

Глава 6

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Роль атмосферы в природных процессах огромна. Наличие вокруг земного шара атмосферы определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них — на режим рек, почвенно-растительный покров и на процессы рельефообразования. Чистый воздух необходим для жизни человека, растений и животных. Атмосферные загрязнения оказывают отрицательное влияние на живые организмы, что приводит к сокращению численности, видового разнообразия животных и растений, заболеваемости человека.

Основные составные части атмосферного воздуха подразделяют на три группы: постоянные, переменные и случайные.

К первой группе относятся кислород (21% по объему), азот (около 78%) и благородные газы (около 1%). Ко второй группе относятся диоксид углерода (0,02–0,04%) и водяной пар. К третьей группе относятся случайные компоненты, определенные местными условиями. Так, вблизи металлургических заводов воздух часто содержит диоксид серы, техногенные примеси тяжелых металлов; в местах, где происходит распад органических остатков, — аммиак и другие газообразные и жидкие вещества.

Источников антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферы, а также серьезные нарушения экологического равновесия в биосфере множество. Однако самыми значительными из них являются два: транспорт и индустрия.

При работе двигателей на этилированном бензине в выхлопных газах содержатся оксиды азота, соединения свинца (количество свинца в воздухе находится в прямой зависимости от интенсивности движения и может достигать 4–12 мг/м³). При работе на серосодержащем топливе в выхлопах появляется диоксид серы. Тысяча автомобилей с карбюраторным двигателем в день выбрасывает около 3 т угарного газа, 100 кг оксидов азота, 500 кг продуктов неполного сгорания бензина.

При сжигании горючих ископаемых (угля, нефти, газа) большая часть содержащейся в них серы превращается в диоксид серы. От индустрии в атмосферу попадают различные загрязнители, прежде всего это диоксид серы, оксиды углерода, аммиак, сероводород, фенол, хлор, углеводороды, сероуглерод, фторсодержащие соединения, серная кислота, аэрозольная пыль, тяжелые металлы, радиоактивные соединения и многие другие вредные вещества. Кислоты вместе с дождем могут выпадать на поверхность земли, воздействуя на почву, растительность и живые организмы. Известно, что в нейтральной среде значение pH = 7, а дождевая вода в относительно чистом воздухе имеет pH = 5,6 вследствие воздействия уголекислоты воздуха.

Помимо выбросов химических веществ, серьезными загрязнениями атмосферы являются выбросы большого количества водяного пара, шум, электромагнитное излучение, тепловое загрязнение, в том числе выбросы большого количества нагретого воздуха.

Оценку состояния воздушной среды можно сделать, используя как климатический мониторинг, так и мониторинг загрязнения. К основным параметрам метеорологических исследований относятся температура воздуха (максимальная, минимальная, суточная, среднесуточная); характеристика ветра (скорость и направление); влажность воздуха; атмосферные явления (виды облаков, осадки жидкие и твердые); состояние подстилающей поверхности в радиусе до 100 м от места наблюдения (травяная зеленая или пожелтевшая; почва сухая пылящая, сухая непылящая, влажная, мокрая; снег и т. д.).

Обычно климатический мониторинг проводится на метеоплощадке школы. Часть параметров определяет

ся визуально, а для некоторых из них требуются специальные приборы: термометры, анемометры для определения скорости ветра, психрометры для определения влажности воздуха.

Оценку состояния воздушной среды можно проводить в условиях школы с использованием биоиндикационных, физических и химических методов исследования. Из биоиндикационных методов программа школьного экомониторинга предусматривает определение степени чистоты воздуха по сосне обыкновенной и лишайникам. Кроме того, чистоту воздуха можно определить по химическому анализу снегового покрова, кислотности дождевых осадков, запыленности воздуха и автотранспортной нагрузке, также включенных в программу ШЭМ.

1 8.1. Биоиндикционные методы

Сильнейшее антропогенное воздействие на фитоценозы оказывают загрязняющие вещества в окружающем воздухе, такие, как диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и др. Среди них наиболее типичным является диоксид серы, образующийся при сгорании серосодержащего топлива (работа предприятий теплоэнергетики, котельных, отопительных печей населения, а также транспорта, особенно дизельного).

Устойчивость растений к диоксиду серы различна. Даже незначительное наличие диоксида серы в воздухе хорошо диагностируется лишайниками — сначала исчезают кустистые, потом листоватые и, наконец, накипные формы (рис. 6.3). В тех школах, где имеются возможности — наличие определителей или гербарных материалов, а также опыт работы с лишайнофлорой, можно проводить мониторинг встречаемости и степени покрытия по отдельным видам эпифитных лишайников. Наиболее информативными по загрязнению диоксидом серы являются различные виды лишайников — *Lecanora*, *Usnea*, *Alectoria*, *Cetraria*.

Из высших растений повышенную чувствительность к SO_2 имеют хвойные (кедр, ель, сосна). Устойчивы к загрязнению бересклет, бирючина, клен ясенелистный (рис. 6.1).

Методы мониторинга воздушной среды

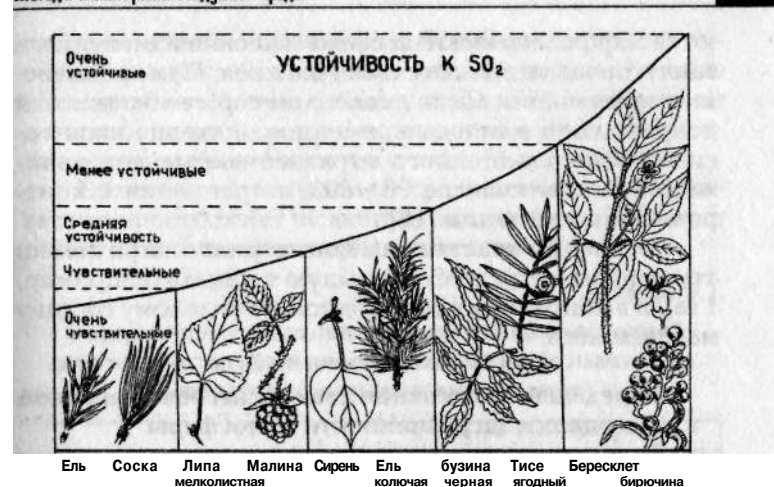


Рис. 6.1. Чувствительность различных деревьев и кустарников к диоксиду серы (по Курберу и Дитману)

Для ряда растений установлены границы их жизнедеятельности и предельно допустимые концентрации диоксида серы в воздухе. Величины ПДК (мг/куб. м): для тимopheевки луговой, сирени обыкновенной — 0,2; барбариса — 0,5; овсяницы луговой, смородины золотистой — 1,0; клена ясенелистного — 2,0 [17].

Чувствительны к содержанию в воздухе других загрязнителей (например, хлороводорода, фтороводорода) такие растения, как пшеница, кукуруза, пихта, ель, земляника садовая, береза бородавчатая.

Стойкими к содержанию фтороводорода в воздухе являются хлопчатник, одуванчик, картофель, роза, табак, томаты, виноград, а к хлороводороду — крестоцветные, зонтичные, тыквенные, гераниевые, гвоздичные, вересковые, сложноцветные.

1.1.1. Биоиндикация загрязнения воздуха по состоянию сосны

Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха сосновые леса. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Информативными по техногенному загрязнению явля-

ются морфологические и анатомические изменения, а также продолжительность жизни хвои. При хроническом загрязнении лесов диоксидом серы наблюдаются повреждения и преждевременное опадение хвои сосны. В зоне техногенного загрязнения отмечается снижение массы хвои на 30 — 60% в сравнении с контрольными участками [18].

Ключевые участки для мониторинга загрязнения атмосферы могут иметь большую площадь (например, 1 га), и выбираются в однородном по видовому составу массиве леса.

Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы

В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои сосны здорова, не имеет повреждений и лишь малая часть хвоинок имеет светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере появляются повреждения и снижается продолжительность жизни хвои сосны.

На рис. 6.2 показаны различные варианты состояния хвои сосны.

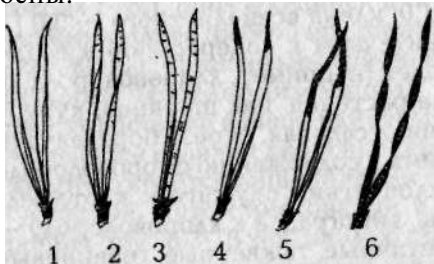


Рис. 6.2. Повреждение и усыхание хвои сосны: 1 — хвоинки без пятен; 2, 3 — с черными и желтыми пятнами; 4—6 — хвоинки с усыханием

Методика индикации чистоты атмосферы по хвое сосны состоит в следующем. С нескольких боковых побегов в средней части кроны 5—10 деревьев сосны в 15—20-летнем возрасте отбирают 200 — 300 пар хвоинок второго и третьего года жизни.

Анализ хвои проводят в лаборатории. Вся хвоя делится на три части (неповрежденная хвоя, хвоя с

пятнами и хвоя с признаками усыхания) и подсчитывается количество хвоинок в каждой группе. Данные заносятся в рабочую таблицу (табл. 6.1) с указанием даты отбора проб на каждом ключевом участке. Обработанные данные вносятся в табл. 11 экопаспорта.

Полученные результаты сравниваются с результатами прошлых лет по данным экопаспорта. Делается вывод об изменении загрязнения атмосферы.

Таблица 6.1.

Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы (измеряемые показатели — количество хвоинок)

Повреждение и усыхание хвоинок	Номера ключевых участков				
	1	2	3	4	5
Общее число обследованных хвоинок					
Количество хвоинок с пятнами					
Процент хвоинок с пятнами					
Количество хвоинок с усыханием					
Процент хвоинок с усыханием					
Дата отбора проб					

Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной (обследование шишек сосны) [7]

Под действием загрязнителей происходит подавление репродуктивной деятельности сосны. Число шишек на дереве снижается, уменьшается число нормально развитых семян в шишках, заметно изменяются размеры женских шишек (до 15 — 20%).

Для проведения исследования в осеннее или зимнее время на ключевом участке отбирают 100 — 200 шишек (по 10 шишек с 10—20 деревьев 30—40-летнего возраста) и определяют их линейные размеры штангенциркулем, мерной лентой или полоской миллиметровой бумаги.

Полученные данные вносят в рабочую тетрадь, подсчитывают средние для ключевого участка длину и диаметр шишек и заносят данные в табл. 6.2.

Полученные результаты вносятся в табл. 11 экопаспорта и сравниваются с результатами прошлых лет. Делается вывод об изменении загрязнения атмосферы.

Таблица 6.2.

Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной (измеряемые показатели — размеры шишек сосны)

Средние значения по 10-20 деревьям
(все показатели — средние)
Средняя длина шишки, мм
Средний диаметр шишки, мм

Номера ключевых участков

Ю

Определение загрязненности атмосферы по состоянию прироста деревьев последних лет [11]

Биондикатором загрязненности атмосферы может служить ежегодный прирост деревьев по высоте, который на загрязненных участках может быть на 20 — 60% ниже, чем на контрольных.

Для индикации состояния атмосферы этим методом в сентябре следует визуальнo осмотреть на ключевых участках сосновый древостой возраста 10—15 лет. На исследуемом участке выбрать направление (например, с севера на юг), вдоль которого подсчитать все деревья подряд, кроме тех, у которых поврежден главный побег. Чтобы измерения были более точными, необходимо обследовать не менее 100 деревьев, находящихся по возможности в разных местах исследуемого участка для исключения случайных факторов, например, вредителей (хрущ, пилильщик, сосновая совка). На каждом дереве измерить длину центрального побега между двумя верхними мутовками (т. е. прирост последнего года) и определить среднюю величину прироста. Полученные данные занести в табл. 11 экопаспорта.

Определение загрязненности атмосферы по продолжительности жизни хвои (10)

Информативным по техногенному загрязнению является продолжительность жизни хвои сосны (от 1 до 4 — 5 и более лет).

С целью определения продолжительности жизни хвои на каждом участке необходимо осмотреть не менее 100 — 200 деревьев. Для удобства проведения исследования методом визуального осмотра выбираются невысокие деревья (в возрасте 10—15 лет). Результаты осмотра заносят в табл. 6.3.

Таблица 6.3.

Определение по продолжительности жизни хвои как оценки загрязненности атмосферы (измеряемый показатель — количество деревьев)

Количество осмoтренных деревьев с данной продолжительностью жизни хвои, Т		Номера ключевых участков				
		1	2		9	10
Возраст хвои 4 года и более	III					
Возраст хвои 3 года	B ₂					
Возраст хвои 2 года	B ₃					
Хвоя только текущего года	B*					

По данным таблицы рассчитывают индекс продолжительности жизни хвои Q сосны по формуле:

$$Q = \frac{3 - B_1 + 2 - B_2 + 1 - B_3}{B_1 + B_2 + B_3}$$

где B₁, B₂, B₃ — количество осмoтренных деревьев с данной продолжительностью жизни хвои. Чем выше индекс Q, тем больше продолжительность жизни хвои сосны, а значит — и чище воздух.

Затем проводят расчет средней продолжительности жизни хвои O сосны для каждого ключевого участка. Данные заносят в табл. 11 экопаспорта.

6.1.2. Определение чистоты воздуха по лишайникам

Ив, 20-221

Лишайники — широко распространенные организмы с достаточно высокой выносливостью к климатическим факторам и чувствительностью к загрязнителям окружающей среды.

Внешнее строение лишайников

Вегетативное тело лишайника — таллом, или слоевище. По внешнему виду различают три типа талломов лишайников: накипные, листоватые и кустистые. Слоевище накипного лишайника представляет собой корочку, прочно сросшуюся с субстратом — корой дерева, древесиной, поверхностью камней. Его невозможно отделить от субстрата без повреждения.

Листоватые лишайники имеют вид чешуек или пластинок, прикрепленных к субстрату с помощью пучков

грибных нитей (гиф) — ризин или отдельных тонких гиф — ризоидов. Лишь у немногих лишайников таллом сростается с субстратом только в одном месте с помощью мощного пучка грибных гиф, называемого гомфом.

У кустистых лишайников таллом состоит из ветвей или более толстых, чаще ветвящихся стволиков. Кустистый лишайник соединяется с субстратом гомфом и растет вертикально или свисает вниз.

Органы спороношения и размножения лишайников

На талломе лишайников из грибных гиф формируется плодовое тело гриба со спорами. Это расположенные на поверхности таллома апотеции или погруженные в таллом кувшиновидные перитеции. В апотециях и перитециях формируются споры для размножения гриба.

Апотеции имеют чаще блюдцевидную форму и могут быть окрашены в один цвет с талломом или в другой.

Более важным для размножения лишайников является сораль. Это такие образования, в которых одновременно присутствуют гифы гриба и клетки водоросли. Это соредии и изидии.

Они служат для размножения лишайника как целого организма. Соредии и изидии чаще встречаются у листоватых и кустистых лишайников.

Соредии представляют собой мельчайшие образования в виде пылинок, состоящих из одной или нескольких клеток водоросли, окруженных гифами гриба. Скопление соредии называют соралиями. Наличие и отсутствие соредии и соралей, их расположение, форма и окраска постоянны для определенных видов лишайников и служат определенным признаком.

Изидии встречаются реже. Они представляют собой простые или коралловидные выросты, обычно густо покрывающие верхнюю сторону таллома.

Влияние загрязнения воздуха на состояние лишайников

Лишайники способны долгое время пребывать в сухом, почти обезвоженном состоянии, когда их влажность составляет от 2 до 10% сухой массы. При этом они

1. *Леканориевый апотеции*
(а — вид сверху, б — разрез).
2. *Лецидеиновый апотеции*
(а — вид сверху, б — разрез).
3. *Перитеций*

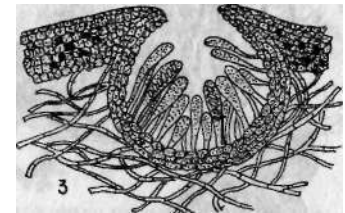
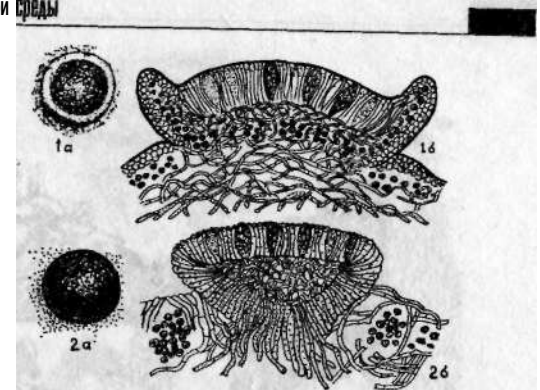
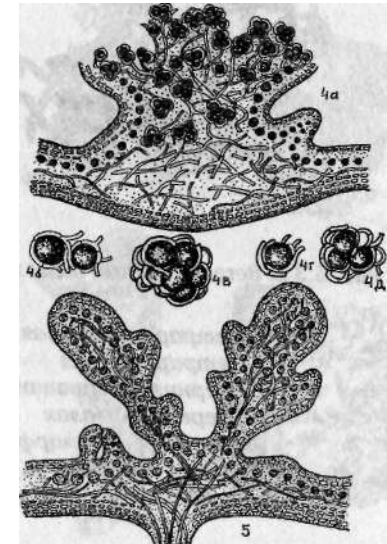
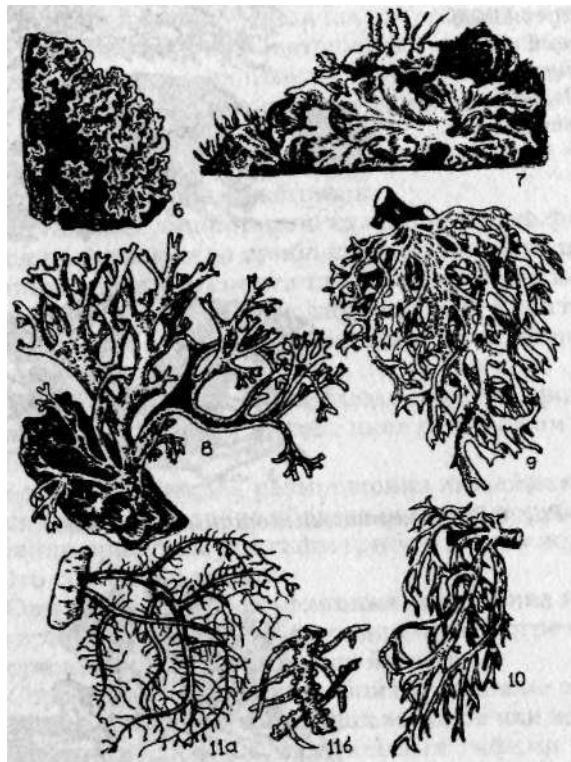


