

УДК 551.4 : 574

Эрна АННУКА, Юри РАУК

ХВОЙНЫЕ ДЕРЕВЬЯ — ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ПРОМЫШЛЕННОМ ЛАНДШАФТЕ

Вызванные деятельностью человека изменения химического состава воздуха в известных пределах могут способствовать развитию некоторых биотических элементов ландшафта, но вызывают их стрессовое состояние в случае превышения допустимых норм. Одни элементы ландшафта могут, не повреждаясь, аккумулировать большие количества загрязнителей воздуха, другие же реагируют острым ухудшением состояния даже при небольшой эмиссии. Последние позволяют приблизительно оценивать распространение загрязняющих веществ. Хвойные деревья из-за наличия долговечных ассимиляционных органов подвергаются загрязнителям круглогодично, и их регенерационная способность в связи с этим мала. Они очень чувствительны к промышленной эмиссии, что отражается на изменении внешнего вида хвои и жизнеспособности всего растения. Определить состав конкретных загрязнителей по изменениям морфологических особенностей довольно трудно, поскольку симптомы повреждений не строго специфичны (Halbwachs, 1971). Кроме того, загрязнителем редко является одно вещество, обычно это смесь сложного состава, концентрация которого может изменяться в течение не только дня, но даже часа. Состояние хвойных достаточно убедительно показывает именно суммарное воздействие промышленных газообразных выбросов.

Предельные концентрации, при превышении которых растение повреждается, до настоящего времени экспериментально определялись лишь по отдельным загрязнителям, влияние многокомпонентных смесей стало изучаться недавно (Енсен, 1982). Большая изменчивость загрязнителей усложняет эту работу. Кроме того, влияние эмиссии зависит в основном от характера конкретного ландшафта (рельефа, метеорологических условий, структуры угодий, состава и режима почв), в связи с чем большое значение приобретают региональные исследования.

В качестве индикаторов распространения промышленной эмиссии в северо-западной части ЭССР в области влияния горно-химической промышленности мы использовали ель обыкновенную *Picea abies* и сосну обыкновенную *Pinus silvestris*. Состояние деревьев оценивали визуальным методом и исследовали изменения радиального прироста за период существования промышленного комплекса.

Ландшафт в зоне влияния промышленного комплекса — равнинный. Это известняковое плато, покрытое маломощными четвертичными отложениями, и предглинтовая низина, покрытая отложениями различных стадий Балтийского моря (рис. 1). Местами переход от плато к равнине резкий, в виде уступа высотой до 20 м, там воздействие промышленной эмиссии незначительно, поскольку вблизи уступа хвойных мало. Предглинтовая низина в основном переувлажнена. Здесь на дерново-

Глеевых и дерново-подзолистых почвах распространены заболоченные луга и сосняки, а также смешанные сосново-березовые и лиственные леса и рощи, полей мало. Близость столицы определила на предглинтовой низине возникновение зоны отдыха и садоводства. Известняковое плато вспахано или занято небольшими лесными массивами на более мощных четвертичных отложениях. Широко распространены альвары. Лесистость известнякового плато составляет всего 2, предглинтовой низины — 12%. Из хвойных доминирует сосна, ель встречается небольшими группами или одиночно.

Химический завод расположен на границе известнякового плато и предглинтовой низины, месторождения фосфорита и карьеры расположены на плато.

