

Гідроіндикація

План

1. Біоіндикація як спосіб оцінки антропогенного забруднення водойм.
2. Полісапробні, мезосапробні та олігосапробні водойми та найтипівіші їх індикатори.
3. Гідробіонти як індикатори засоленості водойм.

Сучасна діяльність людини є потенційним джерелом забруднення водних екосистем. Вирубка лісів, осушення і зрошення земель, зміна мережі гідрографії, урбанізація території, промислові й побутові стоки, добрива, детергенти, пестициди спричиняють за собою зміни режиму екосистем. Розвиток атомної промисловості (радіоактивні осідання, поховання ядерних відходів, скидання ядерних електростанцій) веде до радіоактивного зараження водойм, з подальшою акумуляцією радіоактивних речовин в організмі риби як безпосередньо з води, так і з об'єктів їх живлення



Скидні води енергетичних підприємств сприяють тепловому забрудненню і є згубними для життя гідробіонтів.



Вживані в сільському господарстві пестициди й добрива потрапляють у водойми і створюють у ряді випадків надлишок мінеральних речовин. Особливо небезпечними для тварин є аміак і солі амонію, які навіть у невеликих концентраціях спричиняють їх загибель

Найбільш характерний тип забруднення природних водойм – скидання в них великих мас органічних речовин, що розкладаються, і біогенних елементів, які також сприяють зростанню маси органіки у водоймі. Таке забруднення призводить, насамперед, до замулювання дна, збільшення кормової бази детритоядних тварин і мікроорганізмів, зниження кількості розчиненого у воді кисню. Саме ці чинники безпосередньо змінюють склад угруповань.



Індикатори – це види рослин і тварин, у тому числі й риби, за допомогою яких можна оцінити ступінь забруднення навколишнього середовища, здійснювати постійний контроль її якості і змін.

Наприклад, дзеркальний короп і золота рибка стають неспокійними за наявності у воді стоків нафтової й хімічної промисловості. Висока чутливість щуки звичайної до забруднення робить її надійним індикатором стану питної води. Індикаторами чистоти водойми можуть служити головач сибірський і форель.



У своєму природному стані різні природні водойми можуть сильно відрізнятися один від одного. На водну флору і фауну діють такі показники як *глибина водойми, швидкість течії, кислотно-лужні властивості води, каламутність, кисневий і температурний режим, кількість розчиненої органіки, сполук азоту і фосфору й багато інших*. На всі ці параметри впливає як антропогенне навантаження, так і природні процеси, що відбуваються у водоймах. Для водойм різних типів у нормі буде характерний різний видовий склад і велика кількість водних організмів (гідробіонтів).

Температура води й динаміка її змін – найважливіший екологічний чинник для всіх мешканців водойм. Адже температура не тільки безпосередньо впливає на гідробіонтів, регулює швидкість життєвих процесів, але і визначає найважливіші фізико-хімічні властивості води.

Водні організми пристосувалися до різних температурних умов проживання:

- ✓ одні з них живуть у гарячих джерелах за температурою $45-50^{\circ}\text{C}$ і вище
- ✓ інші активні за температурою води -2°C і можуть витримувати промерзання -12°C .



Організми, що здатні жити у воді різної температури й переносити значні її коливання, називаються **евритермними**.

У них виробляються різні пристосування, які дають змогу компенсувати дії змінної температури:

- ❖ змінюється активність ферментів
- ❖ загальна інтенсивність процесів обміну речовин.

Самі організми проводять міграції в місця зі стабільнішою або сприятливішою температурою.

Так багато прісноводних риб взимку скупчуються в найбільш глибоких ділянках водойми. Іноді зниження швидкості обміну речовин при низькій температурі може бути вигідно для організму: наприклад, риб це оберігає від виснаження організму взимку, у період із несприятливими кормовими умовами.

Організми, здатні існувати тільки у вузькому діапазоні температур, називаються **стенотермними**.

Для них зміну температурну режиму водойми може виявитися згубним. Існують стенотермні види пристосовані до життя тільки в холодній воді (*струмкова форель*) – це **оліготермні види**. Навпаки, є види, що живуть тільки в теплій воді, що гарно прогрівається. До таких **політермних видів** зі звичних нам організмів належить багато *акваріумних рибок*.

Людина може відчутно впливати на температурний режим водойм. Скидання води із системи охолодження теплових і атомних електростанцій підвищує температуру значних ділянок річки або озера на 5-10 градусів, що призводить до корінних змін в угрупованні організмів, що населяють цю зону.

У воді природних водойм розчинені **різні гази**. Концентрації цих газів залежать від їх природи, вмісту в атмосфері, а також від температури й солоності води (з підвищенням цих двох показників розчинність газів падає). Кількість газу, яка може розчинитися у воді за даних умов, називається **«нормальною»**. Величезне значення для водних організмів має концентрація розчиненого у **воді кисню**. Цей газ потрапляє у водойми з атмосфери, а також виділяється водними рослинами в процесі фотосинтезу. Відносне значення кожного з цих шляхів може мінятися залежно від характеристик водойми: у швидкій, порожистій річці зі слабо розвиненою рослинністю більш значуща дифузія кисню з атмосфери. А в озері що має могутні зарослі водної рослинності, велика частина кисню може поступати у воду в результаті їх фотосинтетичної активності. При 0°C і нормальному атмосферному тиску в одному літрі прісної води може розчинитися 10,3 мл кисню. Чим тепліша вода, тим менше кисню може бути в ній розчинено.