Рис. 6.3 а. Генеративные органы лишайников

4. *Строение соралей*
(а — сораль, б, в, г, д — отдельные соредии).
5. *Изидии*



Рис. 6.3 с. *Вегетативные тела кустистых лишайников*

- 6. *Цетрария сосновая*
- 7. *Цетрария сизая*
- 8. *Эверния шелушащаяся*
- 9. *Эверния сливовая*
- 10. *Эверния мезоморфная*
- П. *Уснея хохлатая* (а — таллом, б — участок таллома с сосочками и сорочками)

12. *Уснея густобородая*

(а — таллом, б — участок таллома с сосочками)

13. *Уснея жесткая*

14. *Алектория перепутанная*

15. *Ксантория настенная*

Рис. 6.3 d. *Вегетативные тела кустистых (12—14) и листоватого (15) лишайников*

16. *Канделярия одноцветная* (а — таллом, б — часть таллома, увеличено)

17. *Анаптихия красивая*

18. *Пармелия оливковая*

19. *Пармелия козлиная*

Рис. 6.3 е. *Вегетативные тела листоватых лишайников*

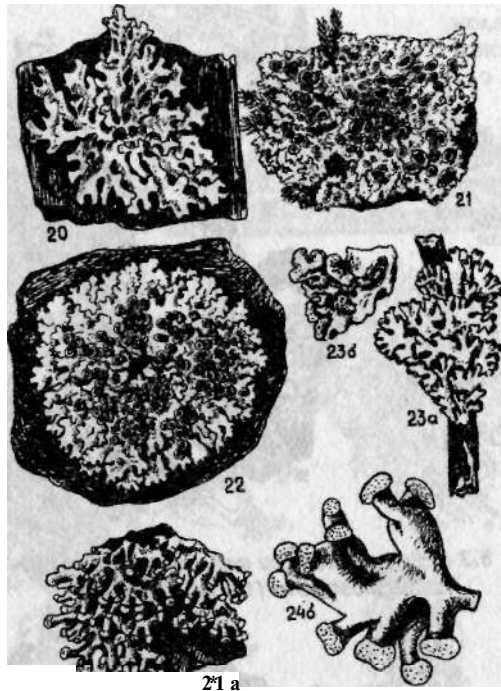


Рис. 6.3 f. Вегетативные тела листоватых лишайников

20. *Пармелия бороздчатая*
 21. *Фисция звездчатая*
 22. *Фисция аиполия*
 23. *Гипогимния вздутая* (а — таллом,
 б — участок таллома с соредиями, увеличено)
 24. *Гипогимния трубчатая* (а — таллом,
 б — участок таллома с соредиями, увеличено)

не погибают, а лишь приостанавливают все жизненные процессы до первого увлажнения. Погрузившись в такой «анабиоз», лишайники могут выдерживать сильное солнечное облучение, сильное нагревание и охлаждение.

В связи с тем, что лишайники поглощают воду всей поверхностью тела в основном из атмосферных осадков и отчасти из водяных паров, влажность слоевищ непостоянна и зависит от влажности окружающей среды. Таким образом, поступление воды в лишайники происходит, в отличие от высших растений, по физическим, а не по физиологическим законам. Недаром слоевище лишайников часто сравнивают с фильтровальной бумагой.

Минеральные вещества в виде водных растворов поступают в слоевище лишайника из почвы, горных пород, коры деревьев (хотя роль последней не доказана). Однако гораздо большее количество химических элементов лишайники получают из атмосферы с осадками и пылью. Поглощение элементов из дождевой воды идет очень быстро и сопровождается их концентрированием. При повышении концентрации соединений металлов в воздухе резко возрастает их содержание в слоевищах лишайников, причем в накоплении металлов они далеко опережают сосудистые растения. В лесу, где осадки проходят сквозь кроны деревьев и стекают со стволов, лишайники гораздо богаче минеральными и органическими веществами, чем на открытых местах. Особенно много минеральных и органических веществ попадает в тело эпифитных лишайников, растущих на стволах деревьев. Эти растения используются для наблюдения за распространением в атмосфере более 30 элементов: лития, натрия, калия, магния, кальция, стронция, алюминия, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, никеля, меди, цинка, галлия, кадмия, свинца, ртути, иттрия, урана, фтора, иода, серы, мышьяка, селена и др.

Состав минеральных элементов в лишайниковом слоевище определяют классическим методом сжигания, образующаяся зола подвергается химическому анализу на содержание того или иного элемента (методика исследования состава золы растений описана в разделе 6.2.6).

Многочисленные исследования в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к

ним территориях показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определенных видов лишайников. Особая чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в среду поглощенные токсические вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения.

По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются, и растения погибают. Изучение лишайниковой флоры в населенных пунктах и вблизи крупных промышленных объектов показывает, что состояние окружающей среды оказывает существенное влияние на развитие лишайников. По их видовому составу и встречаемости можно судить о степени загрязнения воздуха.

Наиболее резко лишайники реагируют на диоксид серы. Концентрация диоксида серы $0,5 \text{ мг/м}^2$ губительна для всех видов лишайников. На территориях, где средняя концентрация SO_2 превышает $0,3 \text{ мг/м}^3$, лишайники практически отсутствуют. В районах со средними концентрациями диоксида серы от $0,3$ до $0,05 \text{ мг/м}^3$ по мере удаления от источника загрязнения сначала появляются накипные лишайники, затем листоватые (фисция, леканора, ксантория). При концентрации менее $0,05 \text{ мг/м}^3$ появляются кустистые лишайники (уснея, алектория, анаптия) и некоторые листоватые (лобария, пармелия).

На частоту встречаемости лишайников влияет кислотность субстрата. На коре, имеющей нейтральную реакцию, лишайники чувствуют себя лучше, чем на кислом субстрате. Этим объясняется различный состав лишайнофлоры на разных породах деревьев.

На городской территории выделяют уровни (чаще всего три) — так называемые «зоны лишайников» (табл. 6.4) [20].

Таким образом, методы оценки загрязненности атмосферы по встречаемости лишайников основаны на следующих закономерностях.

Таблица 6.4.

Встречаемость лишайников в разных частях города в зависимости от среднего количества диоксида серы в воздухе

Зоны лишайников	Район города	Концентрация диоксида серы
«Лишайниковая пустыня» (лишайники практически отсутствуют)	Центр города и промышленные районы с сильно загрязненным воздухом	свыше $0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона угнетения» (флора бедна — фисции, леканоры, ксантории)	Районы города со средней загрязненностью	$0,05-0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона нормальной жизнедеятельности» (максимальное видовое разнообразие; встречаются в том числе и кустистые виды — уснея, анаптия, алектория)	Периферийные районы и пригороды	менее $0,05 \text{ мг/м}^3$

1. Чем сильнее загрязнен воздух города, тем меньше встречается в нем видов лишайников (вместо десятков может быть один-два вида).
2. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев.
3. При повышении загрязненности воздуха исчезают первыми кустистые лишайники (растения в виде кустиков с широким плоским основанием); за ними — листоватые (растут в виде чешуек, отделяющихся от коры); последними — накипные (имеют слоевище в виде корочки, сросшейся с корой).

На основании этих закономерностей можно количественно оценить чистоту воздуха в конкретном месте микрорайона школы.

Методика определения степени загрязнения воздуха по лишайникам

В лишайноиндикационных исследованиях в качестве субстрата используются различные деревья. Для оценки загрязнения атмосферы города, районного центра, поселка выбирается вид дерева, который наиболее распространен на исследуемой территории. Например, в качестве субстрата может быть использована липа мел-

колистная. Город или поселок делят на квадраты, в каждом из которых подсчитывается общее число исследуемых деревьев и деревьев, покрытых лишайниками. Для оценки загрязнения атмосферы конкретной магистрали, улицы или парка описывают лишайники, которые растут на деревьях по обеим сторонам улицы или аллеи парка на каждом третьем, пятом или десятом дереве. Пробная площадка ограничивается на стволе деревянной рамкой, например, размером 10х10 см, которая разделена внутри тонкими проволочками на квадратики по 1 см². Отмечают, какие виды лишайников встретились на площадке, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий там вид. Кроме того, указывают жизнеспособность каждого образца: есть ли у него плодовые тела, здоровое или чахлое слоевище. На каждом дереве описывают минимум четыре пробные площадки: две у основания ствола (с разных его сторон) и две на высоте 1,4— 1,6 м. Обследование можно провести по наличию какого-то одного вида лишайников на данной территории, или собрать информацию о его обилии в разных точках, или подсчитать количество всех видов лишайников, произрастающих в районе исследования. Кроме выявления видового состава, определяют размеры розеток лишайников и степень покрытия в процентах. Оценка встречаемости и покрытия дается по 5-балльной шкале (табл. 6.5).

Таблица 6.5.

Оценки частоты встречаемости и степени покрытия по пятибалльной шкале

Частота встречаемости (в %)		Степень покрытия (в %)		Балл оценки
Очень редко	менее 5%	Очень низкая	менее 5%	1
Редко	5-20%	Низкая	5-20%	2
Редко	20-40%	Средняя	20-40%	3
Часто	40-60%	Высокая	40-60%	4
Очень часто	60-100%	Очень высокая	60-100%	5

Таким образом, для каждой площадки описания и для каждого типа роста лишайников — кустистых, листоватых и накипных — выставляются баллы встречаемости и покрытия.

После проведения исследований на нескольких десятках деревьев делается расчет средних баллов встре-

чаемости и покрытия для каждого типа роста лишайников — накипных (*H*), листоватых (*Л*) и кустистых (*К*).

