

Людмила МАРТИН, Агу ЭЭНСААР

ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДВУОКСИ СЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ТАЛЛИНА

Изменение лишайниковой эпифитной растительности в городах отмечено лихенологами еще в прошлом веке. В настоящее время с бурным ростом городов и развитием промышленности эти изменения охватывают все большие территории. Многочисленными экспериментальными и полевыми наблюдениями доказано, что главный фактор, вызывающий оскудение лишайниковой растительности, — загрязнение воздуха. Благодаря ряду биологических особенностей лишайники оказались хорошими индикаторами изменения состояния окружающей среды в условиях загрязнения двуокисью серы, фторидами, щелочной пылью и тяжелыми металлами.

Так как определенные виды обладают весьма различной чувствительностью к разным загрязнителям, в основе методов лихеноиндикации лежит детальное изучение флоры и распространения эпифитных лишайников, а также экологических особенностей отдельных видов. При этом основные характеристики, отмеченные исследователями, — присутствие (или отсутствие) вида, общее количество видов, покрытие каждого вида, встречаемость, жизненность, плодовитость. В литературе имеется много примеров использования корреляции этих показателей для оценки и картирования распространения загрязнителей (Air Pollution..., 1973; Hawksworth, Rose, 1976). Но наиболее удобно для этой цели применение не характеристик отдельных видов лишайников, а индексов, позволяющих дать количественное выражение состояния группировок эпифитных лишайников (Trass, 1968; De Sloover, LeBlanc, 1968; LeBlanc, De Sloover, 1970).

Лихеноиндикационное картирование загрязнения атмосферного воздуха Таллина

В течение последних 15 лет проводятся лихеноиндикационные исследования, и на основе индексов эпифитных лишайниковых группировок выделены зоны загрязнения воздуха в разных по размеру и характеру загрязнения городах Эстонии. Обзор этих работ дан в отдельной статье (Martin, 1981).

При лихеноиндикационном картировании загрязнения воздуха в Таллине (площадь 168 км²) картосхема города была разбита на квадраты 500×500 м. В центральных густозастроенных и промышленных районах города в каждом квадрате сделаны описания эпифитной лишайниковой растительности на 10 стволах деревьев. Такая густота описаний позволяет учесть рельеф, особенности застройки и озеленения в данном квадрате. На окраинах города, где застройка более однородна, нет промышленных предприятий и местными источниками загрязнения

Количество видов эпифитных лишайников
в некоторых исследованных районах Таллина

Район исследования	Расстояние от центра (км)	Общее число	Накипные	Листо-ватые	Кустис-тые
трансект север-юг					
Вышгород (центр)	0	6	2	4	0
ул. Кингисеппа	1	2	0	2	0
ул. Везерни	2	2	0	2	0
Тонди	3	7	1	6	0
Ярве	4	11	4	7	0
Лийва	5—6	12	2	5	5
Пяэскула	7—8	17	5	6	6
трансект запад-восток					
Копли					
ул. Сюста	5	7	3	4	0
ул. Коплиранна	4	11	5	6	0
ул. Малева	3	4	1	3	0
Ситси	2	3	1	2	0
Каламая	1	2	1	1	0
пл. Победы	0	0	0	0	0
ул. Крейцвальди— Нарвское ш.	1	1	0	1	0
Кадриорг	2,5—3,5	20	8	9	3
Маарьямяэ	5	18	4	10	4
Клоостриметса	8	50	18	21	11

являются отопление и транспорт, описания сделаны реже. При сборе материала были обследованы различные породы деревьев, но основное внимание уделялось наиболее распространенным в городе (*Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Pinus sylvestris* L.). Описание лишайниковых группировок, расположенных на уровне 1,3 м и на основании той стороны ствола, где покрытие лишайников наибольшее, проводили, используя квадрат — сетку 20×20 см. Обследовано около 1000 деревьев.