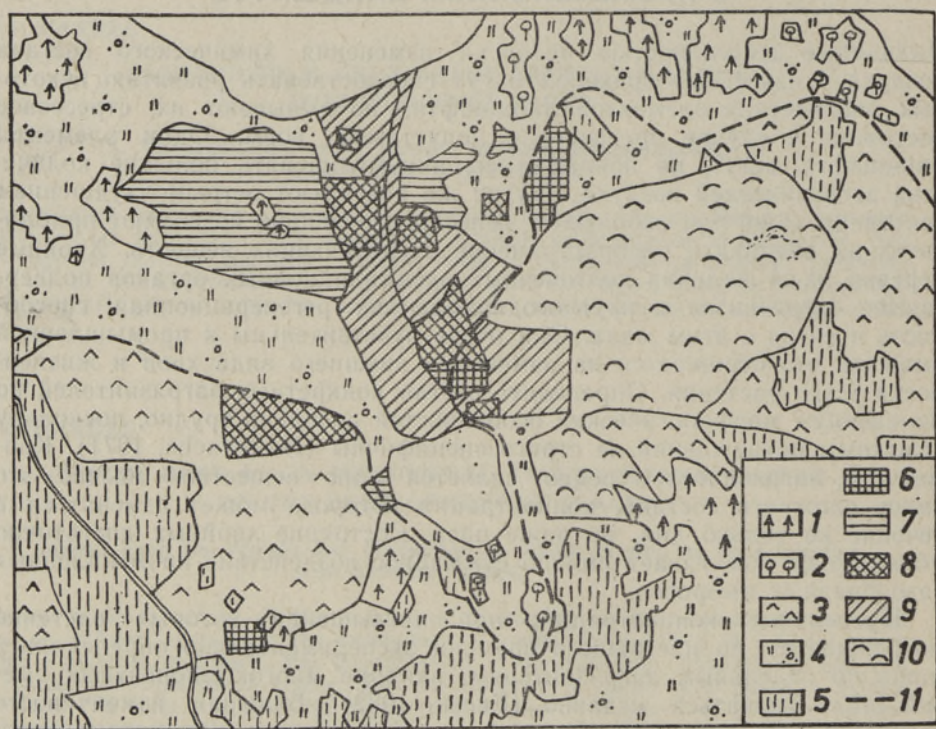


Рис. 1. Ландшафты окрестности Маарду.

Лесные ландшафты: 1 — осушенные болотные равнины с болотным сосняком на торфянистых почвах; песчаные равнины с сосновым бором на оподзоленных почвах, 2 — абрадированные моренные равнины с березово-сосновым и лиственным лесом на глееватых оподзоленных почвах и осушенные болотистые равнины с лиственным лесом на глеевых оподзоленных почвах. **Сельскохозяйственные ландшафты:** 3 — известняковые равнины с пастбищами на маломощных карбонатных почвах (альвары), 4 — осушенные луга и лесолуга песчаной морской равнины с глево-оподзоленными почвами и абрадированные моренные равнины с лугами и лесолугами на глееватых выщелоченных почвах, 5 — распаханное известняковое плато с карбонатными почвами и абрадированные моренные равнины с лугами и лесолугами на выщелоченных карбонатных почвах. **Селитебные ландшафты:** 6 — городское многоэтажное поселение на платообразной абразионно-аккумулятивной равнине, 7 — городское садовое малоэтажное рекреационное поселение на морской песчаной равнине. **Промышленные ландшафты:** 8 — промышленные сооружения на морской песчаной равнине, 9 — промышленная пустошь на морской песчаной равнине и известняковой равнине, 10 — карьеры с отвалами и рекультивированные карьеры на известняковой и болотной равнинах, 11 — граница предглинтовой равнины (морской песчаной равнины) и известнякового плато.

Распространение промышленной эмиссии зависит от климатического фактора. По данным Таллинской метеостанции, в этом районе преобладают ветры южных румбов (рис. 2). Наиболее сильные ветры дуют с юго-запада.

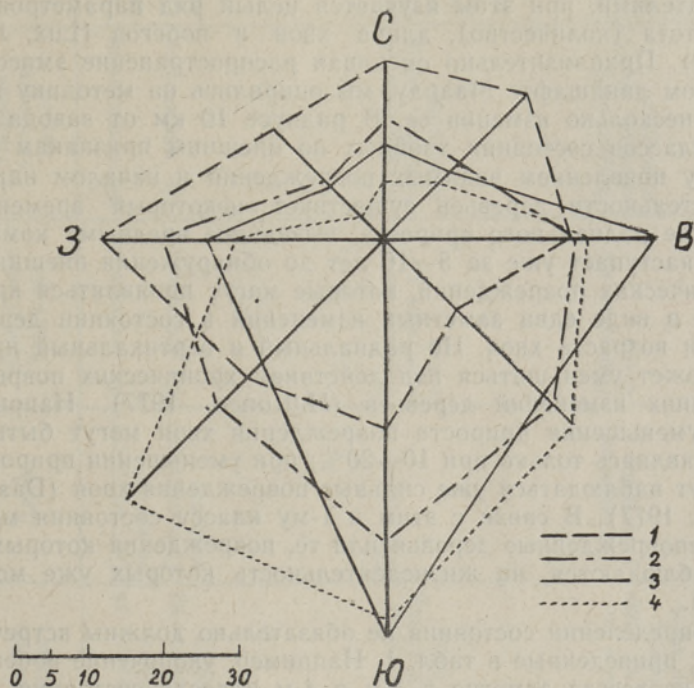


Рис. 2. Повторяемость направления ветра в 1969—1980 гг. на метеостанции Таллин. 1 — май—сентябрь, 2 — декабрь—март, 3 — апрель—ноябрь при относительной влажности $\geq 90\%$, 4 — сентябрь—ноябрь при относительной влажности $\geq 90\%$.