Зная баллы средней встречаемости и покрытия *H*, *Л*, *К*, легко рассчитать показатель относительной чистоты атмосферы (ОЧА) по формуле:

$$n_{чд} = \frac{H + 2 \times Л + 3 \times К}{30}$$

Чем выше показатель ОЧА (ближе к единице), тем чище воздух местообитания. Имеется прямая связь между ОЧА и средней концентрацией диоксида серы в атмосфере.

Результаты лишеноиндикации вносятся в табл. 12 экопаспорта. Оценку лишайникового покрова деревьев можно проводить и по методикам, описанным в работах [16, 21].

Метод пересадки лишайников

Для оценки чистоты воздуха можно воспользоваться методом трансплантации лишайников, т. е. пересадки растений в изучаемый район. Существует несколько способов трансплантации. Напочвенные лишайники переносят вместе с почвой, вырезая участки размером 20 х 20 или 50 х 50 см. Кустистые виды можно переносить в специальной посуде или подвешивать в сетках. Эпифитные виды переносят вместе с ветками или кусочками коры, на которых они росли. В исследуемом районе кору и ветки с эпифитами прикрепляют к деревьям тех же пород, с которых они были взяты, или к специальным доскам и столбам на одинаковой высоте.

Через определенные промежутки времени (обычно через 4, 8, 12 месяцев) оцениваются изменения пересаженных лишайников по 4-балльной шкале:

- 1 — повреждений нет,
- 2 — некоторые незначительные повреждения,
- 3 — сильное повреждение,
- 4 — слоевище полностью повреждено.

Кроме того, анализируются следующие признаки повреждений:

- изменение окраски слоевища;
- появление на слоевище пятен различной окраски;
- уменьшение степени прикрепления лишайников к субстрату;

- появление трещин на слоевищах;
- уменьшение числа плодовых тел (апотециев) или особых вегетативных образований (изидий).

Пересадка дает сведения об индивидуальной устойчивости видов. Она удобна еще и тем, что до некоторой степени позволяет изучать воздействие каждого загрязняющего вещества по отдельности.

Таким образом, лишеноиндикация — один из важнейших и доступных методов экологического мониторинга. Однако, используя этот метод, следует учитывать то, что лишайники, как и любые живые организмы, откликаются на всякое изменение среды. Поэтому в природе часто невозможно установить конкретную причину тех или иных повреждений лишайников, порой простое воздействие температуры или влажности может перекрывать влияние загрязнения.

Следует иметь в виду и то, что исчезновение большинства видов лишайников обусловлено не только загрязнением и низкой влажностью, существенную роль в этом играет уничтожение лесов с последующей заменой их новыми посадками. На коре саженцев, привезенных из питомника, как правило, мало или совсем нет лишайниковых слоевищ, которые в изобилии покрывают старые деревья в лесу и рассеивают множество спор, соредий и изидий. Поэтому вторичные леса, посадки намного беднее лишайниковой флорой, чем первичные. В городах, где озеленение проводится посадками в основном из питомников, очень скудный видовой состав лишайников, кроме того, они безвозвратно исчезают. По результатам лишеноиндикационных исследований можно провести картографирование территории окрестностей школы, используя лишеноиндикационные индексы, которые позволяют оценить степень загрязненности воздуха населенных пунктов, а зачастую также отыскать источник выбросов в атмосферу — очертить его линиями минимальных в исследуемом районе значений показателя относительной чистоты атмосферы (ОЧА).

§.1.3. Дополнительные метены

Методика определения лишайников [10]

Определение лишайников следует начинать с установления субстрата, на котором они собраны. Затем

следует установить тип таллома и, пользуясь ключом, определить род, а затем и вид лишайника.

В ряде случаев при определении необходимо рассмотреть срез таллома или апотеция. Срез можно приготовить лезвием безопасной бритвы, он должен быть тонким. Срез помещают на предметное стекло и рассматривают под десятикратным (или более) увеличением. Видимое в микроскопе изображение сравнивают с рисунком, приведенным в книге. В отдельных случаях для более точного определения можно воспользоваться простыми реактивами, широко применяемыми для определения лишайников. Их индикаторное действие объясняется наличием или отсутствием в лишайниках тех или иных специфических кислот или других химических веществ.

Основные реактивы

Едкое кали — 5 или 10 % раствор КОН в воде. Действует на коровой слой, сердцевину таллома и на срезы или диск апотеция. При положительной реакции они могут краснеть, желтеть или буреть, при отрицательной — не изменяются. При действии на сердцевину необходимо скальпелем соскоблить часть корки.

Белильная (хлорная) известь — концентрированный раствор-взвесь $\text{CaC}^{\wedge}\text{O}$ в воде. Сохраняется в темной, плотно закрытой склянке в течение недели. Изменение окраски может быть такой же, как и при использовании КОН.

Иод — 10 % раствора иода в йодистом калии ($\text{J}_2 + \text{KJ}$) или спиртовый раствор иода. Обычно этот реактив используют для срезов. Он придает им синюю окраску, в последующем переходящую в винно-красную.

Изменение окраски во многом зависит от свежести материала, иногда требуется до 10—15 минут, чтобы реакция четко обозначилась.

Ключ для определения наиболее распространенных лишайников

Основу определителя составляют таблицы для определения родов и видов лишайников. Таблицы построены по дихотомической схеме: каждая ступень таблицы состоит из тезы, обозначенной порядковым номером с левой стороны, и антитезы, обозначенной

цифрой «О». В тезе и антитезе приводятся наиболее характерные признаки ступени, причем антитеза всегда содержит признаки противоположные тем, которые приведены в тезе. В конце каждой тезы и антитезы стоит или цифра, или название рода, или вида лишайника. Когда справа стоит цифра, это значит, что определение лишайника нужно вести дальше, начиная с той ступени, цифра которой стоит в конце тезы или антитезы.

Таблица для определения родов лишайников

1. Слоевище лишайника имеет форму ветвистых кустиков или одиночных прямостоячих выростов.....2
0. Форма слоевища иная.....8
2. Кустистые лишайники, обитающие на стволах и ветвях деревьев, старых деревянных строениях, заборах. Слоевище в виде повисающих, реже торчащих кустиков с округлыми в поперечном сечении веточками. Иногда слоевище в виде прямостоячих, палочковидных выростов.....3
0. Слоевище с уплощенными в поперечном сечении веточками; ветви его (хотя бы частично), с завернутыми на нижнюю поверхность краями.....4
3. Веточки на поперечном разрезе правильно округлые. Кустики серовато-зеленые, главные ветви обильно покрыты короткими боковыми ветвями. При разрывании веточек обнаруживается плотный осевой стержень, состоящий из гиф и несущий механическую функцию.....*Род Уснея*
0. Таллом кустистый, прямостоячий или повисающий, с волосовидными или иногда сплюснутыми главными веточками. Осевой стержень в отличие от рода *уснея* отсутствует.....*Род Бриория*
4. Слоевище коричневое или почти черное, редко желтовато-зеленое или беловато-коричневатое. Лентовидные ветви местами трубчато завернуты. Растут исключительно на почве.....*Род Цетрария*
0. Слоевище лишайника имеет другую окраску. Лентовидные ветви более или менее плоские или выпуклые, реже с завернутыми краями. Растут преимущественно на деревьях.....5

- Кустики мягкие. По краям ветвей располагаются реснички. Верхняя сторона слоевища серая, нижняя — беловатая. Слоевище местами плотно срастаются с субстратом, приближаясь к листоватому типу, но ветки имеют большое количество узких приподнимающихся лопастей.....*Род Анаптихия*
- Веточки не имеют ресничек.
- Сердцевинная ткань рыхлая.....6
6. Лопастни слоевища плоские, 2 — 4 мм ширины, края их завернуты вниз. Верхняя поверхность серая, часто с изидиями, нижняя окрашена от бледно-розового до темно-фиолетового цвета.....*Род Псевдоэверния*
 0. Лопастни слоевища угловато -округлые, 1—2 мм в диаметре, очень мягкие. Или лопастни плоские с серовато-зеленоватой верхней и более светло -окрашенной нижней поверхностью.....*Род Эверния*
 7. Слоевище листоватое или имеет вид чешуек или довольно крупных, разнообразно изрезанных пластинок, прикрепляющихся к субстрату всей или большей частью нижней своей поверхности при помощи ризин — пучков грибных гиф; у некоторых слоевище прикрепляется только в одном месте, большей частью в центре, пучком гиф, носящим название гомфа.....8
 0. Слоевище в виде гладкой, порошистой, зернистой бородавчатой корочки или мелких чешуек, плотно прикрепленных к субстрату.....19
 8. Слоевище желтого или оранжевого цвета.....9
 0. Слоевище другого цвета.....11
 9. Слоевище от КОН ярко краснеет. На его поверхности расположены апотеции, наиболее густо — в центре таллома. Апотеции имеют одинаковую со слоевищем окраску.....*Род Ксантория*
 0. Слоевище от КОН не краснеет.....10
 10. Слоевище мелкое, чешуйчатое, ярко-желтое. Лопастни в виде маленьких перисто-рассеченных чешуек, по краю приподнимаются над субстратом. Апотеции редки, сидячие.....*Род Канделария*
 0. Слоевище более крупное и лимонно-желтое или зеленовато-желтое, с более или менее приподнимающимися краями.