В пределах города обнаружено более 60 видов эпифитных лишайников. Особенностью городских лишайников является изменение морфологии слоевища у многих их видов: бугристость слоевища у лишайников видов *Cetraria*, *Hypogymnia*, *Parmelia*, *Ramalina*, распадание слоевища на соредии у *Cladonia*, *Parmeliopsis*, *Physcia*. А также наблюдается смена субстрата в городских условиях, по сравнению с природными условиями, что связано с изменением кислотности коры деревьев (Нильсон, Мартин, 1982).

Основная особенность распространения эпифитных лишайников — различные видовой состав и количество видов в разных районах города (табл. 1). В некоторых квадратах полуострова Копли, центра города, Ласнамяэ (всего 12 км²) лишайники не обнаружены. Первыми в загрязненной среде появляются лишайники токситолерантных видов *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Crombie, *Lepraria incana* (L.) Ach., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenhammar) Vězda, а также *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg и *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., распространение которых связано с субстратами, обогащенными питательными веществами. *L. conizaeoides* — наиболее устойчивый к двуокиси серы вид, распространенный только в загрязненных районах Западной и Средней Европы. Появление лишайников этого вида в Таллине (впервые отмечено в 1973 г.) и расширение его распространения в настоящее время указывает на

возрастание значения двуокиси серы в загрязнении воздуха в Таллине. Кустистые лишайники появляются на расстоянии 5—6 км от центральных и промышленных районов города.

Постепенное изменение характеристик эпифитных группировок лишайников (видового состава, покрытия отдельных видов) позволяет выделить т. н. лишайниковые зоны, отражающие распространение основных загрязнителей. При лишайноиндикационном картировании в Таллине мы использовали синтетические индексы эпифитных группировок лишайников: индекс полеотолерантности (IP) и индекс чистоты атмосферы (IAP).

Индекс полеотолерантности (Трасс, 1968) вычисляется по формуле

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{a_i c_i}{C}, \quad (1)$$

где n — количество видов, a_i — степень полеотолерантности вида i , c_i — покрытие i -того вида, C — суммарное покрытие.

Для распределения видов по группам полеотолерантности мы использовали метод линейной ординации, при котором за ось был принят градиент загрязнения воздуха от центральных районов города до окраины. Для этого сравнивали списки видов лишайников, собранных в расположенных рядом квадратах (1 км^2), в трансектах запад-восток и от побережья к югу через центр города. Обследованные квадраты были упорядочены по возрастанию количества видов. В таблице мы выделили несколько групп видов, которые появляются в одном и том же квадрате и присутствуют во всех последующих. Учитывая формулу IP и то, что не были исследованы естественные ландшафты за пределами города, образовавшимся 8 группам видов лишайников были даны оценки полеотолерантности от 10 до 3.

