

Водне середовище як живий сенсор

Методологія біоіндикації та екологічного моніторингу



*Якість води — це більше, ніж хімічна формула.
Це історія, записана живими організмами.*

Антропогенне навантаження: спектр загроз



Органічне забруднення

Скидання органіки, що розкладається. Дефіцит кисню. Зростання детритофагів.



Токсичне забруднення

Важкі метали, пестициди, аміак, нафтопродукти. Летально навіть у малих дозах.



Теплове забруднення

Скиди ТЕС/АЕС. Підвищення t° на 5-10 $^\circ\text{C}$. Зміна структури біоценозу.



Закислення

Кислотні дощі (NO_x , SO_2). Зниження pH.

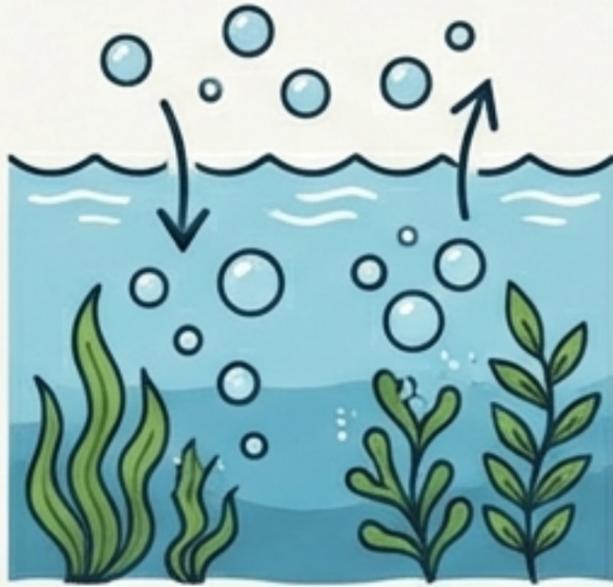
Критичні пороги (pH)



Характер запаху

Характер запаху	Речовина
Хлорний	Вільний хлор
Лікарський	Феноли і йодоформ
Неприємний (тухлі яйця)	Сірководень (сильне забруднення)
Вуглеводневий	Нафтопродукти

Абіотичні фактори: система життєзабезпечення



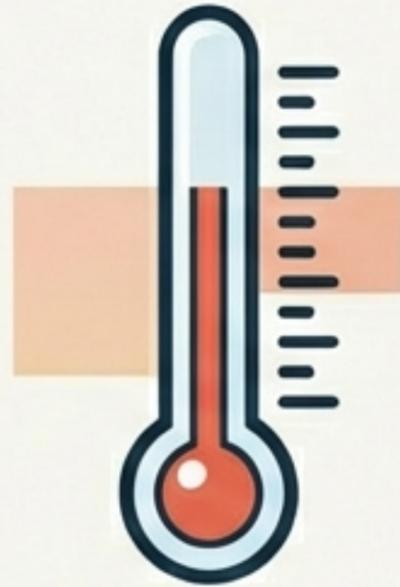
Кисневий режим

Критичний фактор.

Надходить з атмосфери та через фотосинтез.

Макс. розчинність при 0°C
= 10.3 мл/л.

Ризик заморів: взимку під льодом та вночі.



Температурний режим

Стенотермні види:

Вузький діапазон діапазон (напр. Форель).

Евритермні види:

Широкий діапазон коливань.



Субстрат

Літофіли:

Мешканці каміння.