- Соредии и апотечии находятся по краям пластинок.....Часть видов рода *Цетрария*
11. Слоевище очень тонкое, нежное, розетковидное, в центре плотно прилегает к субстрату, сероватое, беловато-сероватое или светло-беловато-зеленоватое. Лопастни узкие.....*Род Пармелеопсис*
 0. Слоевище более грубое, с широкими лопастями. Легко отделяется от субстрата.....12
 12. Слоевище серовато-зеленоватое, беловато-сероватое, желтовато-сероватое или коричневатое, снизу темное, может быть немного светлее. Слоевищные лопастни вздутые, сердцевина их рыхлая, внутри имеется полость.....*Род Гипогимния*
 0. Признакииные.....13
 13. Слоевище обычно розетковидное с радиально расположенными узкими лопастями. Споры коричневые, двухклеточные.....14
 0. Лопастни слоевища более или менее округлые. Споры бесцветные, одноклеточные.....16
 14. Слоевище серое, серовато-коричневатое, коричневое с беловатым налетом. Споры бородавчатые.....*Род Фискония*
 0. Слоевище без налета или с очень слабым налетом. Споры гладкие.....15
 15. Слоевище серое, от КОН желтеет. Апотечии леканоровые с темным диском и светлым краем.....*Род Фисция*
 0. Слоевище серо-коричневатое, коричневое, от КОН в окраске не изменяется. Апотечии леканоровые с коричневым диском и светлым краем. Споры с гладкой оболочкой двухклеточные, коричневые.....*Род Феофисция*
 16. Апотечии развиваются главным образом по краям лопастей.....17
 0. Апотечии располагаются обычно по всей поверхности.....18
 17. Слоевище, розетковидное, крупнолопастное, с приподнятыми, как бы разорванными краями. Кора слоевища из толстостенных удлинённых клеток.....*Род Платизмация*
 0. Слоевище от листоватого, распростертого до кустистого. Кора слоевища состоит из тонкостенных коротких клеток.....*Род Цетрария*
 18. Слоевище розетковидное, с широкими, складчато-волнистыми лопастями, с приподнимающимися концами. На поверхности слоевища расположены псевдоцифеллы — беловатые пятнышки, представляющие собой разрывы коры *Род Цетрелия*
 0. Слоевище листоватое, чаще розетковидное, окрашенное от сероватого до почти черного цвета. Поверхность слоевища без псевдоцифелл. Апотечии образуются редко. Лишайник размножается преимущественно соредиямиизидиями.....*Род Пармелия*
 19. Плодовые тела отсутствуют. Слоевище стерильное. ... 20
 0. Плодовые тела имеются.....21
 20. Слоевище порошисто-сореднозное. На коре деревьев у основания стволов. *Род Лепрария*
 0. Слоевище в виде гладкой или морщинистой корочки с белыми кучками округлых сорелей. На коре деревьев.....*Род Пертузария*
 21. Апотечии в виде мелких гвоздиков на тонких ножках. На их поверхности имеется мацедий — толстый слой споровой порошистой массы.....*Род Калициум*
 0. Апотечии другого строения.....23
 22. Апотечии лецидеевые, почти черные. Слоевище накипное с гладкой, бородавчатой, зернистой или порошистой поверхностью.....*Род Лецидея*
 0. Апотечии другого строения.....24
 23. Апотечии биаторовые, чаще с желтовато-буроватым оттенком, мягкие по консистенции. Слоевище накипное, в виде однородной бородавчатой, зернистой или гладкой корочки, часто потрескавшейся, обычно зеленовато-серого цвета.....*Род Биатора*
 0. Апотечии леканорового типа. Слоевище корковое, сероватое, реже желтоватое, гладкое. Зернистое, иногда малозаметное.....*Род Леканора*
 24. Слоевище мелкозернистое, желтое или оранжевое, от КОН не краснеет. Апотечии редки ... *Род Канделяривлла*

Таблица для определения видов лишайников

Род Уснея

1. Таллом прямостоячий, 5 — 7, редко до 12 см длины, сильно разветвленный, серовато- или желтовато-зеленый, у основания — черноватый. Главные веточки на поверхности несут сосочки. Вторичные ветви нитевиднотонкие, покрыты крупными соралиями в виде беловатых пятен. Апотеции почти всегда отсутствуют. На коре деревьев, особенно на ветвях елей и стволах старых берез.....*Уснея хохлатая*
0. Цвет таллома иной.....2
2. Таллом повисающий вниз, длинный (до 30 см), сильно разветвленный, серовато- или пепельно-грязно-зеленоватый. Сердцевина от КОН желтеет, затем краснеет, иногда очень медленно. Главные веточки с многочисленными мелкими сосочками. Вторичные веточки с редкими фибриллами и мелкими соралиями. У основания таллома на коре его образуется черное кольцо. Апотеции редки. На стволах деревьев, особенно на старых березах с бугорчатой корой и елях.....*Уснея густобородая* (рис. 5.3 [12])
0. Таллом прямостоячий, кустистый, сильно разветвленный, 3 — 8 см длины, бледно- или темно-зеленый или зеленовато-желтый, у основания не темный. Главные ветви без сосочков, ямчатые, с многочисленными фибриллами и соралиями. Вторичные веточки с соредиями. Сердцевина от КОН не изменяется. Апотеции обычно отсутствуют. На коре деревьев, преимущественно сосны и березы.....*Уснея жесткая* (рис. 5.3 [13])

Род Бриория

1. Слоевище повисающее, до 20 см длины, с плоскими соралиями, от КОН не изменяется в окраске. На деревьях лиственных и хвойных пород.....*Бриория сероватая*
0. Слоевище повисающее, до 20 см длины, от сероватого до бледно-коричневатого цвета, от КОН желтеет, затем краснеет. Веточки таллома округлые, дихотомически разветвленные, у основания и в местах ветвления могут быть немного уплощены. Соралии отсутствуют. На коре деревьев, чаще хвойных, реже лиственных пород (большой частью на березе).....*Бриория перепутанная*

Род Цетрария

1. Слоевище состоит из вертикальных лопастей, 0,5 — 5 см ширины и до 10 см высоты, зеленовато-коричневого

цвета. Лопасты плоские, желобчатые или почти свернуты в трубку, с белыми пятнами — псевдоцифеллами на нижней (наружной) стороне, и короткими ресничками по краю. Основание лопастей от ярко-красного до темно-красного цвета. Апотеции до 1,5 см в диаметре, с бурым диском, развиваются по краям лопастей. На почве в сосновых лесах.....*Цетрария исландская*

0. Слоевище иного строения.....2
2. Слоевище до 3 см в диаметре, розетковидное, без соредиев. Лопасты таллома оливково- или темно-коричневые, приподнимающиеся с темно-коричневыми апотециями на концах лопастей. На коре деревьев различных пород. Особенно часто на ветвях березы. На обработанной древесине и на заборах.....*Цетрария заборная*
0. Слоевище с соредиями по краям лопастей.....3
3. По краям волнисто-курчавых, сильно приподнятых лопастей располагается сплошная кайма беловатых соредиев. Апотеции встречаются редко. Верхняя поверхность зеленовато-коричневая или светло-оливковато-коричневая, слегка блестящая. Изидии встречаются редко и очень скоро распадаются на соредии. На коре и ветвях древесных пород.....*Цетрария хлорофилловая*
0. Лопасты слоевища с каймой ярко-желтых соредиев по краям. Слоевище неопределенной формы или неправильно розетковидное, до 5 см ширины, довольно плотно прикреплено к субстрату в центре, с приподнимающимися по краям лопастями. Лопасты расположены довольно тесно, иногда налегают своими краями друг на друга. Верхняя поверхность ярко-желтая, желтовато-зеленоватая или лимонно-желтая. Более или менее гладкая. Нижняя — почти одного цвета с верхней, с редкими, довольно длинными, беловатыми ризинами. Кора слоевища и сердцевина от КОН не изменяется в окраске. На стволах, ветвях и у основания стволов различных пород деревьев. Может встречаться на кустарниках и обработанной древесине.....*Цетрария сосновая*

Род Анаптия

1. Таллом листоватый, в виде пепельно- или беловато-серых розеток, плотно приросших к субстрату, до 10 см в диаметре. Лопасты длинные, перисто-разветвленные, с расширенными и приподнимающимися вверх концами,

на которых с нижней стороны образуются белые головчатые сорали или соредии в виде беловатого порошистого налета. По краям лопастей могут развиваться беловатые реснички. От КОН таллом желтеет, затем окраска переходит в ржаво-красную. Апотечии редки. На коре деревьев. *Апатихия красивая*

0. Слоевище листоватое или кустистое, лопастное, ветвистое. Лопасты по краям с ресничками. Верхний коровой слой из параллельно расположенных гиф. Апотечии леканоровые. На коре осин и других лиственных пород. *Апатихия реснитчатая*

Род Псевдоэверния

1. Слоевище кустистое, повисающее, с дихотомически разветвленными лопастями. Верхняя сторона их серая с многочисленными изидиями. Нижняя сторона розоватая или даже мясо-красная. По мере старения лопасти становятся лилово-черными с завернутыми вниз краями. Апотечии встречаются крайне редко. На стволах и ветвях сосен и берез, реже на обработанной древесине. *Псевдоэверния шелушащаяся*

Род Эверния

1. Лопасты слоевища плоские, 1—6 мм ширины, сверху серовато- или желтовато-зеленоватые, снизу беловатые, часто с розовым оттенком, по краям с многочисленными округлыми беловатыми соралиями. *Эверния сливовая*
0. Лопасты слоевища округло-угловатые, радиального строения, только в местах ветвления уплощенные. Лопасты 1—2 мм ширины, серовато-зеленые, сверху сплошь покрытые одноцветными со слоевищем соредиями. Апотечии чаще отсутствуют. На коре деревьев, обработанной древесине и на засохших ветвях сосны на болотах. *Эверния мезоморфная*