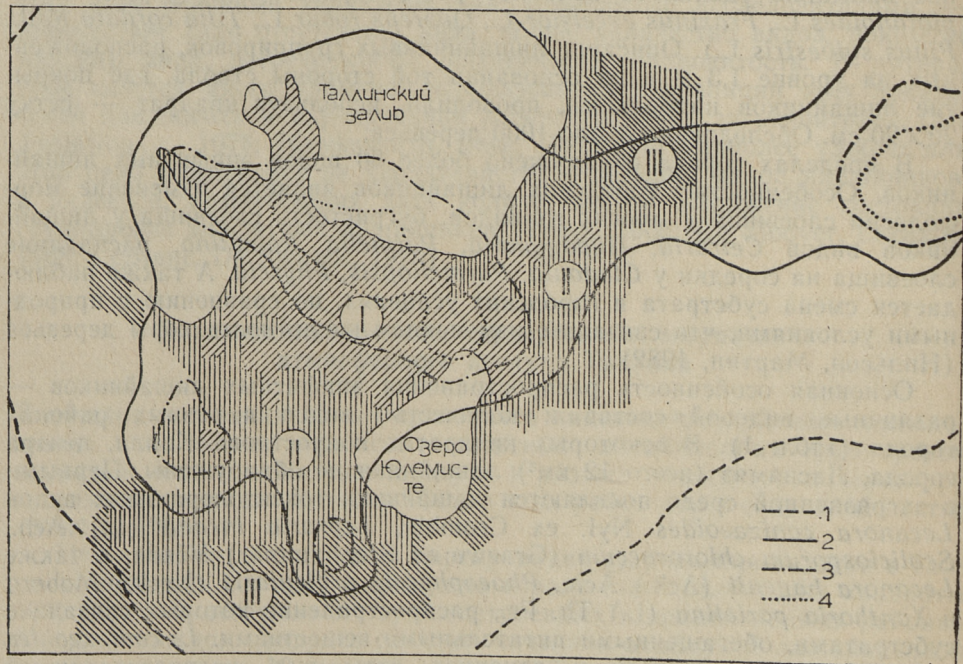


Рис. 1. Лишайниковые зоны на территории Таллина по индексу полеотолерантности (IP): I — 9—10; II — 7—8,9; III — 5—6,9. Зоны вычисленных концентраций SO_2 (\bar{C}) в условных единицах (линии 1, 2, 3, 4).

Вычисленные по формуле индексы полеотолерантности для всех описаний на квадрате 500×500 м усреднили и нанесли на рабочую картосхему. По интервалам значений индекса полеотолерантности, предложенным Х. Трассом (Trass, 1968), на карте Таллина выделены три зоны загрязнения (рис. 1):

I — зона со значительным загрязнением воздуха в индустриальных районах и центре города (сюда входит и «лишайниковая пустыня»). Здесь обнаружены наиболее устойчивые лишайники 8 видов (табл. 2).

II — зона умеренного загрязнения, которая охватывает жилые районы города. В этой зоне найдены эпифитные лишайники 34 видов.

III — зона с незначительным загрязнением в периферийных районах города с массивами парковых лесов. Эпифитная растительность этой зоны является переходной к растительности естественных ландшафтов. В ней обнаружены лишайники всех видов, имеющиеся в двух первых зонах (кроме *Lecanora conizaeoides*) и кроме них лишайники 26 видов, характерные только для этой зоны.

Индекс чистоты атмосферы (LeBlanc, De Sloover, 1970) определяли по формуле

$$IAP = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i f_i}{10}, \quad (2)$$

где Q_i — экологический индекс i -того вида и f_i — значение покрытия-встречаемости для i -того вида, определяемого по пятибалльной комби-

Таблица 2

Распределение наиболее распространенных в Таллине эпифитных лишайников по зонам индекса полеотолерантности (IP) и индекса чистоты атмосферы (IAP)

Виды лишайников	a_i	Зоны IP			Q_i	Зоны IAP			
		I	II	III		I	II	III	IV
<i>Lecanora conizaeoides</i>	10	+	+		не уста- новлен	+	+		
<i>L. hagenii</i>	10	+	+	+	8	+	+	+	+
<i>Lepraria incana</i>	10	+	+	+	9	+	+	+	+
<i>Parmelia sulcata</i>	9	+	+	+	12	+	+	+	+
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	10	+	+	+	7	+	+	+	+
<i>Physcia stellaris</i>	9	+	+	+	15	+	+	+	+
<i>Physcia tenella</i>	9	+	+	+	15	+	+	+	+
<i>Xanthoria parietina</i>	10	+	+	+	9	+	+	+	+
<i>Evernia prunastri</i>	7		+	+	18		+	+	+
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	8		+	+	16		+	+	+
<i>Hypogymnia physodes</i>	8		+	+	15		+	+	+
<i>Lecanora carpinea</i>	6		+	+	16		+	+	+
<i>Parmelia exasperatula</i>	6		+	+	17		+	+	+
<i>Phlyctis argena</i>	6		+	+	17		+	+	+
<i>Physcia adscendens</i>	6		+	+	19		+	+	+
<i>Physconia pulverulenta</i>	8		+	+	18		+	+	+
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	5		+	+	12			+	+
<i>Ramalina farinacea</i>	6		+	+	18		+	+	+
<i>Xanthoria polycarpa</i>	7		+	+	19		+	+	+
<i>Anaptychia ciliaris</i>	6			+	19			+	+
<i>Lecanora allophana</i>	4			+	21			+	+
<i>Parmelia olivacea</i>	3			+	25				+
<i>Platismatia glauca</i>	5			+	28				+
<i>Ramalina fraxinea</i>	6			+	20			+	+

a_i — степень полеотолерантности вида, Q_i — экологический индекс вида.

