методами статистического анализа на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel – V. 7.0 и Statistica V. 5.0.

Ранжирование насаждений на пробных площадях в районе Рефтинской ГРЭС по жизненному состоянию деревьев показало, что большинство из них относится к слабо поврежденным, В-3 и ЮВ-1 – средне поврежденным (таблица). За период наблюдений худшими годами по данному показателю были 1995 и 1999 гг. По степени дефолиации кроны максимальное повреждение в 1995 г. обнаружено в 11 км на восток (В-11): средний процент дефолиации – 40,4%, индекс санитарного состояния – 2,8, дехромация – 12,7%. В здоровых (30–40 км от ГРЭС) средний процент дефолиации – 6,3–9,4%, дехромации – 13,4–16,4% (см. таблицу).

Обследование жизненного состояния сосновых насаждений в 1999 г. показало, что жизненный статус деревьев незначительно ухудшился на всех пробных площадях по сравнению с периодом наблюдений 1993–1995 гг. По степени дефолиации максимальные значения отмечены на ППП В-3, В-7, ЮВ-1, ЮВ-17 – до 36–40%. Аналогичная зависимость сохраняется при анализе степени дехромации хвои, здесь значения этого показателя варьируют от 22 до 30%. По санитарному состоянию выявлено ухудшение жизненности древостоев на 0,3–1,0 единицы.

Динамика жизненного состояния основных древостоев в Рефтинском промузле.

№ ГПП	Год исследования	Индекс повреждения			Дефолиация, %			Дехромация, %		
		2	3	4	4	5	5			
Восточное направление										
В-3	1993		2,27		28,4		15,5			
	1995		2,40		34,5		-			
	1997		2,50		33,4		8,5			
	1999		2,50		45,0		22,5			
В-7	1993		2,05		15,7		9,8			
	1995		2,29		33,8		-			
	1997		1,99		20,6		6,5			
	1999		2,30		29,6		16,6			
В-11	1993		1,98		17,7		10,8			
	1995		2,05		20,4		-			
	1997		2,08		25,0		5,8			
	1999		2,25		28,9		14,8			
В-17	1993		-		-		-			
	1995		-		-		-			
	1997		1,76		27,2		5,7			
	1999		2,09		33,2		21,5			

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
		Юго-восточное направление		
ЮВ-1	1993	2,20	22,6	12,6
	1995	2,40	2,90	-
	1997	2,30	33,7	7,8
	1999	2,69	42,3	26,4
ЮВ-3	1993	2,05	20,5	16,6
	1995	2,40	24,2	-
	1997	2,05	31,4	8,8
	1999	2,31	30,3	17,4
ЮВ-7	1993	1,59	15,5	7,0
	1995	2,20	22,0	-
	1997	2,09	31,9	7,7
	1999	2,20	31,0	17,0
ЮВ-11	1993	1,91	16,1	8,1
	1995	2,31	27,2	-
	1997	2,35	27,9	5,8
	1999	2,45	36,6	14,9
ЮВ-17	1993	1,92	19,1	9,6
	1995	2,40	31,8	-
	1997	1,69	21,3	5,5
	1999	2,35	38,3	30,5
ЮВ-20	1993	1,65	10,1	11,8
	1995	2,20	22,7	-
	1997	1,20	11,7	5,7
	1999	1,71	28,2	17,2