Род Ксантория

1. Слоевище только с апотечиями. *Ксантория настенная*
0. Слоевище с соредиями или изидиями. *Ксантория настенная*
2. Таллом свыше 3 см в диаметре, в виде правильных оранжево-желтых розеток, состоящих из крупных, широких, округлых по краю лопастей. На концах лопасти выемчато-изрезанные. В центре таллома многочисленные апотечии, диск которых окрашен ярче таллома. Обыкновенный лишайник, встречающийся на коре осины, тополя, на старых дощатых строениях и на камнях. *Ксантория настенная*

0. Слоевище до 1,5 см в диаметре, в виде маленьких подушечек. Слоевищные лопасти до 0,5 мм ширины, густо покрыты апотечиями. На деревьях, старой древесине. *Ксантория многоплодная*
3. Лопасты плоские, узкие, перисто-рассеченные, собранные в виде маленьких подушечек оранжевого цвета. По их краям располагаются зернистые изидии и желтоватые соредии. *Ксантория воскоподобная*

Род Канделярия

1. Таллом розетковидный или часто неправильной формы, мелко-лопастной или чешуйчатый, 0,5 — 2 см в диаметре. Лопасты в виде маленьких перисто-рассеченных чешуек. По краю приподнимаются над субстратом. Край лопастей покрыты многочисленными мелкозернистыми изидиями. Таллом желто-зеленый или оранжевый. На стволах и ветвях свободно стоящих деревьев, преимущественно лиственных, реже хвойных, на обработанной древесине. Часто встречается вблизи жилья человека. *Канделярия одноцветная*

Род Пармелеопсис

1. Слоевище беловато-зеленоватое или зеленовато-желтое, с головчатыми соралиями, часто сливающимися в центре в сплошную порошащую соредиезную массу. Апотечии встречаются редко, до 2 мм в диаметре с коричневым диском. *Пармелеопсис сомнительный*
0. Слоевище беловато-сероватое, "иногда с коричневым оттенком. *Пармелеопсис сомнительный*
2. Слоевище с крупными головчатыми, беловатыми соралиями, иногда в центре сливающимися в сплошную соредиезную массу. Нижняя поверхность темная с многочисленными темными ризинами. Апотечии встречаются редко. На коре древесных пород чаще у основания стволов сосен и берез, иногда на обработанной и гниющей древесине. *Пармелеопсис темный*
0. Слоевище с зернистыми или коротко-цилиндрическими сероватыми изидиями. Слоевищные лопасти узкие, до 1 мм ширины. Апотечии встречаются редко. На коре сосен, пнях, реже на обработанной и гниющей древесине. *Пармелеопсис бледнеющий*

Род Гипогимния

1. Соредии на нижней поверхности более или менее приподнятых и губовидно расширенных концов лопастей, нередко отогнутых кверху. Таллом сверху

пепельно- или беловато-серый, снизу черный, к краям часто коричневый, 2 — 15 см в диаметре. Лопастей его 2 — 3 мм ширины, большей частью сидячие или на коротких ножках, коричневые, встречаются редко.

Преимущественно на стволах и ветвях хвойных и лиственных пород.....*Гипогимния вздутая*

О, Соредии на концах, но не на нижней поверхности лопастей.....2

2. Розетки таллома сверху от голубовато-серого (в тенистых местах) до светло- или темно-коричневого, по периферии несколько более светлые, снизу черные. Лопастей таллома прилегают друг к другу и срастаются краем, от чего поверхность таллома становится радиально-волнисто-складчатой. По периферии таллома на концах лопастей его располагаются беловатые сорали, заходящие иногда на верхнюю поверхность. На коре деревьев.....*Гипогимния Биттера*

О. Розетки таллома сверху пепельно-серые, снизу черные, до 6 — 8 см в диаметре, лопасти таллома полые внутри, узкие (1—2 мм ширины), вздутые, на концах приподнятые, куполообразно утолщенные и покрытые здесь сплошь беловатыми головчатыми соралиями. Апотечии очень редки. Таллом и сорали от КОН сначала желтеют, а затем становятся коричневато-красными. На ветвях и на стволах древесных пород (преимущественно хвойных и березы). Изредка растет как примесь к другим эпифитным лишайникам, особенно вместе с гипогимнией вздутой.....*Гипогимния трубчатая*

Род ФИСКОНИЯ

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев и изидиев, розетковидное, до 10—12 см в диаметре, коричневатое с обильным беловатым зернистым налетом. Слоевеищные лопасти широкие, до 2 мм ширины, с закругленными расширенными плоскими концами. Апотечии 2 — 5 мм в диаметре, обильно развиваются в центральной части слоевища, обычно покрыты сизым налетом. На коре лиственных деревьев, чаще на осинах.....*Фискония припудренная*

О. Слоевеище с соралиями, апотечии образуются редко. Слоевеище в виде розеток, 5 — 9 см в диаметре, серо-коричневатое, с беловатым зернистым налетом. По краям лопастей развиваются беловатые или сероватые сорали. Нижняя сторона беловатая. Ризины простые, лишь на концах с небольшой кисточкой. На коре лиственных пород деревьев, особенно на осинах.....*Фискония серая*

Род ФИСЦИЯ

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев.....2

О. Слоевеище с соредиями, апотечии образуются редко.....3

2. Слоевеище розетковидное, до 10 см в диаметре, голубовато-сероватое, с легким беловатым налетом. Лопастей до 3 мм ширины, вильчато разветвленные. Апотечии с голым или покрытым густым сизым налетом диском. Сердцевина от КОН желтеет. На коре деревьев лиственных пород.....*Фисция серо-голубая*

О. Слоевеище розетковидное, 2 — 7 см в диаметре, сизовато-серое, без налета. Лопастей лучисто расходящиеся из центра, 0,5 — 1 мм ширины. Апотечии с голым или с легким налетом диском. Сердцевина от КОН не изменяется в окраске. На коре деревьев лиственных пород, чаще на осинах.....*Фисция звездчатая*

3. Слоевеище розетковидное, 2 — 5 см в диаметре, прижатое к субстрату, серое, с радиально расходящимися узкими лопастями, 0,5—1 мм ширины. Сорали головчатые, беловатые, расположены по всей поверхности слоевища, в центре часто сливающиеся. На коре деревьев и обработанной древесине.....*Фисция сизая*

О. Слоевеищные лопасти по краям со светлыми или темными длинными ресничками. Лопастей короткие, 3 — 4 мм длины, торчащие вверх, на концах шлемовидно расширены, с нижней вогнутой стороны развиваются беловатые сорали. На коре деревьев и обработанной древесине. Довольно распространенный вид.....*Фисция нежная*

Род Феофисция

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев и изидиев, розетковидное, 3 — 5 см в диаметре. Лопастей радиально расположенные, 0,5 — 1 мм ширины. Нижняя сторона черная, с густыми черными ризоидами, выступающими между лопастями в виде черной каймы. Апотечии леканоровые с коричневым диском и светлым краем. От КОН не изменяется в окраске. На коре лиственных пород деревьев, часто на осинах.....*Феофисция реснитчатая*

Слоевище с соредиями или изидиями, апотечии встречаются крайне редко.....2

2. Слоевеище в виде небольших розеток, 1 — 1,5 см ширины, серовато-коричневатого цвета. Слоевеищные лопасти узкие, 0,05 — 0,15 мм ширины, по краям с мелкими

- зернистыми сораями. На коре лиственных пород деревьев.....*Феофисция черноватая*
0. Слоевище в виде небольших розеток, до 3 см в диаметре. Слоевишные лопасти шириной от 0,5 до 1 мм, серовато-коричневые, с характерными головчатыми светлыми сораями, расположенными по всей поверхности слоевища. На коре деревьев лиственных пород и на старой древесине.....*Феофисция округлая*

Род Платизмация

1. Слоевище розетковидное, крупнолопастное, до 10 см в диаметре, с приподнятыми, разорванными краями. Верхняя поверхность сероватая или зеленоватая. Нижняя — темно-коричневая с редкими ризинами в центре. По краям лопастей располагаются коралловидные изидии и соредии. Апотеции встречаются редко. На коре деревьев.....*Платизмация сизая*

Род Цетрелия

1. Слоевище розетковидное, до 20 см в диаметре, с широкими, складчато-волнистыми лопастями, с приподнимающимися концами. Верхняя поверхность сероватая, серовато-зеленоватая, с мелкими беловатыми пятнами — псевдоцифеллами. Соредии в виде сплошной беловатой каймы располагаются по краям лопастей. Нижняя поверхность в центре розеток черная с черными ризинами, по краям коричневая, без ризин. Апотеции встречаются очень редко. На деревьях лиственных и хвойных пород.....*Цетрелия цетрариевидная*

Род Пармелия

1. Верхняя сторона слоевища коричневая, более или менее темная.....2
0. Верхняя сторона светлая, сероватая, беловато-сероватая, желтовато-зеленоватая.....6
2. Слоевище с апотециями, без соредиев и изидиев.....3
0. Слоевище с изидиями и соредиями.....5
3. Слоевище плотное, жесткое, по краям приподнимающееся. Верхняя сторона от сероватой до грязно-зеленовато-коричневой, часто с сизоватым налетом, от КОН желтеет. Лопасти 5—10 мм ширины. Апотеции большие, вогнутые, с зазубренным краем. На коре деревьев лиственных пород, на обработанной древесине, заборах, крышах домов.....*Пармелия блюдчатая*