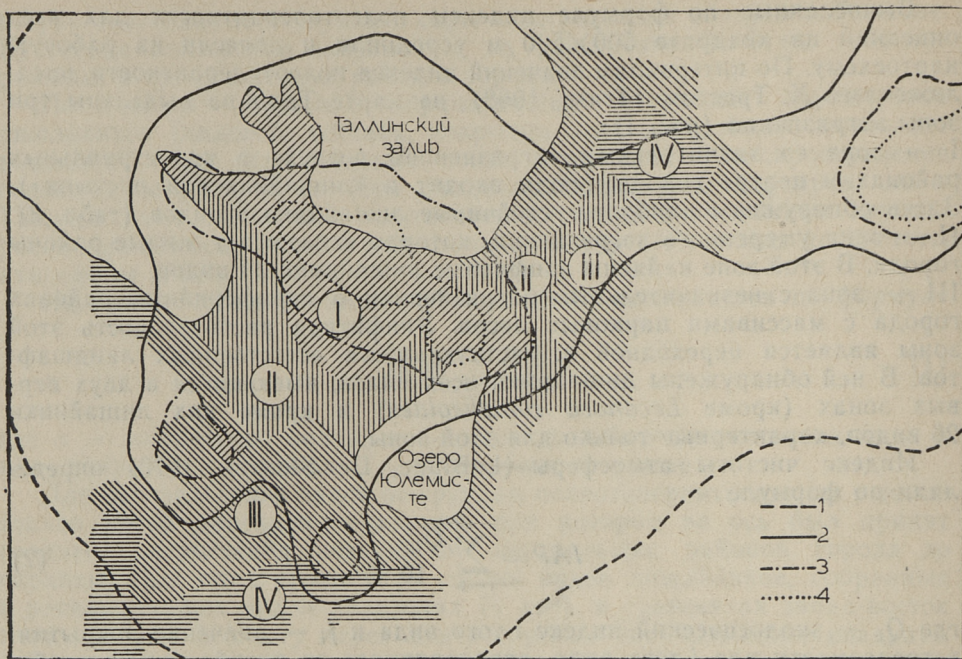


Рис. 2. Лишайниковые зоны на территории Таллина по индексу чистоты атмосферы (IAP): I — 1—5,5; II — 5,6—15,5; III — 15,6—35,5; IV — 35,6—75,5. Зоны вычисленных концентраций SO_2 (\bar{C}) в условных единицах (линии 1, 2, 3, 4).

нированной шкале. Экологический индекс — среднее число видов, с которыми данный вид встречается в эпифитных группировках (табл. 2).

При составлении карты на основе IAP использовали интервалы индекса (LeBlanc, De Sloover, 1970) (рис. 2). Соединив на карте точки, характеризующиеся определенными значениями индекса, мы получили четыре зоны. Сравнив две карты, можно сделать вывод, что картина зон в общих чертах совпадает. Связь между количеством видов лишайников и значениями обоих индексов для ряда пунктов установлена путем вычисления коэффициента корреляции. Выяснилось, что значение индекса полеотолерантности менее зависит от количества видов (коэффициент корреляции $-0,61$), но зависит непосредственно от суммы степеней полеотолерантности отдельных видов. Индекс чистоты атмосферы имеет более тесную связь с количеством видов (коэффициент корреляции $+0,78$).

Математическое моделирование загрязнения городской атмосферы

Самый надежный метод изучения загрязненности воздушного бассейна — химический анализ. В настоящее время (а также, вероятно, и в будущем) одной лишь химической оценки качества воздуха в городе явно недостаточно. Практически невозможно организовать длительный непрерывный контроль за загрязнением воздуха по всей территории города. При комплексном подходе к решению проблемы загрязнения воздуха необходимо использовать и другие методы. Среди них важное место занимает математическое моделирование. Математические модели позволяют не только оценить, но также и глубже понять причинные связи загрязнения воздуха (Марчук, Пененко, 1979).