Среднегодовое количество осадков — 550 мм, 70% из них выпадает в виде дождя (чаще всего ливневого). 26% осадков сопровождаются юго-западными и 23% южными ветрами. По сравнению с центральной частью республики, амплитуда температур здесь меньше, относительная влажность в весенне-летний период выше из-за близости моря.

Нижняя температура видимой ассимиляции для ели от -2 до -3 (Zeller, 1951), для сосны -6°C (Freeland, 1944). Поэтому вегетационным периодом на исследуемой территории принят отрезок времени с апреля по декабрь.

Промышленный комплекс. Согласно инвентаризации источников выбросов вредных веществ в атмосферу, проведенной Маардуским химзаводом, 52% эмиссии завода составляет SO_2 , 29% — неорганическая пыль. Доля азотных окислов довольно велика, фтористого водорода — мала, но учитывая его большую токсичность (превышает токсичность SO_2 и окислов азота), очевидно, что из всех газообразных выбросов химзавода соединения фтора наиболее опасны. Граница безопасной для хвойных деревьев средней суточной концентрации фтора ($0,005 \text{ мг/м}^3$, Guderian, 1977) проходит гораздо дальше от завода, чем соответствующая граница для SO_2 . Суммарное воздействие нескольких загрязнителей не исследовалось, но считается, что опасность повреждения при этом возрастает (Guderian, 1977).

По данным измерительного поста, расположенного в 2 км северо-восточнее завода, замечена тенденция к уменьшению концентрации всех составляющих за последние пять лет.

Оценка жизненного состояния хвойных деревьев. Состояние хвойных в качестве индикатора техногенной нагрузки применяется многими исследователями, при этом изучается целый ряд параметров: возраст, цвет, густота (количество), длина хвои и побегов (Lух, 1965; Jokinen, 1972). Приблизительно оценивая распространение эмиссии в промышленном ландшафте Маарду, мы опирались на методику названных авторов, несколько изменив ее. В радиусе 10 км от завода мы выделили 5 классов состояния хвойных по внешним признакам (табл. 1).

Между появлением видимых повреждений и началом нарушений в жизнедеятельности деревьев существует некоторый временной шаг. Замедление радиального прироста, вызванное вредными компонентами воздуха, наступает уже за 5—10 лет до обнаружения внешних признаков хронических повреждений, которые могут проявляться крайне слабо, лишь в виде едва заметных изменений в состоянии деревьев или в падении возраста хвои. Но радиальный и вертикальный прирост деревьев может уменьшиться под действием хронических повреждений и без внешних изменений деревьев (Huttunen, 1977). Например, при 5—10% уменьшении прироста повреждения хвои могут быть незаметными, выявляясь только при 10—20%; при уменьшении прироста свыше 20% могут наблюдаться уже сильные повреждения хвои (Dässler, 1976; Huttunen, 1977). В связи с этим к 1-му классу состояния мы отнесли совсем неповрежденные деревья или те, повреждения которых визуаль-но не наблюдаются, но жизнедеятельность которых уже может быть нарушена.

При определении состояния не обязательно должны встречаться все признаки, приведенные в табл. 1. Например, укорочение побегов и длины хвои не всегда заметно в 3-м и 4-м классах состояния, не всегда наблюдается и высыхание верхушки дерева. Несимметричность кроны может являться признаком загрязнения, если она проявляется наиболее четко со стороны источника загрязнения, но это не обязательный признак 3-го или 4-го класса. При оценке возраста, длины хвои и побегов учитывается не менее 75% кроны.

При визуальной оценке состояния по морфологическим признакам необходимо учитывать возраст деревьев. В общем случае загрязнение ускоряет старение деревьев, но необходимо учитывать, что сухие ветви встречаются на старых деревьях и в незагрязненных районах, поэтому по одному этому признаку нельзя судить о повреждении деревьев вследствие аэрозагрязнения.

