

ОРГАНИЗМЫ – ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА СРЕДЫ

Чувствительность организмов к изменениям условий среды и особенно к наличию конкретных химических примесей положена в основу **биологической индикации и биотестирования**, которые используют наряду с методами оценки загрязнения природной среды с помощью приборов. Редкие, как правило, **стенобионтные** (требующие строго определенных условий существования) виды часто являются лучшими индикаторами (показателями) состояния среды. Их исчезновение служит доказательством неблагоприятных воздействий на среду обитания в конкретных местах.

Наибольшее распространение получил метод **лихеноиндикации** (от лат. *lichen* – лишайник), основанный на учете количества лишайников в городских насаждениях, районах крупных предприятий. Наличие лишайников на стволах деревьев взаимосвязано с химическим составом (загрязненностью) воздуха. В Англии для определения средней концентрации SO_2 (мг/м³) в атмосферном воздухе используют эмпирическое уравнение:

$$C_{SO_2} = 18,72 - 3,94Q - 0,15h - 2,38p,$$

где Q – освещенность на высоте 1,5 м, лк; h – средняя высота мха на стволе, м; p – степень покрытия древесной растительности лишайниками, %.

В лесных массивах удобными индикаторами качества служат жуки-короеды, которые заселяют сильно ослабленные и отмирающие деревья. Однако, если причиной их гибели послужили химические вещества, не характерные нормальному составу воздуха, короеды не получают широкого распространения. Отмирание насаждений при отсутствии заселения деревьев короедами – надежное доказательство антропогенного загрязнения воздуха.

Поскольку в настоящее время установлены допустимые нормативы присутствия в воде не на все возможные вещества и далеко не каждое из них можно определить непосредственно химическим экспериментом, то **биотестирование** можно считать обязательным для получения интегральных оценок загрязненности водоемов ксенобиотиками (любое чужеродное для данного организма или группы организмов разного вида вещество, вызывающее нарушение биотических процессов, включая гибель организмов). В ряде случаев, и особенно в условиях аварийной ситуации, бывает необходим экспресс-анализ самого факта загрязнения воды. Хотя биотестирование и не позволяет установить спектр чужеродных веществ в воде (если они неизвестны из других источников), но общий вывод можно получить быстро и надежно.

В качестве организмов-индикаторов (**биоиндикаторов**) используют бактерии, водоросли, беспозвоночные (инфузории, ракообразные, моллюски). По дикорастущим растениям можно судить о характере и состоянии почвы, ибо среда обитания растений определяется такими свойствами почв, как влагоёмкость, структура, плотность, температура, содержание кислорода, питательных веществ, тяжелых металлов и солей.

Показателем условий существования служит и общее число видов, обитающих в данном месте. Его уменьшение может указывать на изменение (загрязнение) раньше, чем выявится снижение общего количества особей или плодородия.

Таблица. Примеры растений-биоиндикаторов

Индицируемый фактор загрязнения среды обитания	Растение-биоиндикатор
Общее загрязнение	Лишайники и мхи
Тяжелые металлы	Слива, фасоль обыкновенная
Диоксид серы (SO ₂)	Ель, люцерна
Фтористый водород (HF)	Косточковые плоды, гладиолус
Хлористый водород (HCl)	Береза бородавчатая, земляника
	лесная
Аммиак (NH ₃)	Подсолнечник, конский каштан
Сероводород (H ₂ S)	Шпинат, горох
Фотосмог	Крапива, табак
Засоленность почв	Галофиты; например, лебеда
Застойная сырость почв	Мята, полевой хвощ
Повышенная сухость почв	Ромашка, полынь
Повышенная влажность почв	Мята, щавель, хвощи
Повышенная уплотненность почв	Пырей, лютик ползучий
	Мокрица, коровяк
Песчаность почв	Лютик ползучий, одуванчик,
	тысячник

Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты (от греч. biote – жизнь) – совокупность видов **растений, животных и микроорганизмов**, объединенных общей областью распространения, в отличие от биоценоза, может характеризоваться отсутствием экологических связей между видами в природных условиях. **Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов.** Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов.

В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы. Изменения в поведении тест-объекта оценивают в сравнении с **контрольными ситуациями**, принятыми за эталон. Например, при оценке экологического состояния поверхностных вод в качестве биоиндикаторов используют наблюдение за поведением дафний, моллюсков, некоторых рыб и т.п.

Методы биоиндикации подразделяются на 2 вида:

**регистрирующая биоиндикация и
биоиндикация по аккумуляции.**

Регистрирующая биоиндикация позволяет судить о воздействии факторов среды по состоянию особей вида или популяции.

Регистрирующие индикаторы реагируют на изменения состояния окружающей среды изменением численности, фенооблика, повреждением тканей, соматическими проявлениями (в том числе уродливостью), изменением скорости роста и другими хорошо заметными признаками.

Биоиндикация по аккумуляции использует свойство растений и животных накапливать те или иные химические вещества (например, содержание свинца в печени рыб, находящихся на конце пищевой цепочки, может достигать 100-300 ПДК). В соответствии с этими методами различают регистрирующие и накапливающие индикаторы. Накапливающие индикаторы концентрируют загрязняющие вещества в своих тканях, определенных органах и частях тела, которые в последующем используются для выяснения степени загрязнения окружающей среды при помощи химического анализа.

