

низмов, например, широко распространенные на исследуемой территории и не занесенные в «Красную книгу».

На уровне популяции биоиндикация проводится в том случае, если процесс распространения негативных изменений охватывает такое количество особей, при котором заметно сокращается численность популяции, изменяется ее половозрелая структура, сокращается продолжительность жизни, происходит сдвиг фенологических фаз и др.

В качестве объектов для биоиндикации применяются разнообразные организмы-бактерии, водоросли, высшие растения, беспозвоночные животные, млекопитающие.

Для биоиндикации необходимо выбирать наиболее чувствительные сообщества. Например, в водных экосистемах наиболее чувствительными являются планктонные сообщества, которые быстро реагируют на изменение среды благодаря короткому жизненному циклу и высокой скорости воспроизводства. Бентосные сообщества, где организмы имеют достаточно длинный жизненный цикл, более консервативны: перестройки происходят в них при длительном хроническом загрязнении, приводящем к необратимости процессов.

#### Контрольные вопросы

1. Какой должна быть ответная реакция биоиндикатора на определенные физические или химические воздействия?
2. Какие требования предъявляются при выборе объекта биологического индикатора?
3. Какие бывают типы ответной реакции биоиндикаторов?
4. Какие организмы могут быть использованы в качестве биоиндикаторов?

### 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Сосна в качестве тест-объекта в радион и общеэкологических исследованиях

Принцип метода основан на выявлении зависимости степени повреждения хвои (некрозов и усыхания) от загрязнения воздуха в районе произрастания сосны обыкновенной.

**Цель работы** – экспресс-оценка качества воздуха по состоянию хвои *Pinus sylvestris*.

**Материал и оборудование:** увеличительные стекла (или лупы), карандаш, блокнот.

#### Порядок выполнения работы

1. Выбрать сосны на открытой местности с 8–15 боковыми побегами на площади 10x10 м<sup>2</sup>. В блокнот вносятся сведения о месте сбора и нали-

чи вблизи возможного интенсивного движения транспорта, указывается также время осмотра хвои.

2. Осмотреть у каждого дерева хвоинки предыдущего года (вторые сверху мутовки). Если деревья очень большие, то обследование проводить на боковом побеге в четвертой сверху мутовке. Всего собирают или осматривают не менее 30 хвоинок. Шипик хвоинки всегда светлее. Он не оценивается. По степени повреждения и усыхания хвои выделяют несколько классов.

Классы повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен; 3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен.

Классы усыхания: 1 – на хвоинках нет сухих участков; 2 – на хвоинках усох кончик 2–5 мм; 3 – усохла 1/3 хвоинки; 4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

3. Определить продолжительность жизни хвои. Обследовать верхушечную часть ствола за последние годы: каждая мутовка, считая сверху, – это год жизни.

4. Провести оценку степени загрязнения воздуха по оценочной шкале, включающей возрастные характеристики хвои, а также классы повреждения хвои на побегах второго года жизни с помощью таблицы 3.1.1.

5. Привести в отчете все типы повреждения хвои, указанные в задании; выводы о качестве воздуха (привести расчеты и таблицы).

Таблица 3.1.1

#### Экспресс-оценка загрязнения воздуха (I–V) с использованием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
	I	II	III
4	I	I–II	III
3	I	II	III–IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV–V
1	-	IV	V–VI
1	-	-	VI

**Примечание.** I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый («норма»); IV – загрязненный («тревога»); V – грязный («опасно»); VI – очень грязный («вредно»); - невозможные сочетания.

#### Контрольные вопросы

1. Обоснуйте выбор тест-объекта?
2. По каким критериям оцениваются радиационные эффекты?

### 3.2. Биондикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников

Процедура определения качества воздуха с помощью лишайников носит название *лихоиндикации*.

Принцип метода основан на использовании соотношения проективного покрытия ствола дерева лишайниками, суммарного количества видов и доминантного вида лишайников.

**Цель работы** – оценить качество воздуха, используя средние значения числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества на каждом исследуемом объекте.

**Материал и оборудование:** увеличительные стекла (или лупы), каталоги-определители лишайников, карандаш, блокнот, пакеты для сбора лишайников. Для оценки степени покрытия деревьев лишайниками необходимо изготовить специальное приспособление – палетку из толстого полиэтилена или целлофана в виде квадрата размером 20x20 см, разделив каждую сторону на 10 частей.

#### Порядок выполнения работы

1. Выбрать место обследования (парк, освещенный участок леса, двор в городе).
2. Выбрать площадку для исследования, включающую 10 деревьев одного вида на расстоянии 5–10 м друг от друга. Деревья должны быть примерно одного возраста и размера, не иметь повреждений.
3. Приложить прозрачную сетку плотно к стволу дерева на высоте 0,3–1,3 м. Подсчитать количество квадратов с лишайниками.
4. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой.
5. Подсчитать количество лишайников доминирующего вида.
6. Заполнить таблицу 3.2.1. С помощью таблицы 3.2.2 оценить качество воздуха, используя средние значения (по 10 деревьям).
7. Переместиться на следующую площадку (100x100 м) и по аналогичной схеме исследовать еще 10 деревьев.
8. В отчете привести родовое и видовое название лишайников с помощью определителя. Сделать выводы о качестве воздуха.

Таблица 3.2.1

#### Журнал оценки качества воздуха по проективному покрытию ствола дерева

№ дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия лишайниками, %										
Количество видов лишайников										
Количество лишайников доминирующего вида										

Таблица 3.2.2

#### Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев

Степень покрытия	Число видов	Число лишайников доминирующего вида	Степень загрязнения
Более 50 %	Более 5	Более 5	6-я зона Очень чистый воздух
	3–5	Более 5	5-я зона Чистый воздух
	2–5	Менее 5	4-я зона
20–50 %	Более 5	Более 5	Относительно чистый воздух
	Более 2	Менее 5	3-я зона Умеренное загрязнение
< 20 %	3–5	Менее 5	2-я зона Сильное загрязнение
	0-2	Менее 5	1-я зона Очень сильное загрязнение

#### Контрольные вопросы

1. Подразделите лишайники по типу слоевища?
2. Какие лишайники наиболее устойчивы к загрязнениям?
3. Как называется процедура определения качества воздуха с помощью лишайников?

### 4. ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ ПО БИОИНДИКАЦИИ

**Диапазон толерантности** – пределы колебаний концентраций токсических веществ, при которых не нарушаются функции организма.

**Интегральное токсическое воздействие** – токсическое действие сложных смесей, сточных вод, многокомпонентных факторов для водных организмов. Количественно определяется как величина, обратная максимальному разведению (1:2, 1:5, 1:10 и т.д.), при котором не наблюдается каких-либо нарушений жизненно важных функций тест-организмов при 24–48-часовом биотестировании. Выражается целыми числами (2, 5, 10, 100 и т.д.) соответственно величинам разведения.

**Острое токсическое действие** вызывает гибель отравленного организма за короткий промежуток времени – от нескольких секунд до 48 часов. Наблюдается в том случае, если интенсивность воздействия агента велика настолько, что компенсаторная и адаптационная реакции организма не успевают проявиться, он гибнет.

**Хроническое токсическое действие** – вызывает отдаленные патологические изменения. Проявляется длительное время в виде нарушений различных жизненных функций и возникновения патологических состояний (токсикозов) за период времени от нескольких суток или по достоверной рождаемости в контроле и опыте.