0. Слоевище тонкое, от КОН цвета не меняет.....4
4. Сердцевина таллома от КОН не изменяется Б окраске. Таллом листоватый, в виде розеток, реже неправильной формы, до 10 см в диаметре, плотно прижатый к субстрату. Лопасти 2 — 5 мм ширины, тесно сомкнуты или слегка налегают друг на друга, по краям с округлыми выемками. Верхняя сторона таллома зеленовато-коричневая, по краям лопастей гладкая, блестящая, к центру морщинистая, иногда с сероватым налетом, без соредиев и изидиев; нижняя — черная, на концах более светлая. Апотеции в центре таллома многочисленные, до 5 мм в диаметре, с вогнутым красновато-коричневым блестящим диском и слоевишным краем того же цвета, что и таллом. На коре лиственных пород, реже на хвойных и на обработанной древесине, в хорошо освещенных местах.....*Пармелия оливковая*
0. Слоевище розетковидное, до 5 см в диаметре, плотно прикрепленное к субстрату. Лопасти тесно сомкнутые, с единичными псевдоцифеллами на концах или без них. Верхняя сторона темно-коричневая, блестящая, реже матовая, без соредиев и изидиев; нижняя матовая, темная, ближе к краям несколько светлее. Апотеции развиваются по всему слоевищу как в центре, так и на периферии. На коре и ветвях различных деревьев *Пармелия северная*
5. Изидии бородавчатые, зернистые, сплюснутые. Слоевище розетковидное или неопределенной формы, тонкое, плотно прилегающее к субстрату. Лопасти 2 — 5 мм длины, тесно сомкнутые, с округлыми краями. Верхняя поверхность оливково-зеленая или коричневато-зеленоватая, гладкая; нижняя • — в центре черная, матовая, ближе к краям более светлая до серой или серовато-коричневой, с многочисленными ризинами. Апотеции встречаются редко, до 2 мм в диаметре, со светло- или темно-коричневым диском и с неровным бородавчатым краем. На стволах и ветвях различных лиственных и хвойных древесных пород.....*Пармелия шероховатистая*
0. Изидии мелкобородавчатые, почти зернистые. Слоевище розетковидное, до 8 см в диаметре, плотно прилегающее к субстрату. Лопасти до 2 — 6 мм ширины. На концах слегка расширенные, с мелко-волнистыми или зубчато-надрезанными краями. Верхняя поверхность оливково-коричневая, зеленовато-коричневая или серо-коричневая. Апотеции до 6 мм в диаметре, с коричневым, блестящим диском с характерным изидиозным краем. На стволах и ветвях различных древесных пород.....*Пармелия шероховатая*

6. Таллом листоватый, чаще неправильно-розетковидный, до 20 см в диаметре, в центре плотно прикрепленный к субстрату, по периферии со слегка приподнимающимися лопастями. Лопасты обычно тесно сомкнутые, налегающие друг на друга, с закругленными концами, 15 мм ширины. Верхняя поверхность, в зависимости от условий освещенности, желтовато-зеленоватая (в светлых местах) или серовато-зеленоватая (в тени). Нижняя сторона коричневатая. Апотеции с красновато-коричневым выпуклым диском, встречаются редко. Поверхность таллома от КОН желтеет. Очень полиморфный вид, форма таллома изменяется в зависимости от субстрата. На гладком субстрате таллом более прижатый, распростертый, гладкий, лопасти более крупные; на шероховатом — морщинисто-складчатый. На различных субстратах, но чаще на стволах лиственных пород.....*Пармелия козлиная*
0. Таллом неправильно-розетковидный, 5 — 15 см в диаметре. Лопасты 3 — 4 мм ширины и 5 — 20 мм длины, выемчатые, тесно собранные или немного расходящиеся, на концах тупые. Верхняя сторона таллома голубовато- или зеленовато-серая, сетчато-морщинистая, нижняя — черная, густо покрыта до концов лопастей черными, простыми или ветвящимися ризинами. Апотеции до 2 см в диаметре, коричневые, с выпуклым диском, редки. Таллом от КОН желтеет. На стволах и ветвях лиственных, реже хвойных пород, обычно на хорошо освещенных местах.....*Пармелия бороздчатая*

Род Лепрария

1. Слоевище накипное, в виде мучнисто-соредиозной корочки. Апотеции неизвестны. Слоевище в виде голубовато-зеленой, порошистой корочки, от КОН не изменяется в окраске или слабо желтеет, а затем медленно краснеет. В лесной зоне встречается на нижней части стволов деревьев, чаще на основаниях стволов сосен.....*Лепрария синеовато-зеленоватая*

Род Пертузария

1. Слоевище накипное, в виде бугорчато-зернистой или соредиозной корочки, иногда с соралиями и изидиями. Слоевище очень горькое на вкус, в виде тонкой гладкой или морщинистой корочки. Сорали многочисленные, сильно выпуклые, иногда сливающиеся вместе, тоже горькие. На коре деревьев лиственных и хвойных пород.....*Пертузария горькая*
0. Слоевище и сорали не горькие. Край слоевища с четко выраженными концентрическими зонами (чере-

дующимися светлыми и темными полосами). Сорали многочисленные, выпуклые, крупные, до 2 мм в диаметре, без краев. На коре деревьев лиственных пород.....*Пертузария шариконосная*

Род Калициум

Слоевище накипное, в виде гладкой или зернисто-бугорчатой корочки. Апотеции на тонких ножках, реже сидячие. Головки апотеция покрыты мацедием. Обитают на коре деревьев и гниющей древесине.....*Калициум species*

Род Лецидея

Таллом тонкий. Беловатый или сероватый, мелко-бородавчатый, иногда потрескавшийся. Апотеции до 1,3 мм в диаметре, рассеяны по всему таллому, иногда скучены в одном месте, округлые или от взаимного давления угловатые, голые, буровато-черные. Сердцевинный слой синее от йода. На коре деревьев лиственных пород, а также на обработанной древесине.....*Лецидея скученная*

1 Б.2. Шизико-химические методы

5.2.1. Снег - индикатор чистоты воздуха

Снеговой покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу. В связи с этим снег можно рассматривать как своеобразный индикатор чистоты воздуха.

В зависимости от источника загрязнения изменяется состав снегового покрова. Так, вблизи котельных, железнодорожных сетей, обслуживаемых тепловозами на мазутном топливе, большого потока автотранспорта, работающего на дизельном серосодержащем топливе, а также ряда специфических промпредприятий следует ожидать повышенное содержание соединений серы. Антропогенные источники содержания соединений азота — автотранспорт, теплоэнергетика, промпредприятий. Информативным является показатель величины рН снеговых вод. В обычном (незагрязненном) состоянии он изменяется от 5,5 до 5,8. Вблизи металлургических заводов, около ТЭЦ, котельных, как пра-

вило, рН снега имеет более высокие значения, т. е. обозначает слабощелочную или щелочную среду, что связано, по-видимому, с выпадением зольных частиц, содержащих соединения гидрокарбонатов калия, кальция, магния, повышающих рН снеговой воды.

Вдоль автомобильных трасс, в местах выбросов промпредприятиями продуктов сгорания с преобладанием оксидов серы, азота, углерода рН снегового покрова уменьшается, свидетельствуя о кислотности осадков.

Анализ снегового покрова следует проводить один раз в конце зимнего сезона. Снег нужно брать по всей глубине его отложения в стеклянные банки (удобнее трехлитровые). Сразу после таяния пробы, когда температура талой воды сравняется с комнатной, проводят ее анализ. Для проведения химического анализа снегового покрова территорию микрорайона школы следует поделить на квадраты, в каждом из них взять пробу снега массой не менее 3 кг. После того как температура талой воды сравняется с комнатной, проводят анализ на следующие компоненты: соединения азота (в нитритной, нитратной и аммиакатной формах), сульфаты, некоторые тяжелые металлы по тем методикам, которые описаны ниже в разделе по анализу физико-химических свойств воды. Кроме того, необходимо определить общее солесодержание, наличие нерастворимых веществ и кислотность снеговой воды. Общее солесодержание талой воды находят путем прибавления к 500 мл профильтрованной талой воды 5 мл 10% раствора соляной кислоты с последующим выпариванием до сухого остатка и взвешиванием. Наличие нерастворимых веществ определяется путем фильтрования, высушивания осадка на фильтре и взвешивания.

Результаты анализа заносятся в табл. 13 экопаспорта.

Ш. Определение запыленности воздуха [7, 101]

Вблизи дороги и — для контроля — в удалении от нее выбирают по 5 деревьев одной породы. На высоте 1 — 1,5 м со стороны дороги с каждого дерева срывают по 10 листьев и помещают в чистую стеклянную банку с крышкой. В другую банку таким же образом собирают листья с контрольных деревьев, растущих вдали от

дороги. Места взятия проб отмечают на карте микрорайона.

Листья в банках заливают дистиллированной водой, затем тщательно смывают пыль с поверхности каждого листа. Воду фильтруют и взвешивают массу осадка после сушки. Полученный результат дает массу пыли на обмытой поверхности.

Для определения поверхности обмытых листьев берут 5 листочков, лучше разных по размеру, протирают их от воды и обводят каждый из них на бумаге. Затем вырезают по контуру и взвешивают вырезанные проекции листа. Из той же бумаги вырезают квадрат 10 x 10 см и взвешивают его. Рассчитывают поверхность обмытых листьев по формуле:

$$S = \frac{M_i - III}{5 - M_g} \quad (DM2),$$

где M_j — масса бумаги, вырезанной по контурам 5 листьев;

M_g — масса 1 дм² бумаги;

III — количество обмытых листьев.