Период наблюдений за жизненным состоянием не должен быть слишком длительным, поскольку комплекс морфологических признаков деревьев изменяется в течение вегетационного периода.

Для определения состояния хвойных наиболее подходящее время — конец лета или осень, поскольку молодые побеги и хвоя весной и в начале лета могут скрыть истинную картину повреждений. Наблюдения лучше проводить в ясную погоду, когда легче отличить окраску хвои, и по возможности одними и теми же людьми, поскольку визуальная оценка состояния основывается на сравнении деревьев.

В пределах промышленного ландшафта Маарду леса мало, поэтому для наблюдений, кроме лесных массивов, использовали и хвойные деревья, произрастающие одиночно или небольшими группами. В лесных массивах древостой оценивался методом пробных участков (размером 50×50 м и промежутками в 100 м). На исследуемой территории большинство деревьев среднего возраста, они имеют интенсивный радиальный и вертикальный прирост и весьма чувствительны к воздушным за-

Класс состояния	Возраст, лет	Хвоя					Побеги			Дерево в целом	
		Окраска	Густота	Длина	Расположение	Длина	Высыхание верхушки	Наличие засохших ветвей	Форма кроны		
1	3—4	Темно-зеленая	Соответствует возрасту	Соответствует возрасту	Равномерное на всем побеге	Соответствует возрасту	Не встречается	Не встречается	Свойственна виду		
2	2—3	Некоторые хвоянки на конце красновато-коричневые, желтоватые или бледные; встречаются окрашенные и бледные пятна	Соответствует возрасту, или мало замечается уменьшается	Соответствует возрасту	Равномерное на всем побеге	Соответствует возрасту	Не встречается	Не встречается	Свойственна виду		
3	2	Хвоя прошлого года окрашена; некоторые окрашенные хвоянки на побегах текущего года; сероватый тон у неокрашенной хвои	Явное уменьшение хвои	В пределах 25—75% кроны хвоя укорочены; на одном побеге встречается длинная и очень короткая хвоя	Нижняя часть побега без хвои или ее мало	Укорочена	Верхняя часть верхушки высохла	Встречаются небольшие засохшие ветви	Соответствует виду или развита слабее со стороны истончения		
4	1—2	Большинство хвоя коричневая или желтоватая	Хвоя очень редкая; крона светлая	Укорочена в пределах более 75% кроны; одиночная длинная хвоя, преобладает укороченная хвоя	Собраны в розетку на верхушке побега; большая часть побега без хвои	Значительно укорочена	Верхушка высохла	Встречаются крупные засохшие сучья	Заметная несимметричность кроны		
5											

Дерево высохло

* Возраст хвои дан для ели обыкновенной. Для сосны обыкновенной возраст хвои в основном меньше.

грязнителям (Wentzel, 1963). Повреждения у молодых деревьев четко не проявляются, поэтому в молодых древостоях пробные участки не закладывали. Большая часть молодых сосен произрастала на рекультивированном фосфоритном карьере, где в их повреждении важную роль могли сыграть эдафический фактор и самовозгорание диктинеомового сланца. Не учитывались деревья с механическими повреждениями или с прямыми антропогенными воздействиями (напр., мусор под деревьями и т. п.).

Мы также учитывали высоту деревьев, поскольку более высокие деревья расположены в условиях интенсивного воздухообмена и повреждаются легче (Армолайтис, Вайчис, 1984). Отмечено возрастание поглощения соединений фтора с увеличением высоты деревьев (Guderman, 1977).

Таблица 2

Распределение деревьев по классам жизненного состояния

Высота, м	Класс состояния					Всего
	1	2	3	4	5	
5—10	—	—	—	—	8	8
11—15	—	—	4	11	18	33
16—20	—	—	1	3	5	9
>20	—	—	1	—	—	1
	—	—	6	14	31	51

Жизненное состояние единичного дерева на пробных участках оценивалось по 5-балльной шкале в соответствии с признаками состояний (табл. 2). Состояние всего древостоя характеризует уравнение

$$s = \sum ip_i,$$

где s — показатель жизненного состояния древостоя на пробном участке, i — класс жизненного состояния; p_i — доля деревьев одного из классов во всем древостое участка (%), равная

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \cdot 100,$$

где f_i — число деревьев в классе жизненного состояния; n — число классов состояния (табл. 3).