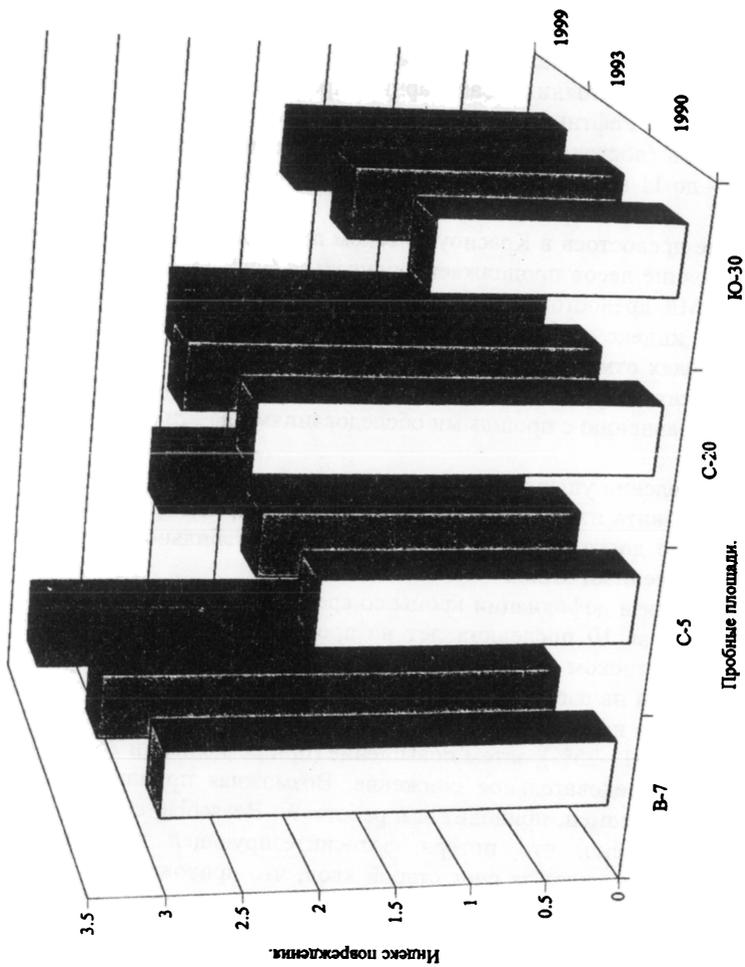


Рис. 1. Динамика жизненного состояния сосны (КМК).

Оценка жизненного состояния древостоев сосны в районе Рефтинской ГРЭС показала, что наблюдаются два максимума воздействия аэротехногенных выбросов ГРЭС на леса - в 1-3 км и 11-17 км в восточном и юго-восточном направлениях. Первый вызван сильным пылением золоотвалов, второй – максимумом оседания на данном удалении дымогазовых выбросов из труб.

Исходя из данных шкалы состояния древостоев по показателям индекса санитарного состояния (Санитарные правила..., 1990) сосновые древостой в районе Рефтинской ГРЭС подразделяются в сторону господствующих ветров (восток, юго-восток) на следующие категории: средние ослабленные - до 11 км, ослабленные – до 17 км, слабо ослабленные – более 20 км.

Изучение древостоев в Красноуральском промузле показало, что санитарное состояние лесов продолжает ухудшаться (рис. 1). Так, на удалении 7 км от КМК древостой приблизились к категории усыхающих насаждений – индекс санитарного состояния составил 3,5. На остальных пробных площадях отмечено увеличение этого показателя на 0,2-0,3 единицы. По степени дефолиации и дехромации кроны сосны существенных изменений по сравнению с прошлыми обследованиями на этих участках не выявлено.

Для определения ущерба лесам с точки зрения потери продуктивности важно установить параметры (средний индекс повреждения, дефолиация и т.д.), после достижения которых начинается стабильное снижение прироста и повышенный отпад.

Изучение связи дефолиации кроны со среднегодовым приростом сосны по диаметру за 10 последних лет на пробных площадях в Красноуральском и Рефтинском промузлах показало неоднозначность ответной реакции древостоев на аэротехногенную нагрузку по данным показателям (рис. 2, 3). Сначала на всех ППП идет резкое снижение прироста по диаметру (дефолиация 11-25%), затем повышение (при дефолиации 26-40%) и в дальнейшем последовательное снижение. Возможная причина, объясняющая данный феномен, приводится в работе W. Beyschlag et al. (1994). Авторами установлено, что потеря фотосинтезирующей поверхности хвойными деревьями идет за счет старой хвои, что приводит к увеличению уровней ФАР внутри изреженных кроны. И за счет высокой фотосинтетической активности молодой хвои происходит компенсация снижения ожидаемого радиального прироста. Кроме того, можно ожидать положительного влияния потери старой хвои на более эффективное использование воды деревьями.

Таким образом, полученные результаты на данном этапе исследований показали, что снижение приростов по диаметру надежно улавливается

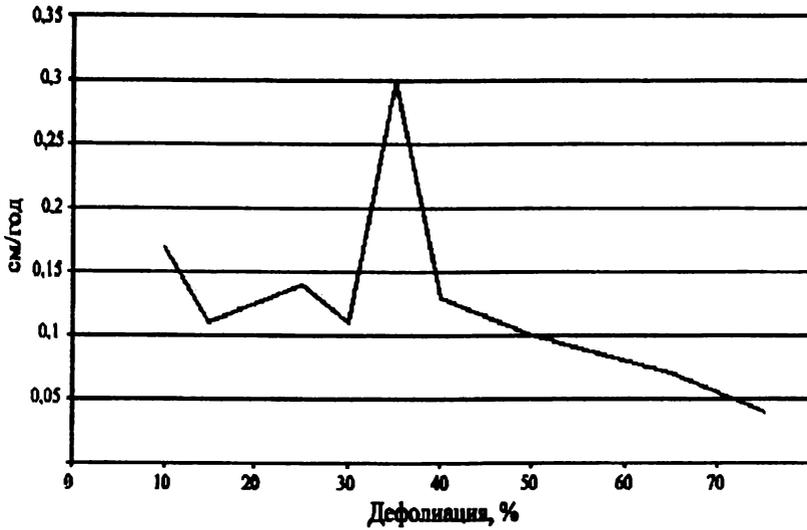


Рис. 2. Отношение между дефолиацией и среднегодовым приростом диаметра сосны (1991-1999) в районе РГРЭС