После этого можно определить, сколько пыли осаждается на 1 кв. м поверхности листьев, а зная точное время накопления пыли (от последнего сильного дождя до момента исследований), можно подсчитать среднюю скорость осаждения пыли за сутки (— —):

$$v = \frac{t - 100}{S - t} \quad \text{м}^2 \cdot \text{сут}$$

где t — масса пыли, г;

S — поверхность обмытых листьев, дм²;

t — время осаждения пыли, сут.

Проведя подобные исследования в разных точках микрорайона, можно построить карту запыленности воздуха на данной территории.

Полученные данные вносят в табл. 16 экопаспорта.

В.2.3. Дополнительные методы

Экспресс-методы определения углекислого газа в воздухе помещений [24]

1 способ. Метод основан на реакции углекислоты с Раствором кальцинированной соды.

В шприц объемом 100 мл набирают 20 мл 0,005% раствора кальцинированной соды с фенолфталеином, имеющего розовую окраску, а затем засасывают 80 мл воздуха и встряхивают в течение 1 мин. Если не произошло обесцвечивания раствора, воздух из шприца осторожно выжимают, оставив в нем раствор, вновь набирают порцию воздуха и встряхивают еще 1 мин. Эту операцию повторяют 3 — 4 раза, после чего добавляют воздух небольшими порциями по 10 — 20 мл, каждый раз встряхивая содержимое 1 мин до обесцвечивания раствора. Подсчитав общий объем воздуха, прошедшего через шприц, определяют концентрацию CO₂ в воздухе по приводимой табл. 6.6.

Таблица 6.6.

Зависимость содержания CO₂ в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005% раствора соды

Объем воздуха, мл	Концентр. CO ₂ , %	Объем воздуха, мл	Концентр. CO ₂ , %	Объем воздуха, мл	Концентр. CO ₂ , %
80	0,32	330	0,116	410	0,084
160	0,208	340	0,112	420	0,080
200	0,182	350	0,108	430	0,076
240	0,156	360	0,104	440	0,070
260	0,144	370	0,100	450	0,066
280	0,136	380	0,096	460	0,060
300	0,128	390	0,092	470	0,056
320	0,120	400	0,088	480	0,052

2 способ. Принцип метода: определение основано на нейтрализации слабоаммиачного раствора углекислым газом в присутствии индикатора фенолфталеина. В дальнейшем производится сравнительное исследование изучаемого воздуха и воздуха открытой атмосферы, где содержание CO₂ держится на уровне 0,04% в городе и 0,03% в сельской местности.

Оборудование

1. Пробирки вместимостью 30 см³.
2. Шприц вместимостью 20 см³.

Реактивы. 1. Аммиак — 25% раствор. 2. Фенолфталеин — 1% раствор спиртовой. 1 г фенолфталеина растворяют в 80 см³ этанола и доводят объем до 100 см³ водой. 3. Поглотительный раствор. К 500 см³ дистиллированной воды добавляют 0,04 см³ раствора аммиака и 1 — 2 капли 1% раствора фенолфталеина.

Ход определения: в пробирку наливают 10 см³ поглотительного раствора и закрывают резиновой пробкой, которую заранее протыкают иглой от шприца. Сначала исследование проводят с воздухом открытой атмосферы. Для этого воздух забирают шприцем до отметки 20 см³ и под давлением вводят через иглу в пробирку с аммиачным раствором. Не отпуская поршня, пробирку энергично взбалтывают для поглощения CO₂ из воздуха. Эти манипуляции проводят до полного обесцвечивания поглотительного раствора. Записывают, сколько раз (количество шприцев) пришлось вводить воздух из шприца в пробирку, чтобы раствор обесцветился.

После этого пробирку освобождают от использованного раствора, ополаскивают дистиллированной водой, заполняют 10 см³ свежего поглотительного раствора и точно так же проводят определение с исследуемым воздухом. Снова записывают количество шприцев, пошедших на обесцвечивание раствора. Как правило, во втором случае для нейтрализации аммиачного раствора требуется меньшее количество шприцев воздуха.

Концентрацию оксида углерода (IV) в воздухе определяют по формуле:

$$w(\%) = \frac{0,04 \times n}{n_i},$$

где n — количество шприцев воздуха открытой атмосферы;

n_i — количество шприцев исследуемого воздуха.

Определение диоксида серы в воздухе лаборатории [24]

ПДК рабочей зоны SO₂ = 10 мг/м³. Под действием сернистого газа происходит резкое раздражение слизистых оболочек, спазм голосовой щели.

Принцип метода — восстановление иода сернистым газом до иодоводорода.

В поглотитель Полежаева (или иной подобный поглотитель, см. рис. 6.4) наливают 1 мл поглотительного раствора, состоящего из смеси 0,0001 г раствора иода с крахмалом. Через поглотитель протягивают с помощью аспиратора (рис. 6.5) воздух со скоростью 10 мл/мин (при такой скорости можно легко сосчитать проходящие

через поглотительный раствор пузырьки воздуха) до исчезновения окраски поглотительного раствора.

Объем прошедшего через поглотитель воздуха можно определить по объему вытекающего из аспиратора воды.

Концентрацию сернистого газа в воздухе определяют по табл. 6.7.

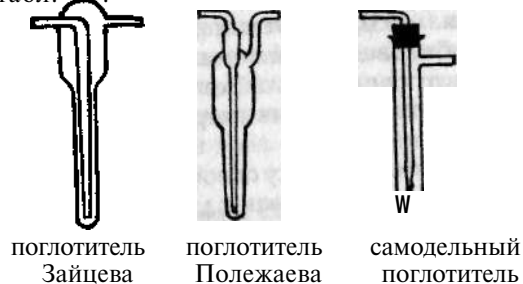


Рис. 6.4. Устройство поглотителей различного типа

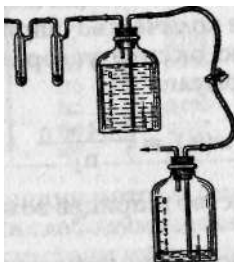


Рис. 6.5. Аспирационное устройство

Таблица 6.7

Концентрация сернистого газа в воздухе

Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м ³	Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м ³
10	320	100	32
20	160	120	29
30	107	130	27
40	80	140	24
50	64	150	22
60	53	200	20
70	46	250	16
80	40	300	12
90	35		10

6.3. Оценка чистоты атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки

Учет автотранспортной нагрузки

Известно, что основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются тепловая энергетика, промышленные предприятия и автомобильный транспорт, причем последний служит в городских условиях наиболее мощным загрязнителем атмосферы. В выхлопных газах двигателей содержится более 200 химических соединений и элементов; наибольший вклад в структуру загрязняющих веществ вносят оксиды углерода и азота, углеводороды, сернистые соединения, сажа.

Загрязнение воздуха отработанными газами автомобилей отличается значительной неравномерностью в пространстве и во времени. Поэтому очень важен оперативный и детальный учет интенсивности и структуры транспортных потоков, особенно в городах и крупных населенных пунктах.

Санитарные требования по уровню загрязнения допускают поток транспорта в жилой зоне интенсивностью не более 200 авт./ч.

Для учета автомобильных потоков в прилегающем к школе микрорайоне составляется схема всех улиц, по которым разрешено движение транспорта. Затем выбирается несколько улиц с незначительным, средним и интенсивным движением автомашин.

Учет автотранспортной нагрузки можно провести следующим методом [23], пригодным как для городских, так и для сельских районов. Суть его заключается в том, что на каждой выбранной улице намечается один или несколько створов наблюдений. Желательно, чтобы они располагались вдали от перекрестков и остановок транспорта, были удобны и (что особенно важно) безопасны для наблюдателей. На каждый створ требуется два наблюдателя: один учитывает машины, идущие из центра на окраину, второй — из окраинных районов в сторону центра. Каждую проехавшую мимо автомашину ученик отмечает точкой в соответствующей графе учетной таблицы, при этом целесообразно провести отдельный учет легковых автомобилей, грузовых машин, автобусов, тракторов и мотоциклов (трол-

*n
'»

лейбусы, не играющие большой роли в загрязнении атмосферы, можно не учитывать). Смена наблюдателей на створах должна проводиться не реже, чем через 1 — 1,5 ч.

На одних и тех же створах возможно проведение разнообразных наблюдений:

- в разное время дня (суточные изменения);
- в разные дни недели, но в одно и то же время (недельные изменения);
- в разные сезоны года, но в одни и те же дни (сезонная динамика движения транспорта).

По данным учетных таблиц можно построить графики суточной и недельной динамики движения транспорта на конкретной улице, сравнить транспортные потоки в центр и из центра города, сопоставить интенсивность движения на оживленной магистрали, возле своей школы, на улице вблизи своего дома и т. д. При построении графика на горизонтальной оси откладывается время (в часах — для суточной динамики или в днях — для длительного периода наблюдений), а на вертикальной оси — суммарная интенсивность транспортного потока. Такие графики легко сравнить между собой.

В целях единообразия и получения информации в региональном плане необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- * выбрать не менее двух постов наблюдений (с значительным и наиболее интенсивным движением транспорта), на которых будет проводиться ежегодное изучение автотранспортного потока;
- проводить измерение в одни и те же сроки: ежедневные наблюдения с 14 до 15 ч в разные периоды года;
- в табл. 14 экопаспорта микрорайона проставлять среднюю за период наблюдений интенсивность транспортного потока (авт./ч).