Таблица 3

Показатели жизненного состояния древостоя

	Класс состояний					Всего
	1	2	3	4	5	
f_i	—	—	6	4	31	51
p_i	—	—	12	27	61	100
s	—	—	36	108	305	449

Чем выше s , тем хуже состояние древостоя, тем больше повреждений (при $s_{\max}=500$ — все деревья погибли, при $s_{\min}=100$ — видимых повреждений нет и все деревья в древостое относятся к 1-му классу).

По показателям состояния древостоев выделены пять зон жизненного состояния хвойных (рис. 3), форма их изолиний вытянута на юго-запад, север и северо-восток. Характерна небольшая протяженность IV и V зон в западном направлении. Их граница в восточном направлении может быть неточная из-за отсутствия пробных участков — здесь расположены рекультивированные карьеры. III зона простирается далеко на восток — в пять раз дальше, чем на запад.

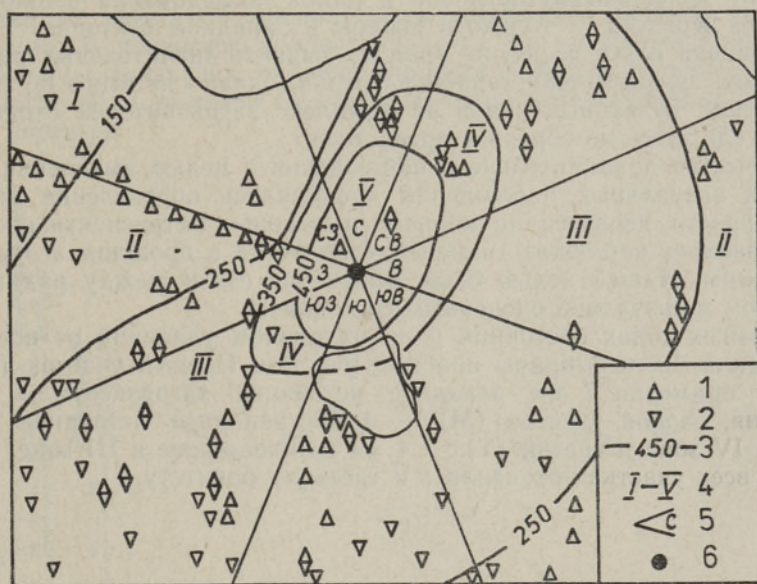


Рис. 3. Зоны и секторы жизненного состояния хвойных деревьев в окрестности Маарду. 1 — пробный участок сосны обыкновенной, 2 — ели обыкновенной, 3 — изолинии жизненного состояния, 4 — зоны жизненного состояния, 5 — сектор жизненного состояния, 6 — очаг загрязнения.

Поскольку рельеф ровный, то основным фактором вытянутости зон можно считать метеорологические условия. Сравнение формы изолиний жизненных состояний с розами ветров на различных отрезках времени (рис. 2) показало, что форма изолиний, ограничивающих IV и V зоны, напоминает розу ветров в зимние месяцы и розу ветров в дни с высокой относительной влажностью ($\geq 90\%$) весной и осенью. Такое предположение подтверждает и вычисление коэффициента корреляции (табл. 4).

На основе приведенной методики оценивалось жизненное состояние 1418 елей на 61 участке и 1963 сосен на 69 участках (рис. 3). Впервые оценивание проводилось осенью 1978 г., повторно — 1983 г. Наблюдения 1983 г. показали, что состояние как сосен, так и елей во всех зонах ухудшилось. Наибольшие изменения у сосны произошли в северо-восточном секторе IV и в западном секторе III зоны, у ели — в восточном секторе III зоны (рис. 3). Характерным было быстрое ухудшение состояния деревьев в секторах с более благополучным классом (данные 1978—1983 гг., %):

	Класс состояний		
	3	4	5
Сосна	11,5	8,5	1,8
Ель	12,0	5,4	—

По изменению состояния хвойных во II зоне обзора не получилось, поскольку из-за вытянутости зон в район исследования вошло слишком мало деревьев — только в южном и западном секторах.

Сравнивая ель и сосну, не удалось выявить значительных различий в условиях здешней техногенной нагрузки, однако из этого не следует, что реакции названных видов на комплекс загрязнителей сходны, поскольку ель здесь не образует древостоев.