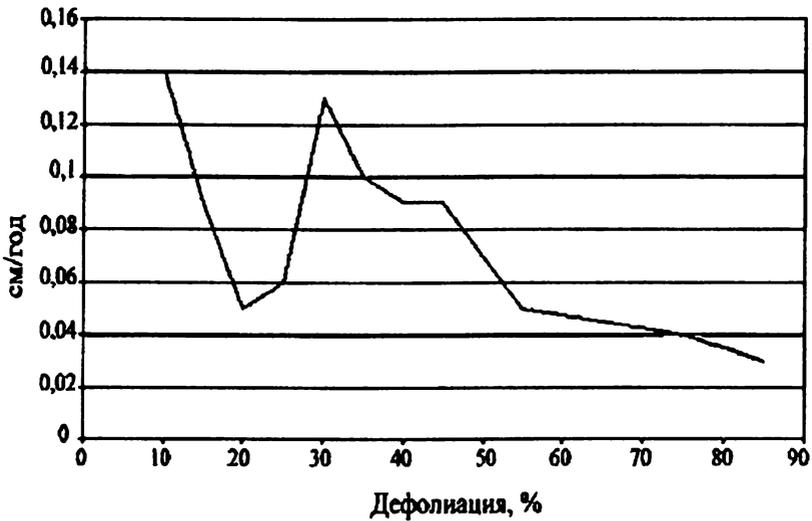


Рис. 3. Отношение между дефолиацией и среднегодовым приростом диаметра сосны (1989-1999) в районе г. Красноуральска

в средне и сильно поврежденных древостоях (степень дефолиации более 40-50%) под воздействием промышленного загрязнения. Здесь же начинается и повышенный отпад. Установленные данные имеют большое методическое значение при оценке ущерба лесным насаждениям в зонах повреждения и позволяют оценочными (визуальными) методами на этапе рекогносцировочного обследования выделять участки леса, подлежащие учету с точки зрения потери продуктивности. Класс повреждения с дефолиацией 26-60% (по методике ЕЭК ООН) необходимо подразделить на два класса - 26-40% и 41-60%.

Библиографический список

- Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 552 с.
- Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР. Госком. СССР по лесному хозяйству; В.О. «Леспроект». М., 1983. 181 с.
- Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: Практ. руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
- Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН). М., 1995. 42 с.
- Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.
- Санитарные правила в лесах СССР. М., 1990. 16 с.
- Соколов С.А. Таксация и лесоустройство. Термины, понятия, определения: Учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТА, 2000. 97 с.
- ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. М.: ЦБНТИлесхоз, 1983. 31 с.
- Beyschlag W., Ryel R.J., Dietsch C. Shedding of older needle age classes does not necessarily reduce photosynthetic primary production of Norway spruce // *Trees*, 1994. P. 51-59.
- Draft manual of methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Freiburg, 1986. 96 p.
- Hasen K. The Danish forest condition survey. Existing and future networks // *Crown Condition Assessment in the Nordic Countries. Proceedings from an Intercalibration Course for Northern Europe on Crown Condition Assessment, 24-25 June 1997, Norway*. P. 11-15.
- Innes J.L. Forest health surveys: problems in assessing observer objectivity // *Can. J. For. Res.* 1988. Vol. 18. P. 560-565.
- Mahrer F. Problems in the determination and interpretation of needle and leaf loss // *Air pollution and Forest Decline* (J.B.Bucher and I.Bucher-Wallin,

eds.) Proc. Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P. 2.05, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf, Vol. 1. P. 229-231.

Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analyses of the effects of air pollution on forests. Hamburg-Geneva: Programm. Coordinating Centers / UN-ECE, 1986. 97 pp.

Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analyses of the effects of air pollution on forests. Hamburg-Prague: Programm. Coordinating Centers / UN-ECE 1994. 177 pp.

Nojd P. The correlation between estimated needle loss and diameter increment. Preliminary results // Air pollution and Forest Decline (J.B.Bucher and I.Bucher-Wallin, eds.) Proc. Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P. 2.05, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf. Vol. 2. P. 489.

Salemae M., Jukola-Sulonen E. Visually estimated defoliation class vs. other condition variables in *Picea abies* // Air pollution and Forest Decline (J.B.Bucher and I.Bucher-Wallin, eds.) Proc. Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P. 2.05, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf. Vol. 2. P. 513.

Schmid-Haas D. Do the observed needle losses reduce increments? // Air pollution and Forest Decline (J.B.Bucher and I.Bucher-Wallin, eds.) Proc. Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P. 2.05, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf. Vol. 1. P. 271-275.