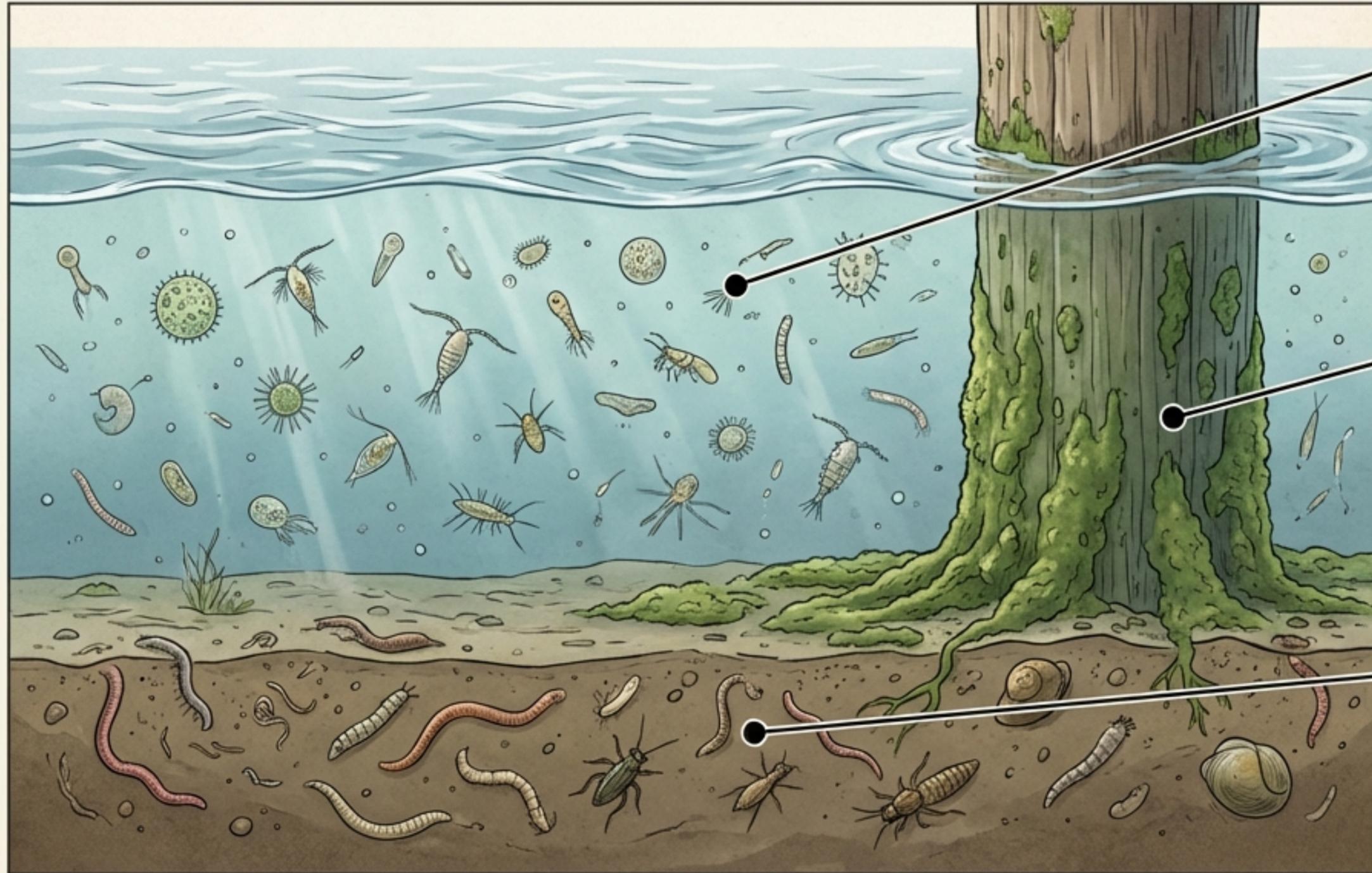
Псамофіли:

Мешканці піску.

Пелофіли:

Мешканці мулу (дрібні, численні).

Екологічні групи: свідки змін



1. Планктон (Plankton)

Миттєвий знімок (Snapshot).
Пасивно рухається за течією.
Індикатор якості води в момент відбору.

2. Перифітон (Periphyton)

Стаціонарний спостерігач.
Накопичує токсичні ефекти з часом. Працює, навіть якщо вода вже очистилася.

3. Зообентос (Zoobenthos)

Довготривала пам'ять.
Організми >2мм. Найзручніший індикатор для неспеціалістів.

Чим нижчий ранг біосистеми, тим точніші висновки про вплив конкретних факторів.