В качестве дополнительного наблюдения с целью выяснения достоверности визуальных наблюдений проводилось определение радиального прироста деревьев по кернам древесины. Ретроспективность метода позволяет наблюдать изменения прироста в прошлом и оценивать их причины. Нашей целью было выяснение связи между радиальным приростом и визуально оцененным состоянием.

В разных зонах состояния и на различном удалении от источника загрязнений были выбраны пробные участки. Первый участок (К) находился примерно 7 км западнее источника загрязнения в I зоне состояния, второй участок (М) — 1 км западнее источника загрязнения в IV зоне и третий (Т) — 4 км юго-восточнее в III зоне. Древостои на всех участках относились к третьему бонитету.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции состояния хвойных деревьев и направления ветра *
(изолинии состояния и розы ветров)

Повторяемость направления ветра	Изолинии состояния		Повторяемость направления ветра	Изолинии состояния	
	350	250		350	250
I—XII	0,187	—0,090	IV—XI		
IX—III	0,572	—0,071	Скорость ветра 1—2 м/с	0,162	—0,381
XII—III	0,619	—0,087	Кол-во осадков** ≤ 0,5 мм при скорости ветра 1—2 м/с	0,249	—0,042
IV—IX	—0,566	0,140	Относительная влажность ≥ 90%	0,612	0,037
V—IX	—0,532	0,106	Относительная влажность ≤ 90% при скорости ветра 1—2 м/с	0,436	—0,288
VI—VIII	—0,339	0,351	Дни с осадками	0,382	0,379
Относительная влажность > 90%					
VI—VIII	0,382	0,093			
IV	0,412	0,179			
V	—0,003	0,531			
IX	0,510	—0,161			
X	0,454	—0,019			
XI	0,835	—0,002			
IX—XI	0,689	—0,066			

* За 1969—1980 гг.

** Осадки измерялись 4 раза в сутки.

Осенью 1984 года было пробурено (буром Пресслера) 94 сосны 4-го, 89 3-го и 45 1-го класса состояний. С каждого дерева было получено два керны с высоты 1,3 м — один с южной, другой с северной стороны.

На пробных участках М и Т радиальный прирост резко падает в начале 60-х годов у деревьев как 3-го, так и 4-го классов состояний. До 60-х годов кривые прироста для участков К и Т были сравнительно сходными, что свидетельствует о зависимости от общего фактора — метеорологических условий (рис. 4). По сравнению с концом 50-х годов наблюдается небольшое падение прироста в начале 60-х годов также у деревьев 1-го класса на участке К, в первой половине 70-х годов прирост начинает возрастать, достигая к концу почти уровня конца 50-х. Однако на участке Т продолжается постоянное падение радиального прироста. В древостое пробного участка М, расположенного ближе к источнику загрязнения, падение прироста более интенсивное, что, однако, может быть вызвано окончанием периода интенсивного роста молодых деревьев.