Основными источниками загрязнения атмосферы городов являются тепловые электростанции, бытовые и промышленные котельные, автотранспорт (Безуглая, 1980). Распространение загрязняющих веществ в атмосфере происходит за счет их адвективного переноса воздушными массами и диффузии, обусловленной турбулентными пульсациями воздуха. В общем виде изменения средних значений концентрации c описываются уравнением (Берлянд, 1975)

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial c}{\partial z} + ac = M. \quad (3)$$

Здесь оси x и y расположены в горизонтальной плоскости, ось z — по вертикали; t — время; u, v, w — составляющие скорости ветра соответственно по направлению осей x, y, z ; K_x, K_y, K_z — горизонтальные и вертикальная составляющие коэффициента обмена; a — коэффициент, определяющий изменения концентрации за счет превращения загрязняющих веществ; M — эмиссия загрязнителя воздуха. Аналитическое решение уравнения (3) найдено только для некоторых частных случаев. Ввиду чрезвычайной сложности дифференциальное уравнение (3) решается численными методами.

Трехмерная задача распространения загрязняющих веществ очень сложная и ее решение с помощью ЭВМ требует много времени. В некоторых случаях, однако, целесообразно использовать двумерные (x, y) приближения (Марчук, 1982), например, при приподнятой инверсии температуры. В городе, где число источников загрязнения велико, концентрация c в данном случае мало зависит от высоты. При этом уравнение (3) упрощается

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + u \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v \frac{\partial \varphi}{\partial y} - K_x \Delta \varphi + a\varphi = M, \quad (4)$$

где $\varphi = ch^*$; h^* — высота подынверсионного слоя; Δ — плоскостный оператор Лапласа. Для решения уравнения (4) в Таллинском ботаническом саду АН ЭССР разработаны соответствующие программы для ЭВМ на языке ФОРТРАН. Ввиду того, что и в других метеорологических условиях, в стороне от источника, распределение загрязняющих веществ по вертикали становится почти равномерным (Берлянд, 1975), границы применимости данной модели расширяются.

Наряду с мелкомасштабной диффузией, разрывающей факелы примесей, большое значение имеют флюктуации скорости и направления ветра за длительный период времени. Статистически такие изменения описываются розой ветров. Средняя концентрация за длительный период вычисляется при этом по формуле

$$\bar{c} = \sum_k p_k c_k, \quad (5)$$

где c_k — средняя концентрация при комплексе k метеоэлементов, p_k — повторяемость состояния k . По изложенному методу вычислены средние концентрации SO_2 в квадратах Таллина 1×1 км (Eensaag, 1981). Результаты вычислений в условных единицах показаны на рис. 1.

Обсуждение результатов

Методы лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха относительно экономны, но толкование результатов имеет некоторую неопределенность, особенно на той территории города, где на лишайники действует многочисленный комплекс загрязнителей. Хотя двуокись серы — наиболее распространенный загрязнитель и влияние его на лишай-