Фітоіндикація: візуальні сигнали тривоги

Антропогенне евтрофікування — надмірне надходження поживних речовин

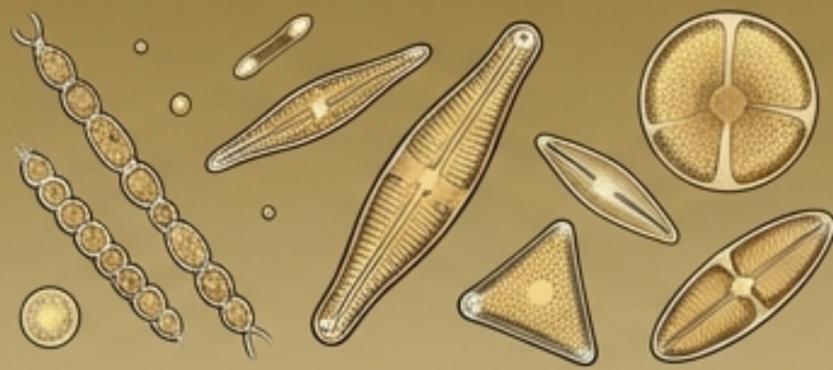


Синьо-зелені водорості (Cyanobacteria)

Індикатори органічного забруднення.

Oscillatoria = Небезпечне забруднення.

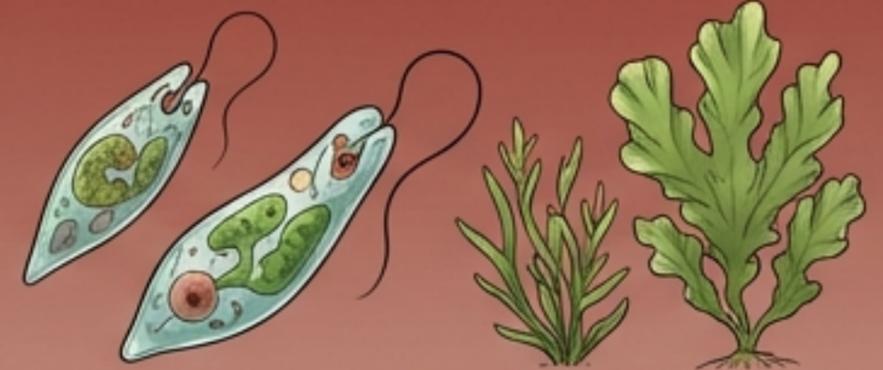
Nostoc pruniforme (Смарагдові кулі) = Чиста вода. Якщо подрібнені — сигнал тривоги.



Діатомові водорості

Зустрічаються повсюдно.

Melosira moniliformis (масовий розвиток) = Максимальне забруднення.



Евгленові та Макрофіти

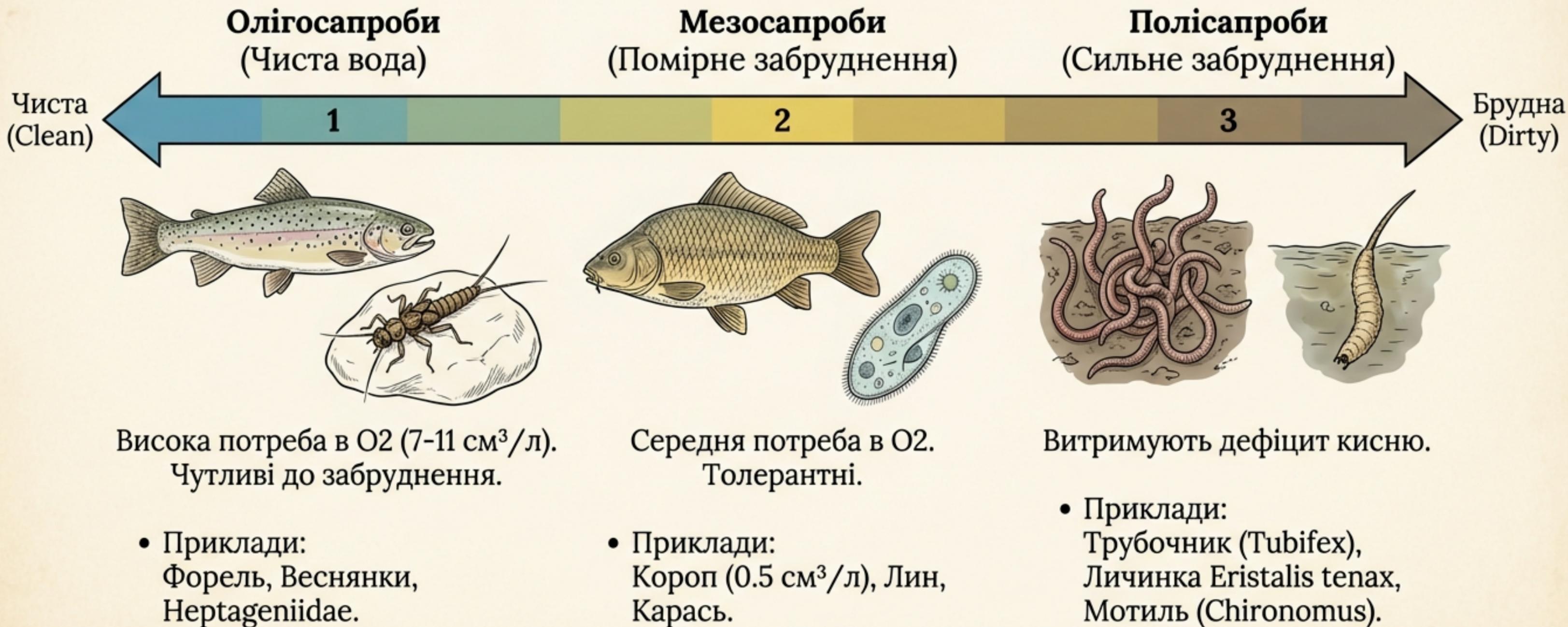
Індикатори свіжої органіки.

