**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИШАЙНИКОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ И БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

[А.В. Пчёлкин](http://www.ecosystema.ru/01welcome/pchelkin.htm)

При изучении степени загрязнения окружающей среды промышленными объектами важна реакция биологических объектов на загрязняющие вещества. В настоящее время существуют физико-химические и биологические методы контроля.

Большинство физико-химических методов сводятся к использованию предельно допустимых концентраций (ПДК), предельно допустимых уровней (ПДУ), предельно допустимых выбросов и аналогичных показателей. В дополнение к инструментальным физико-химическим методам используются методы биологической индикации.

Система наблюдения за реакцией биологических объектов на воздействие загрязнителей называется *биологическим мониторингом*. Биологический мониторинг включает в себя наблюдение, оценку и прогноз изменения состояния экосистем и их элементов, вызываемого антропогенным воздействием. Идеальная система мониторинга дает возможность количественно оценить состояние среды и ее изменения. Биологическая индикация позволяет оценивать степень загрязнения окружающей среды по существующим биологическим показателям.

**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.

В настоящее время для количественного описания эпифитной лихенофлоры в основном используется метод сеточек-квадратов с соотношением сторон 1:1. Такие сеточки представляют собой жесткий контур прямоугольной или квадратной формы, разделенный на квадраты размером 1 х 1 см тонкими проволочками, натянутыми параллельно сторонам контура. Этот метод является разновидностью метода широко применяемого в геоботанике, обладает такими преимуществами, как наглядность результатов и простота. Он общепринят в лихенологии.

При определении проективного покрытия лишайников обычно пользуются сеточками 10 х 10 см, представляющие собой рамки, на которые через каждый сантиметр натянуты продольные и поперечные тонкие проволочки. Рамку накладывают на ствол дерева и фиксируют. Затем определяют число (a) единичных квадратов, в которых лишайники занимают на глаз больше половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 100 %; определяют число (b) квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 50 %. Общее покрытие в процентах вычисляют по формуле (c – число исследованных площадок):

R = 100 a + 50 b / c.

Более точно площадь покрытия определяют путем калькирования. В отдельных случаях достаточно установить лишь, содержит ли данный единичный квадрат лишайник или нет. Иногда используют сеточки размером 10 х 5, 20 х 20, 10 х 40 см или круглые площадки площадью 0,1 м . Метод сеточек-квадратов используют как при биоиндикационных обследованиях, например, при картировании зон загрязнения, так и при исследованиях по системе мониторинга. Метод удобен, если в качестве объектов выбраны не эпифиты, а другие экологические группы лишайников, например, эпигейные в тундре.

**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%;

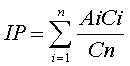
5 – степень покрытия более 75%, число особей любое.

Метод визуальной оценки используется преимущественно при биоиндикационных исследованиях.

**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:



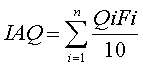
где n – количество видов на площадке описания, Аi – класс полеотолерантности вида, Ci – покрытие вида, Cn – суммарное покрытие видов.

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.