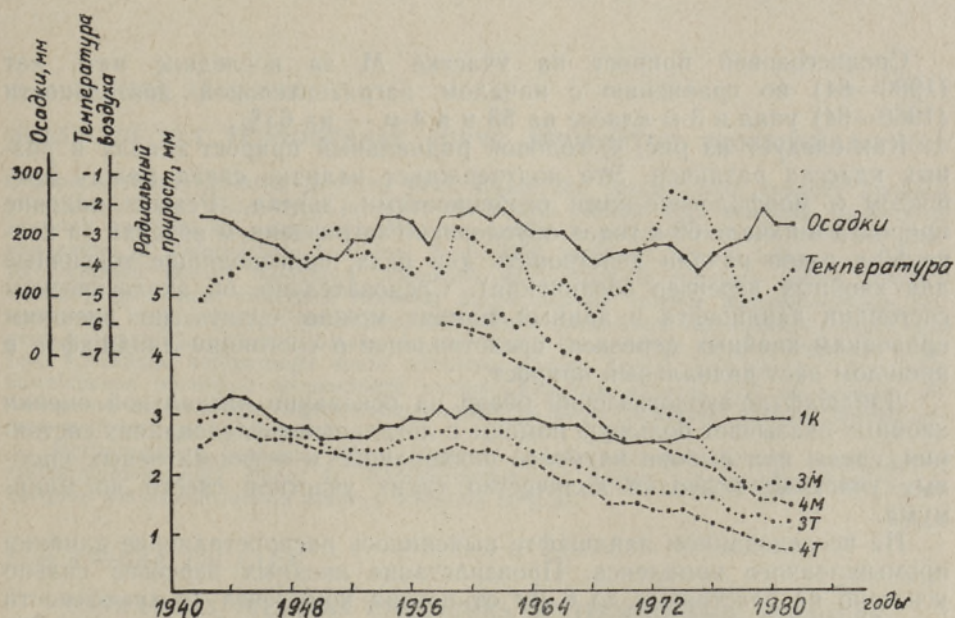


Рис. 4 Среднегодовой радиальный прирост хвойных деревьев, среднемесячная температура воздуха зимой (декабрь, январь—март), предшествовавшая вегетационному периоду, и количество осадков в летние месяцы (июнь—август). Сглаживание рядов произведено при помощи пятичленной скользящей средней. 1К — деревья 1-го класса состояния; 3М, 3Т — 3-го класса; 4М, 4Т — 4-го класса; К — пробный участок 7 км от очага загрязнения на запад, М — 1 км на запад, Т — 4 км на юго-запад.

Уменьшение радиального прироста начинается несколькими годами позже по сравнению с временем запуска цехов, выбрасывающих опасные для деревьев соединения. Различия наблюдаются еще в том, к какому классу относились деревья до начала периода загрязнения. На участках Т и М падение прироста у деревьев 4-го класса начинается раньше, чем у деревьев 3-го. Этим подтверждается утверждение, что деревья более низкого класса реагируют на изменения условий среды быстрее и более чувствительно. Обзор по радиальным приростам деревьев дает табл. 5.

Среднегодовой радиальный прирост деревьев, мм *

	Пробный участок Т		Пробный участок М	
	3-й класс	4-й класс	3-й класс	4-й класс
1979—83	1,2±0,2	0,8±0,1	2,0±0,4	1,5±0,3
1974—78	1,6±0,2	1,2±0,2	2,3±0,3	2,1±0,2
1969—73	1,7±0,2	1,5±0,2	3,2±0,3	2,5±0,3
1964—68	2,2±0,2	1,9±0,2	4,0±0,4	3,4±0,3
1959—63	2,7±0,3	2,4±0,3	4,7±0,5	4,3±0,6
1954—58	2,6±0,3	2,3±0,3		
1949—53	2,4±0,2	2,4±0,3		
1944—48	2,9±0,2	2,6±0,3		

* Предельная ошибка репрезентативности дана с вероятностью 95%.

Среднегодовой прирост на участке М за последние пять лет (1980—84) по сравнению с началом загрязнительной деятельности (1960—64) упал в 3-м классе на 58 и в 4-м — на 63%.

Как следует из рис. 4, годовой радиальный прирост ствола в разных классах различен. Это подтверждает наличие связи между приростом и морфологическими особенностями дерева. Резкое падение прироста в начале 60-х годов обусловлено загрязнением воздуха (в конце 50-х годов начали действовать два цеха, производящие токсичные для хвойных деревьев соединения). Следовательно, об экологическом состоянии ландшафта в данный момент можно судить по внешним признакам хвойных деревьев, представление о состоянии ландшафта в прошлом дает радиальный прирост.

Ландшафтно-экологический обзор на основании визуальной оценки хвойных оказывает большую помощь в детальных исследованиях состояния среды при выборе наиболее подходящих и информативных пробных участков, позволяя количество таких участков свести до минимума.

На исследованном ландшафте выяснилось распространение влияния промышленного комплекса. Произрастание хвойных деревьев сильно угнетено на расстоянии до 6 км от центра комплекса (в зависимости от преобладающего направления ветра при известной метеорологической ситуации). На этой территории радиальный прирост сосны обыкновенной по сравнению с деревьями вне зоны влияния промышленности уменьшился на 50%. Поврежденные деревья не могут составлять полноценного леса в зеленой зоне города, к которой относятся деревья исследованной территории.

ЛИТЕРАТУРА

- Армолайтис К. Э., Вайчис М. В. Состояние хвойных древостоев в зоне влияния Ионавского ПО «Азот». Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. — Тез. докл. к Всесоюз. науч.-практ. совещ. Каунас, 1984, 72—73.
- Енсен К. Ф. Атмосферное загрязнение и рост лесных деревьев. — В кн.: Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. Таллин, 1982, 116—131.