Червоний/бурий наліт = Вода багата органікою.

Ulva lactuca (Морський салат) = Поширення у забруднених морських водах.

Сапробність: шкала толерантності

Макрозообентос (>2мм) як основний інструмент діагностики



Кількісні методи: перетворення спостережень на дані

Метод 1: Індекс сапробності (Сладечек)

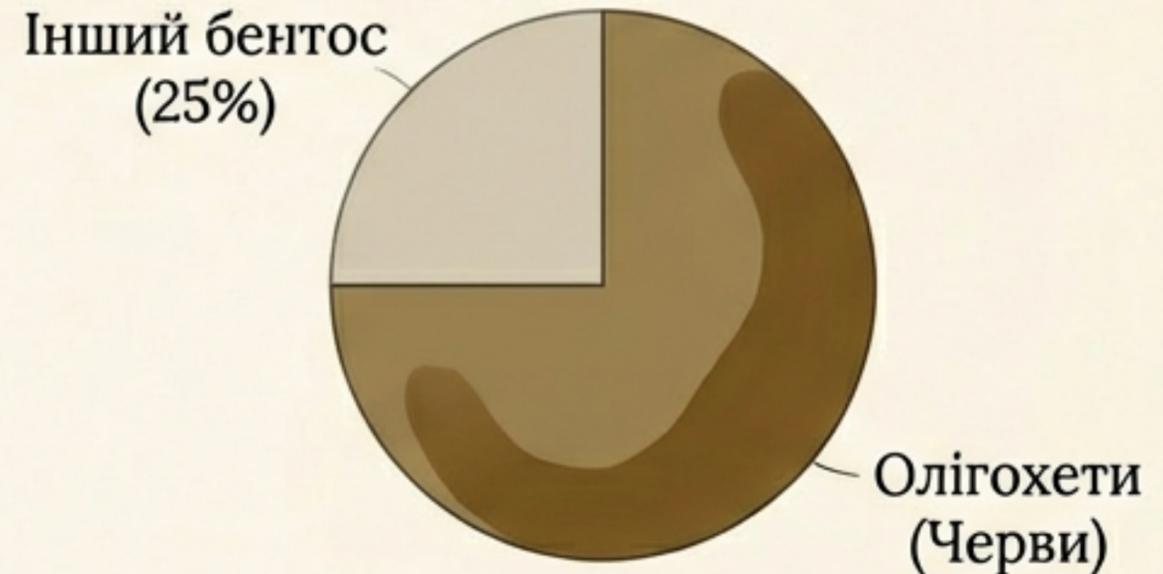
Використовується Гідрометслужбою України.

$$\text{Ind } S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}$$

s — значення сапробності виду
 h — чисельність (9-бальна шкала)

Метод 2: Індекс Гуднайта-Уїтлея

Співвідношення олігохет до всього бентосу.