Альгоиндикация.

Водорослям принадлежит ведущая роль при биоиндикации изменения состояния водных экосистем, так как они быстрее других водных организмов реагируют на загрязнение, являются чувствительными индикаторами тяжелых металлов, органического загрязнения и др.

Для оценки используются водоросли 3 экологических групп:

фитопланктон

фитобентос

перифитон

Видовой состав фитопланктона и численность видов могут служить индикаторами тяжелых металлов, нефтепродуктов. Изучение фитопланктона водоемов производится путем сбора проб на установленных станциях.

Для определения видового состава фитопланктона из пробы на предметное стекло наносится капля материала, закрывается покровным стеклом и анализируется под микроскопом. Идентификация видов осуществляется с помощью определителей.

Животные-биоиндикаторы качества вод

Животные-гидробионты успешно используются в качестве индикаторов самых разнообразных показателей качества вод.

Оценка качества воды по животному населению производится с помощью расчета разнообразных балльных индексов (индекс сапробности, биотический и олигохетный).

Сапробиологический анализ (оценка степени загрязнения по показательным организмам). Распад находящегося в составе сточных вод органического вещества имеет ступенчатый характер. Вблизи места сброса происходит расщепление в анаэробных условиях белков и углеводов (*полисапробные организмы, приспособленные к жизни в сильно загрязненных водоемах*: **малощетинковые черви (олигохеты), планарии, личинки комаров – звонцов (мотыль), личинки кровососущих комаров, личинки мух – львинок (крыски)**).

Далее вниз по реке наблюдается окисление сперва аминокислот (вода умеренно загрязнена органическими веществами, **роговая шаровка**), затем солей аммония (органических загрязнителей мало, кроме аммиака, **обыкновенный прудовик, ушковой прудовик, перловица**). Самоочищение заканчивается образованием нитратов (*олигосапробные организмы, характерные исключительно для водоемов с чистой водой*: **личинки ручейников, личинки веснянок, личинки поденок, личинки вислокрылок, двустворчатый моллюск дрейссена, пресноводные губки, мшанки**).

Отобрав гидробиологические пробы в тех или иных местах водоёма, определив видовую принадлежность и численность организмов, воспользовавшись **СПИСОМ ВИДОВ-ИНДИКАТОРОВ** и произведя несложные арифметические расчёты, мы сможем определить степень сапробности (загрязнённости) водоёма.

Индекс сапробности водоема	Класс качества воды	Характеристика качества воды
более 4	6	Очень грязная
3,51-4	5	Грязная
2,51-3,5	4	Загрязненная
1,51-2,5	3	Умеренно загрязненная
1-1,5	2	Чистая
менее 1	1	Очень чистая

Индекса Гуднайта-Уитлея – «олигохетный индекс»

При индикации состояния водоемов (водотоков) используют не только видовой уровень организмов, но и более крупные таксоны. Известно, что **малощетинковые черви** олигохеты в местах спуска бытовых стоков нередко развиваются в огромных количествах. Основываясь на этом наблюдении, **Гуднайт и Уитлей** (Goodnight and Whitley, 1961) предложили следующую шкалу для оценки загрязнения водоема по соотношению численности олигохет и других обитателей дна.

Оценка состояния водоема по Гуднайту и Уитлею

Состояние водоема	Доля олигохет от общей численности донных организмов в процентах
Река в хорошем состоянии	менее 60%
В сомнительном состоянии	60-80%
Тяжело загрязнена	Более 80%

Индекс Вудивисса (оценка степени загрязнения по показательным организмам и видовому разнообразию)

Индекс определяется по таблице, в которой группы организмов зообентоса расположены (в левой колонке) в порядке (сверху вниз) их исчезновения из биоценозов по мере увеличения загрязнения.

Ключевые организмы		Общее количество групп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16
		Биотический индекс				
Личинки веснянок имеются	Более одного вида.	–	7	8	9	10
	Только один вид	–	6	7	8	9
Личинки подёнок имеются	Более одного вида.	–	6	7	8	9
	Только один вид*	–	5	6	7	8
Личинки ручейников имеются	Более одного вида	–	5	6	7	8
	Только один вид**	4	4	5	6	7
Бокоплавыв имеются	Все прочие виды отсутствуют	3	4	5	6	7
Водяные ослики имеются	Все прочие виды отсутствуют	2	3	4	5	6
Черви-трубочники и/или красные личинки хирономид имеются	Все прочие виды отсутствуют	1	2	3	4	5
Все другие ключевые группы отсутствуют	Некоторые организмы, не требующие растворённого кислорода, могут присутствовать	0	1	2	–	–

Перевод индекса Вудивиса в баллы качества воды

Индекс Вудивиса	Класс качества воды	Характеристика качества воды
0-1	6	Очень грязная
2-3	5	Грязная
4	4	Загрязненная
5-6	3	Умеренно загрязненная
7-9	2	Чистая
10	1	Очень чистая