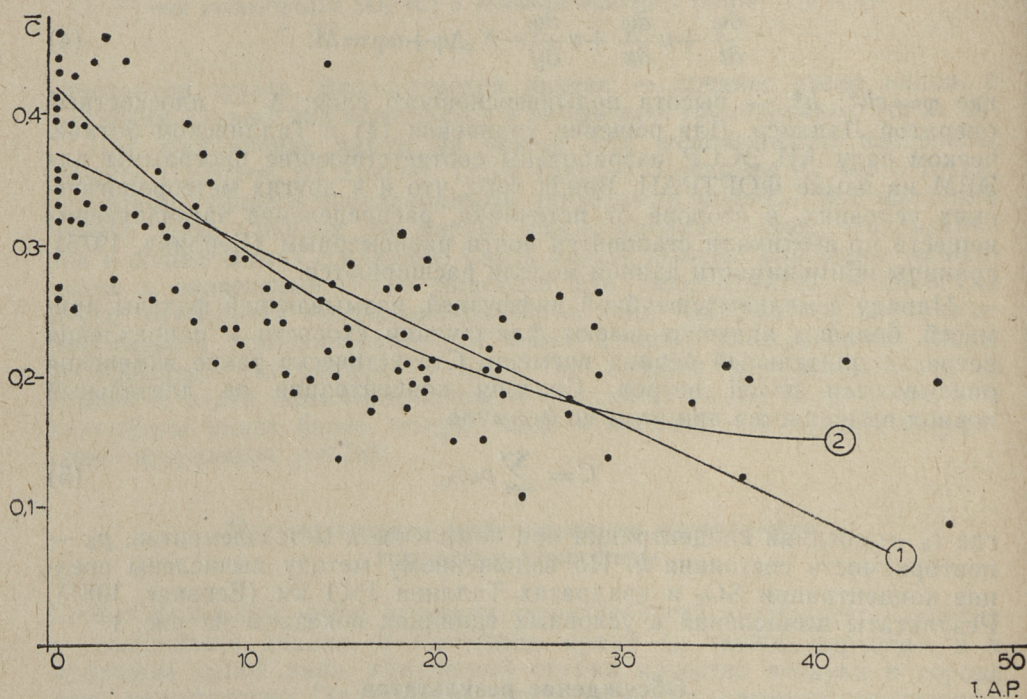
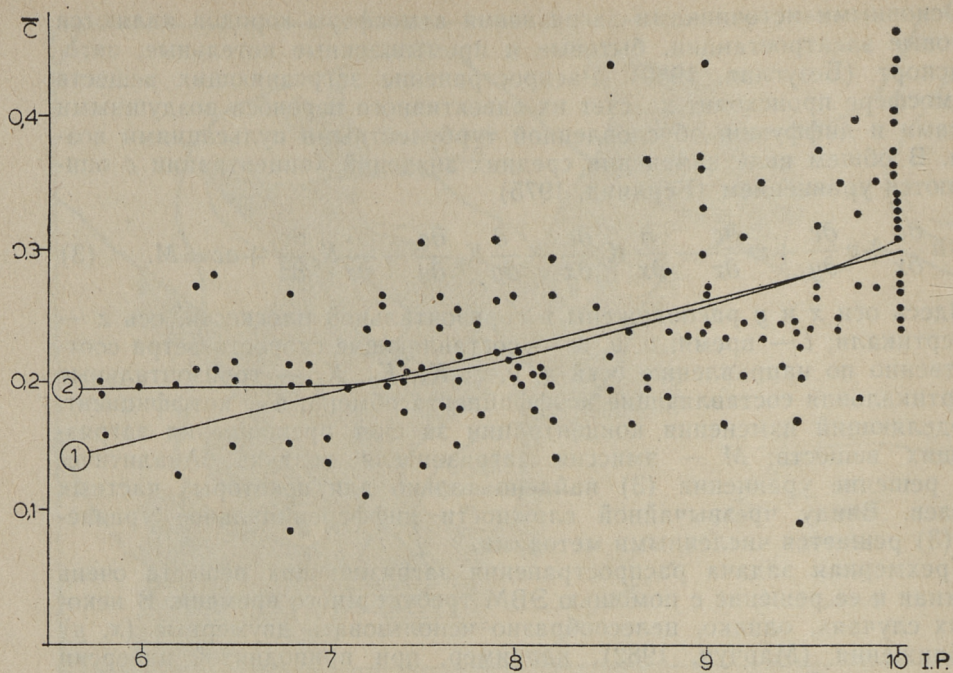


Рис. 3. Сравнение значений индексов лишайниковых группировок и вычисленных концентраций SO_2 для Таллина. а) \bar{C} (в нормированном виде) и IP . Регрессионные кривые соответствуют формулам: 1) $\bar{C} = -0,05 + 0,034 \cdot (IP)$; 2) $\bar{C} = 0,50 - 0,10 \cdot (IP) + 0,0081 \cdot (IP)^2$. б) \bar{C} и $I.A.P.$. Регрессионные кривые соответствуют формулам: 1) $\bar{C} = 0,37 - 0,0068 \cdot (I.A.P.)$; 2) $\bar{C} = 0,42 - 0,014 \cdot (I.A.P.) + 0,00019 \cdot (I.A.P.)^2$.