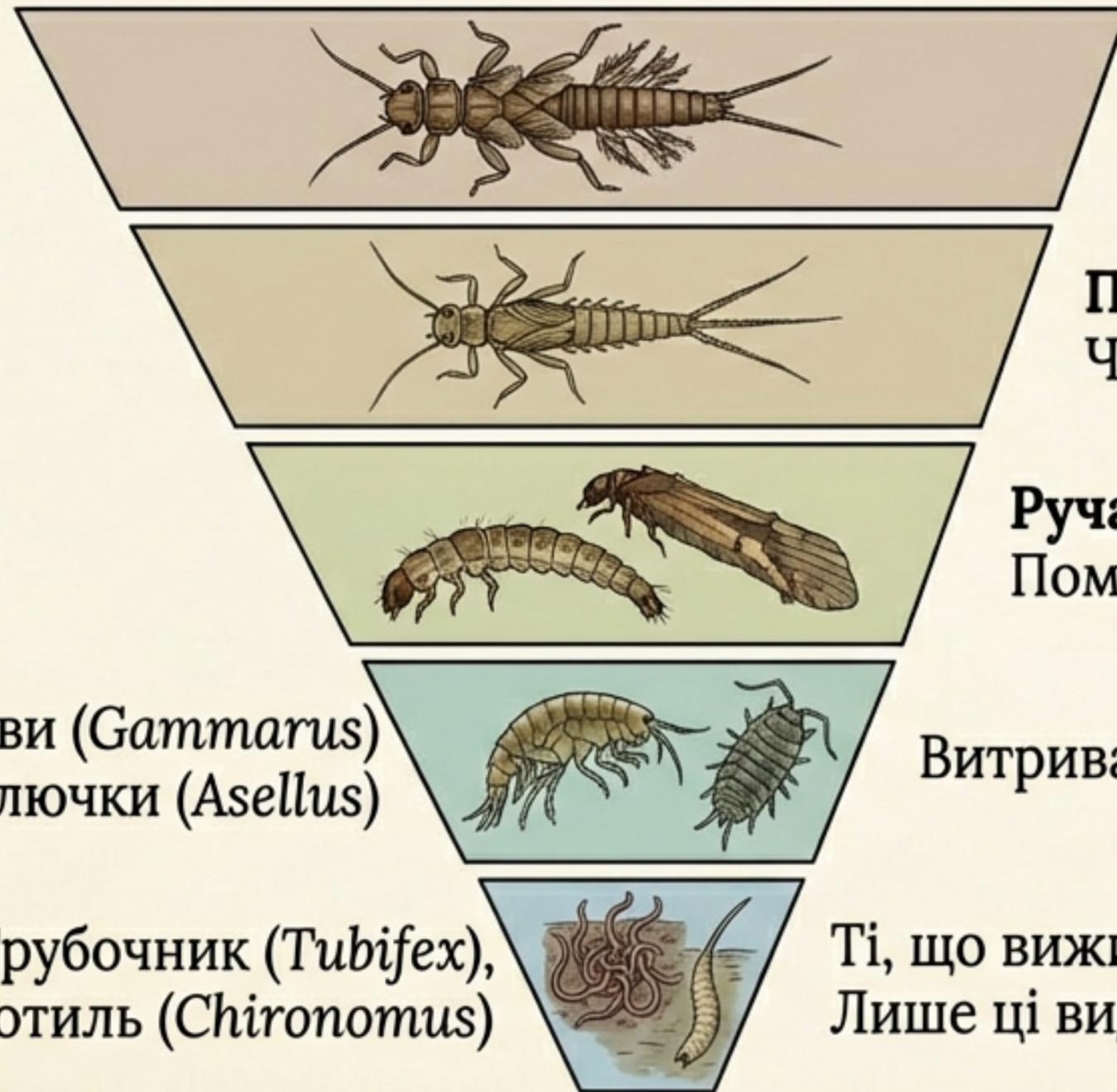


Правило: Чим вищий % черв'яків, тим брудніша вода.

Обмеження: Працює задовільно лише на м'яких ґрунтах (мул, пісок).

Метод Вудівісса: ієрархія зникнення

Trent Biotic Index (Для річок)



Веснянки (Plecoptera)

Першими зникають. Присутність = Індекс 7-10.

Поденки (Ephemeroptera)

Чутливі. Присутність = Індекс 5-9.

Ручайники (Trichoptera)

Помірна толерантність.

Бокоплави (*Gammarus*)
Водяні віслучки (*Asellus*)

Витривалі види.

