**Использование лишайников в мониторинге и биоиндикационных исследованиях**(по материалам пособия «Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды», Пчелкин А.В., Боголюбов А.С., М., Экосистема, 1997).

Одними из наиболее известных биологических индикаторов являются лишайники, **чувствительность**которых обусловлена их физиологией и симбиотической природой. Лишайники выбраны объектом глобального биологического мониторинга, поскольку они распространены по всему Земному шару и поскольку их реакция на внешнее воздействие очень сильна, а собственная изменчивость незначительна по сравнению с другими организмами. Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают лишайники-эпифиты.

**Лишайники-эпифиты,** т.е. лишайники, обитающие на коре деревьев, являются организмами, чувствительными к изменению содержания в воздухе ряда химических элементов и соединений, входящих в состав выбросов большинства промышленных производств. К числу важнейших по влиянию на окружающую среду химических веществ этого ряда относятся сернистый ангидрид, окислы азота, тяжелые металлы, фториды.

Используя лишайники, легко организовать систему биомониторинга - систему долгосрочных наблюдений за изменением степени загрязнения по состоянию биологических тест-объектов.

Для этого проводят измерение **проективного покрытия**лишайников по системе постоянных пробных площадок (если предполагаемый тренд загрязнения достаточно велик), либо переменных пробных площадок (если тренд загрязнения мал) и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории. Затем через определенный промежуток времени проводят повторные измерения проективного покрытия. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить от тренде загрязнения.

Пробные площадки закладываются в гомогенном по составу фитоценозе . На постоянных площадках исследования проводятся в течение ряда лет. Переменные пробные площадки для каждого исследования выбираются каждый раз новые. Модельные деревья на постоянных пробных площадках могут быть как переменными, так и постоянными, выбираемыми случайным образом, без предварительной информации о наличии на них лишайников. Модельные деревья должны быть приблизительно одновозрастными, без видимых повреждений, одной из основных лесообразующих пород.

Система переменных пробных площадей используется в основном в системе фонового экологического мониторинга, когда необходимо выделить слабый антропогенный тренд на фоне естественного “шума”. При этом количество пробных площадей должно быть достаточно велико (обычно несколько десятков, равномерно покрывающие исследуемую территорию) для получения большого объема статистически достоверной информации.

Методы исследования лишайников включают определение видового состава лишайников и их относительную численность. Это позволяет составить карту их распространения.

Второй подход включает исследование сообществ лишайников, процент покрытия и другие экологические параметры, а также видовое разнообразие лишайников.

**МЕТОД ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ**

Этот метод заключается в наложении гибкой ленты с мелкими делениями на поверхность ствола и фиксировании всех пересечений со слоевищами лишайника.

Проективное покрытие данного вида лишайников на стволе данного дерева, измеренное методом линейных пересечений (для краткости - линейное проективное покрытие), есть сумма длин частей горизонтального сечения боковой поверхности дерева на высоте 1,5 м, принадлежащих талломам лишайников данного вида, деленная на длину всего горизонтального сечения.Учет лишайников-эпифитов производится на деревьях основных лесообразующих пород. В качестве модельных деревьев данной породы внутри пробы выбираются деревья без видимых повреждений, примерно одного диаметра и высоты, растущие в одинаковых условиях (сомкнутость, экспозиция склона, угол склона т.д.). Среди множества деревьев данной пробы модельные деревья выбираются случайно. Это значит, что сборщик выбирает дерево, не имея сведений о наличии и обилии лишайников на нем. После выбора модельного дерева сборщик определяет на стволе точку, находящуюся на заданной высоте от комля с северной стороны. Затем накладывается на ствол мерная лента с делениями таким образом, чтобы ноль шкалы совпадал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало движению по часовой стрелке. Путем совмещения первой точки на натянутой ленте с нолем шкалы определяют длину окружности поперечного сечения ствола на выбранной высоте. После этого фиксируют начало и конец каждого пересечения ленты с лишайниками. Лишайники, имеющие пересечение с лентой, собираются для последующего определения. Измерения проводятся с точностью до 1 мм .

Обследования лишайников методом линейных пересечений проводят либо на одной высоте - 100 или 150 см от комля дерева,либо на четырех высотах: 60, 90, 120, 150 см.

Лишайники с каждого дерева собираются для последующего определения в камеральных условиях. В случае, когда работает опытный коллектор, допустимо производить идентификацию лишайников в полевых условиях. Для определения брать один образец данного вида с данного дерева. В остальных случаях следует собирать все образцы имеющие пересечения с мерной лентой.

Метод линейных пересечений используют как при биологической индикации, так и исследованиях по системе мониторинга, включая фоновый мониторинг. В случае постоянных пробных площадок измерение лишайников рекомендуется проводить на 4-х высотах: 60, 90, 120, 150 см. Минимальное число деревьев - 7. Вычисляется интегральная величина (средняя по всем деревьям и по всем высотам).

В случае переменных пробных площадей можно ограничиться одной высотой (обычно 1,5 м). В условиях низкой встречаемости лишайников, например, в городах, промышленных зонах метод линейных пересечений оказывается слишком трудоемок и его можно заменить более простыми методами: визуальной оценкой, витальностью, различными индексами.

**ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА**

Покрытие каждого вида на стволе дерева может быть так же представлено в качестве визуальной оценки. Это можно сделать с помощью небольших пробных площадок, расположенных на стволе дерева на определенной высоте. Для определения проективного покрытия используется балльная шкала Браун-Бланке, объединяющая покрытие и обилие:

+ - встречается редко, степень покрытия ничтожна.  
1 - индивидуумов много, степень покрытия мала или особи разрежены, но площадь покрытия большая.  
2 - индивидуумов много, степень проективного покрытия не менее 10%, но не более 25%.  
3 - любое количество индивидуумов, степень покрытия 25-50%.  
4 - любое количество индивидуумов, степень покрытия 50-75%.  
5 - степень покрытия более 75%, число особей любое.

Метод визуальной оценки используется преимущественно при биоиндикационных исследованиях.

**ШКАЛА ВИТАЛЬНОСТИ**

Для оценки состояния индикаторных талломных видов используется шкала витальности. Для каждого пробного дерева определяется класс витальности индикаторного вида.

**Классы витальности эпифитных лишайников:**1. Нормальные  
2. Слегка поврежденные  
3. Средне поврежденные  
4. Сильно поврежденные  
5. Мертвые.

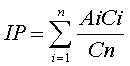
В качестве индикаторных видов выбираются виды различной чувствительности к загрязнению, причем такие, повреждения которых хорошо видны (различные виды рода [Parmelia](http://www.ecosystema.ru/08nature/lich/098p.htm), [Hypogymnia](http://www.ecosystema.ru/08nature/lich/096p.htm), [Physcia](http://www.ecosystema.ru/08nature/lich/150p.htm) и др.). Повреждения обычно проявляются в виде некротических пятен.

Метод используется как при биоиндикационных исследованиях, так и в системе мониторинга.

**ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ**

В конце 60-х годов в Эстонской ССР и Канаде были независимо друг от друга разработаны методы лихениндикационного картирования загрязненности атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок (синузий) и вычисления индексов, отражающих влияние загрязнения воздуха на лишайники .

**Индекс полеотолерантности (I.P., И.П.) вычисляется по формуле:**



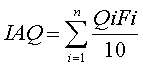
где n - количество видов на площадке описания, Аi - класс полеотолерантности вида, Ci - покрытие вида, Cn - суммарное покрытие видов.

Индекс полеотолерантности вычисляется на деревьях для четырех небольших площадок (40 х 40 см) в двух экспозициях (в направлении источника загрязнения и на противоположной стороне ствола) на двух высотах (у основания ствола и на высоте 1,4-1,6 м. Оценка покрытия дается по 10-балльной шкале:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Балл | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Покрытие, % | 1-3 | 3-5 | 5-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-80 | 80-100 |

После описания большего количества (десятков, сотен) площадок вычисляются средние значения ИП для каждого дерева и для местообитания с более или менее гомогенным фоном загрязненности. Значения ИП колеблются между 0 и 10. Чем больше значение ИП, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании.

Более простым методом, не требующим данных о классе полеотолерантности лишайников, является использование индекса чистоты атмосферы:



где Qi - экологический индекс определенного вида (или индекс токсифобности, или индекс ассоциированности), Fi - комбинированный показатель покрытия и встречаемости, n - количество видов.

Показатель Q характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всех площадках описания в гомогенном по степени загрязненности местообитании. Если, например, на 100 площадках вместе с видом А растет 10-20 видов (включая искомый вид), а среднее число сопутствующих видов 13,5, то Q этого вида и есть 13,5. Чем больше показатель Q, тем данный вид более полеофобный, чем выше показатель ИАЧ, тем чище воздух местообитания. ИАЧ сильно зависит от видового разнообразия (Пчелкин, Боголюбов, 1999).

Применяемый комбинированный показатель покрытия и встречаемости 5 - балльный:

1 - вид встречается очень редко и с очень низким покрытием,  
2 - редко или с низким покрытием,  
3 - редко или со средним покрытием на некоторых стволах,  
4 - часто или с высоким покрытием на некоторых стволах,  
5 - очень часто и с очень высоким покрытием на большинстве стволов.

Во время исследования следует избегать загущенных лесопосадок, очень тенистых парков, где для лишайников недостаточно света.

Существует множество модификаций индекса чистоты атмосферы, наиболее простые из которых следующие:

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.ecosystema.ru/07referats/pchelkin/form3.gif | или http://www.ecosystema.ru/07referats/pchelkin/form4.gif |

где Q – экологический индекс, определяемый как среднее число сопутствующих видов, включая искомый; F – показатель встречаемости каждого вида; C – показатель покрытия каждого вида. Несмотря на некоторую субъективность ряда параметров, в условиях заметного градиента загрязнения индекс дает хорошие результаты.

Используя индекс чистоты атмосферы легко составить карту зон загрязнения. Для этого участки с одинаковыми значениями индекса соединяют изолиниями.

**ЛИТЕРАТУРА**

ЛИШАЙНИКИ:  
Великанов Л.Л., Сидорова И.И., Успенская Г.Д. Полевая практика по экологии грибов и лишайников. - Изд-во МГУ, 1980, 112 с.  
Жизнь растений. Т.3. Водоросли. Лишайники. М., Просвещение, 1977, 487 с.  
Определитель лишайников СССР. Т. 1-5.  
Определитель лишайников России. Т.6-8.  
Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды: Методическое пособие. М. Экосистема, 1997, 25 с.  
Солдатенкова Ю.П. Малый практикум по ботанике. Лишайники. - Изд-во МГУ, 1977, 124 с.  
Трасс Х.Х. - Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг. - В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Л.: Гидрометеоиздат, 1985, т.7, с.122-137.