ники довольно хорошо изучено, присутствие других загрязнителей в воздухе может изменить это влияние. Другие кислые газы (озон, окислы азота, фтористый водород), имеющие сходный механизм воздействия на растения, могут усилить влияние SO_2 . С другой стороны, щелочные загрязнители (известняковая пыль, зола, аммиак и др.) могут изменить свойства субстрата, частично нейтрализовать действие кислых загрязнителей.

Распространение видов эпифитных лишайников — индикаторов кислого загрязнения (например, *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum*) — указывает на преобладание загрязнения двуокисью серы значительной части территории Таллина. Однако, проникновение лишайников таких видов как *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina* в центр города говорит о влиянии пылевого загрязнения и загрязнения золой, источником которой может быть печное отопление, где основное топливо торф. В южной части города, в окрестностях завода строительных материалов по видовому составу и распространению лишайников ясно прослеживается влияние известняковой пыли. Определенные помехи вносят также микроклимат, застройка и ветровой режим в приземном слое воздуха, состояние форофитов (деревьев), удаленность обследованных стволов от транспортных магистралей и др. Характер данных факторов-помех на территории города весьма изменчив.

Но и математическое моделирование распространения загрязняющих веществ (в данном случае SO_2) упрощает реальные процессы. Конечно-разностные аналоги уравнений (3) и (4) не могут описывать мелкомасштабные части метеорологических процессов. Поэтому процессы, масштаб которых меньше шага расчетной сетки, описываются статистически. Кроме того, данные об эмиссии загрязняющих веществ имеют довольно большую погрешность. Зоны с различными средними концентрациями SO_2 хорошо совпадают с лишеноиндикационными зонами (рис. 1 и 2).

Нами проведен сравнительный анализ и по отдельным квадратам города. В этом случае (рис. 3) между числовыми характеристиками лишайниковых группировок и вычисленными средними концентрациями SO_2 довольно большой разброс. Но тенденции изменения показателей явные.

Коэффициент корреляции между \bar{C} и IP равен 0,53, а между \bar{C} и IAP — 0,62. Регрессионные кривые (рис. 3) найдены по методу наименьших квадратов (Мак-Кракен, Дорн, 1977).

Из анализа вытекает, что между IP и \bar{C} связь линейная, между IAP и \bar{C} нелинейная. Последний результат совпадает с выводами других авторов (Пярн и др., 1982).

Как видно по рис. 3, прогнозировать средние концентрации по отдельным значениям IP и IAP затруднительно. Связи данного типа имеют, скорее всего, вероятностный характер. Выделение же нескольких зон, отражающих различную степень загрязненности воздуха, на основе изучения лишенофлоры и лишайниковых группировок возможно с достаточно большой доверительной вероятностью. Результаты такой работы зависят от общего и предельных уровней загрязненности данного региона, определяющих характер распространения видов эпифитных лишайников. Как показывает изложенный материал, лишеноиндикация дает вполне удовлетворительные результаты в условиях, где доминирующим загрязнителем является двуокись серы; необходимо также учитывать влияние локальных источников других загрязнителей.

Сопоставление результатов лишеноиндикации и математического моделирования загрязненности воздуха двуокисью серы дает возможность судить о надежности использованных методов.

- Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л., 1980.
- Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л., 1975.
- Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на ФОРТАНе. М., 1977.
- Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М., 1982.
- Марчук Г. И., Пененко В. В. Принципы построения математических моделей для изучения влияния деятельности человека на атмосферу в промышленных районах. — В кн.: Проблемы рационального природопользования и контроля качества природной среды севера Сибири. Якутск, 1979, 28—37.
- Нильсон Э. М., Мартин Л. Н. Эпифитные лишайники в условиях кислого и щелочного загрязнения. — В кн.: Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. II. Таллин, 1982, 88—100.
- Пярн А., Трасс Х., Цобель К. Лихеноиндикация степени загрязненности атмосферного воздуха в Прибайкалье. — В кн.: Биогеохимические аспекты криптоиндикации (тез. докл.). Таллин, 1982, 37—38.
- Трасс Х. Х. Анализ лишенофлоры Эстонии. Автореф. док. дис. Тарту, 1968.
- Air Pollution and Lichens. London, 1973.
- De Sloover, J., LeBlanc, F. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. — In: Recent Advances in Tropical Ecology. Varanasi, India, 1968, 42—56.
- Eensaar, A. Linna õhubasseini saastumise matemaatilise modelleerimine. — Rmt.: Inim-tegevus ja keskkonnakaitse. Tln., 1981, 128—131.
- Hawksworth, D. L., Rose, F. Lichens as Pollution Monitors. London, 1976.
- LeBlanc, F., De Sloover, J. Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. — Canad. J. Bot., 1970, 48, 1485—1496.
- Martin, J. Lichen indication studies in the Estonian S.S.R. — In: Anthropogenous Changes in the Plant Cover of Estonia. Tartu, 1981, 108—125.
- Trass, H. Indeks samblikurühmituste kasutamiseks õhu saastatuse määramisel. — Eesti Loodus, 1968, 628.

Таллинский ботанический сад
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
24/II 1983

Ljudmila MARTIN, Agu EENSAAR

VÄÄVELDIOKSIIDI LEVIKU LIHHENOINDIKATSIOON JA MATEMAATILINE MODELLEERIMINE TALLINNA TERRITOORIUMIL

Uurimuses on lihhenoindikatsioonilisel tsonerimisel kasutatud epifüütsete samblike rühmituste indekseid (poleotolerantsusindeks IP ja atmosfääri puhtuse indeks IAP), mis arvatati ca 1000 puutüvel tehtud kirjelduste alusel.

Atmosfääri saastatuse leidmiseks on kasutatud matemaatilist mudelit. Tõusuinversiooni tingimustes on inversioonialust kihti loetud vertikaalselt hästisegunenuks. Saasteainete levikut atmosfääri piirikihis on iseloomustatud tuultevälja kaudu. Ülesande lahendamiseks on kasutatud lihtsustatud diferentsiaalvõrrandit (4), mille numbriliseks lahendamiseks on koostatud FORTRAN-keeles arvutiprogramm. Keskmised kontsentratsioonid on leitud 1×1 km suuruste ruutude kohta.

Samblike rühmitusi iseloomustavate arvuliste näitajate ja matemaatilise modelleerimise teel saadud keskmiste vääveldioksiidi kontsentratsioonide (\bar{C}) võrdlemisel selgus, et IP ja \bar{C} vaheline seos on lineaarne ning IAP ja \bar{C} vaheline seos mittelineaarne. Nimetatud näitajate vahelised korrelatsioonikoefitsiendid on 0,53 (\bar{C} —IP) ja —0,62 (\bar{C} —IAP).

Mõlemad meetodid annavad rahuldavaid tulemusi, nende kooskasutamine võimaldab täpsustada atmosfääri saasteolukorda ning vääveldioksiidi leviku pilti.

**LICHEN INDICATION AND MATHEMATICAL MODELLING
OF SULPHUR DIOXIDE DISTRIBUTION
ON THE TERRITORY OF TALLINN**

The zonation of lichen indication used in the study is based on the calculation of lichen grouping indices (IP — index of poleotolerance, IAP — index of atmospheric purity) according to descriptions of approximately 1000 tree trunks growing all over the investigated territory.

The mathematical model of atmospheric pollution in conditions of inversion is described. Transport of pollutants in the boundary layer of the atmosphere is described according to the wind characteristics. For the solution of the differential equation (4) use has been made of a special computer program in FORTRAN.

It was established that the calculated average SO_2 concentration \bar{C} is in a linear relation with IP, while the relation of \bar{C} with IAP is a nonlinear one. The following correlation coefficients were calculated: 0.53 (\bar{C} -IP) and -0.62 (\bar{C} -IAP).

Both the methods used give satisfactory results separately, and their joint use allows us to correct the estimation of the factual pollutional situation as well as the sulphur dioxide distribution pattern.