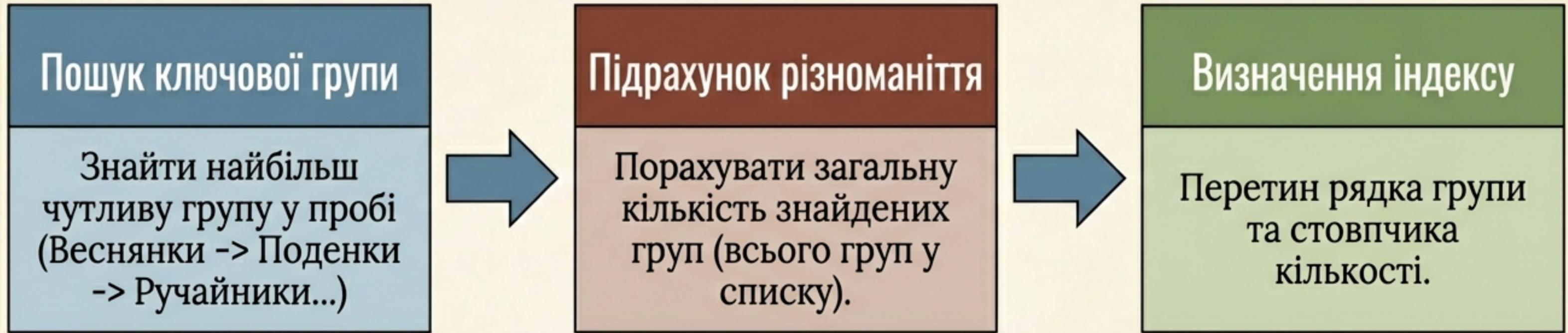
Трубочник (*Tubifex*),
Мотиль (*Chironomus*)

Ті, що вижили.
Лише ці види = Індекс 1-4.

Принцип:

Зі зростанням забруднення біорізноманіття падає.

Розрахунок індексу Вудівісса



Приклад розрахунку

1. **Ключова група:** Веснянки відсутні. Знайдено 1 вид Поденки.
2. **Загальне різноманіття:** 7 груп (П"явки, Равлики, Asellus, Ручайники, Хіроніміди + Поденка).
3. **Результат:** Індекс Вудівісса = 6.

 **Правило відбору:** Не менше 50 тварин у пробі.

Метод Ніколаєва: оцінка річкових екосистем

Для річок шириною 7-10м+



Логіка розрахунку

Логіка: Сума таксонів класу × Значущість таксона. Перемагає клас з найвищим балом.

- Важливі індикатори: Личинки *Atherix*, Ручайники *Rhyacophila*.

Літореофіли: діагностика швидких течій

Для струмків з кам'янистим дном

Група А (Чутливі)

Не переносять дефіцит кисню та замулення.

- Веснянки (Perlodidae),
- Поденки (Heptageniidae),
- Ручайники (Rhyacophilidae).



Група В (Стійкі)

Толерантні до органіки.

- Поденки (Baetidae),
- Ручайники (Hydropsychidae),
- П'явки.



Індекс (А/В)

> 5: Природна / Чиста

3 – 5: Чиста (фонова органіка)

2 - 3: Слабке забруднення

1 - 2: Помітне забруднення

< 0.5: Сильне промислове забруднення

Синтез даних: кореляція індексів

Клас якості	Сапробність	Індекс Вудівісса	Літореофіли	Стан
1	Ксеносапробні	8-10	> 3	Дуже чисті
2	Олігосапробні	5-7	2-3	Чисті
3	β -мезосапробні	3-4	1-2	Помірно забруднені
4	α -мезосапробні	1-2	0-1	Забруднені
6	α -полісапробні	0	-	Дуже брудні (Бентос відсутній)

Увага: Порівнювати оцінки різних методів потрібно з обережністю. Вудівісс може занижувати якість на м'яких ґрунтах.

Перевага біологічної оцінки

Хімічний моніторинг



Миттєвий знімок (Snapshot). Може пропустити “залповий” скид забруднень.

Біологічний моніторинг



Інтегрована історія. Організми накопичують токсини і відображають довгостроковий режим.

Склад гідробіонтів дозволяє швидко встановити санітарний стан та дати кількісну характеристику процесів самоочищення.