- Dässler, H.-G. Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen — Wirkungen — Gegenmaßnahmen. Jena, 1976.
- Freeland, R. O. Apparent photosynthesis in some conifers during winter. — *Plant Physiol.*, 1944, **19**, 179—185.
- Guderian, R. Air pollution. Berlin—Heidelberg—New York, 1977.
- Halbwachs, G. Die Symptomatologie forstlicher Rauchschäden bei Koniferen. — In: Methoden zur Erkennung und Beurteilung forstschädlicher Luftverunreinigungen. Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt. Wien, 1971, **92**, 33—56.
- Huttunen, S. Havupuut ja ilman saastuminen. — *Suomen Luonto*, 1977, **4—5**, 266—269.
- Jokinen, J. Helsingin ilman epäpuhtausluonnehdintaa havupuuselvittyjen valossa. — Työterveyslaitoksen tutkimuksia, 1972, 74.
- Lux, H. Die großräumige Abgrenzung von Rauchschadenzonen im Einflußbereich des Industriegebietes um Bitterfeld. — *Wiss. Z. Techn. Hochschule Dresden*, 1965, **14**, N 2, 433—442.
- Wentzel, K. F. Waldbauliche Maßnahmen gegen Immissionen. — *Allgem. Forstzeit-schrift*, 1963, **18**, 101—106.
- Zeller, O. Ober Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen. — *Planta (Berlin)*, 1951, **39**, 500—526.

Таллинский ботанический сад
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
12/III 1985

Erna ANNUKA, Jüri RAUK

OKASPUUD KUI TEHNOGEENSE SURVE INDIKAATOR TÖÖSTUSMAASTIKUS

Okaspuud *Pinus silvestris* ja *Picea abies* tööstusliku saaste suhtes tundlike liikidena peegeldavad oma pikaelasticuse ja suure vertikaalse ulatuse tõttu maastiku ökoloogilist seisundit paremini kui rohttaimed. Mäe-keemiatööstuse mõju piirkonnas (fosforiidi kaevandamine ja fosforväetiste tootmine) Eesti NSV loodeosas hinnati tehnogeense surve territoriaalset ulatust nimetatud okaspuude morfoloogiliste tunnuste põhjal 5-pallise skaala järgi. Puude vitalisuse isoliinide kulgu seostati mitmete meteoroloogiliste elementidega, kusjuures saastekolde lähedases vööndis (kuni 5 km saasteallikast) saadi rangeim korrelatiivne sõltuvus talvekuude tuulesuuna korduvusega ning kevadise ja sügise tuulesuuna korduvusega suure relatiivse niiskuse korral. Saastekoldest kaugemal korrelatsioon nimetatud elementidega puudus. Rangeim sõltuvus seal oli sajupäevade tuulesuuna korduvusega vegetatsiooniperioodil ja suure relatiivse niiskuse korral esineva tuulesuunaga hiliskevadel.

Morfoloogiliste tunnuste põhjal hinnatud puude seisundit võrreldi nende puude radiaaljuurdekasvuga (joon. 4). Radiaaljuurdekasvu langus saastekoldest kuni 5 km kaugusel ulatus saastamata aladega võrreldes 50%-ni.

Erna ANNUKA, Jüri RAUK

CONIFEROUS TREES AS INDICATORS OF TECHNOGENIC PRESSURE IN INDUSTRIAL LANDSCAPE

On account of their longevity and vertical growth, the coniferous trees *Pinus silvestris* and *Picea abies* being species susceptible to industrial pollution, reflect the ecologic state of the landscape better than the herbaceous plants. In the north-western part of the Estonian SSR, in the area under the influence of mining and chemical industry (the mining of phosphorite and the production of phosphate fertilizers), the territorial range of technogenic pressure has been evaluated according to morphological symptoms of conifers using a 5-degree scale. The isolines of the vitality of the trees (Fig. 3) were associated with several meteorological elements, while in the area near the pollution source (up to 5 km from the pollution source) a considerable correlative dependence was obtained with the recurrence of wind direction in winter months and with the same factor in autumn and spring at a high relative air humidity (Table 4). Outside the area of pollution no correlation with the mentioned elements was found. A considerable dependence was likewise noticed with the recurrence of wind direction on days during the vegetation period, and wind direction at a high relative air humidity in late spring.

The state of trees, evaluated on the basis of morphological symptoms, was compared to their radial increment (Fig. 4). The decrease of the radial increment within an area of 5 km from the pollution source reached the values of 50% as compared with the areas not subjected to pollution.