Насичення води атмосферним киснем йде **через поверхню**. Фотосинтез максимально інтенсивний теж у верхньому, найбільш освітленому шарі води. Вміст кисню у водоймі змінюється також залежно від **сезону й часу доби**. Мінімальні його концентрації у воді виявляються зазвичай **рано вранці**: адже вночі рослини не фотосинтезують, а тільки поглинають кисень у процесі свого дихання. Із сезонів найменш сприятлива з погляду кисневого **режиму зима**: лід не дає змогу проникати у воду кисню атмосфери, умови для фотосинтезу під шаром льоду теж несприятливі. Тому саме взимку найчастіше відбуваються замори – масова загибель гідробіонтів через брак кисню.

Деякі водні мешканці порівняно легко переносять **низькі концентрації кисню у воді** (карась, молюск живородка, малощетинковий черв'як трубочник), оскільки вони пристосувалися до життя у водоймах, де дефіцит кисню – звичайне явище. Інші організми навпаки, **надзвичайно вимогливі до вмісту кисню**: форель, поденки з родини гептагеніди (*Heptageniidae*), бродячі ручейники (*Rhyacophilidae*).



З інших газів, що мають важливе значення для гідробіонтів, треба зазначити **вуглекислий газ**: у невеликих концентраціях він необхідний для ходу фотосинтезу, регулює швидкість деяких процесів метаболізму. Наявність у воді вуглекислого газу дає змогу також стабілізувати її кислотно-основні властивості.



Кислотно-основні характеристики води природних водойм зазвичай не відчують сильних змін. Вони залежать від характеру живлення водойми, від того, якими породами складено його ложе, а також від хімічних і біологічних процесів, що в ній відбуваються. Вода з рН нижче **6,95** є кислою. За нейтральну вважається вода з рН від **6,96** до **7,3**.

Найбільш чутливі до закислення водойми **молюски** та інші істоти з вапняними раковинами: їх раковини в **кислій воді** просто **починають розчинятися**.



Солоність – сума концентрацій усіх розчинених у воді мінеральних речовин. За прісну вважається вода, що має солоність нижче 0,5 грам/кг (ця одиниця називається промілле). Вода океану зазвичай має солоність від 30 до 35 промілле. Окрім прісних водойм і солоного моря існують водні об'єкти з проміжним рівнем солоності.

Сума концентрацій у воді іонів магнію й кальцію називається жорсткістю. Особливо важливий цей показник для організмів, що мають **вапняні скелети й раковини.**

Прісна і солона вода по-різному впливають на організм водних тварин. Особливо сильно розрізняються в морських і прісноводних мешканців системи **осморегуляції.** Тому солоні водойми мають свою характерну фауну, а прісні водойми – свою.

Вода набагато менш прозора, чим повітря, вона сильно поглинає й розсіює світлові промені.

Проте, хоч би мінімальний рівень освітленості необхідний для більшості водних організмів:

- ✓ рослинам він потрібний для ведення фотосинтезу органічних речовин
- ✓ тваринам – для розпізнавання навколишнього середовища, орієнтації, синхронізації життєвих циклів.

Водні тварини мають поганий зір. Риби бачать достатньо чітко тільки на відстані 5-10 см. Зате вони можуть задовольнятися в мільйони раз слабкішим рівнем освітлення, ніж мешканці суші.

Прозорість води – характеристика, що показує, наскільки зменшилася інтенсивність світла під час його проходження через шар води певної товщини.

Океани й моря зазвичай **прозоріші**, ніж континентальні водойми: у них слабке світло проникає до глибини 150 і більше метрів (глибше за всіх проникають сині й зелені промені). І на таких глибинах ростуть види **червоних водоростей**, що здатні вести фотосинтез цьому мізерному освітленні. У **континентальних водоймах** прозорість і умови освітленості міняються дуже сильно. У **гірських річках і озерах світло** може проникати до дна: дно цих водойм складене малорозчинними породами, у них мало планктону.

У **рівнинних водоймах** прозорість залежить від сезону. У паводок вона мінімальна. На значні глибини світло проникає тільки в озерах із низькими концентраціями органічних речовин – у них прозорість може досягати 40 м. У **більшості ж річок і озер** прозорість не перевищує 2-3 м. Особливо низьку прозорість мають **дистрофні озера** із сильно гуміфікованою коричневою водою й **евтрофні озера**, у яких багато планктону. Кількість зважених частинок, річок, що сильно впливають на прозорість максимально, якщо швидкість течії велика, а підстилаючі породи – м'які.



Більшість водних організмів вважають за краще мешкати на визначених типах ґрунту. Організми, що мешкають на піщаних ґрунтах, називаються **псаммофілами**. На кам'янистих – **літофілами**, на мулах – **пелофілами** й так далі. На незвичних ґрунтах водні організми не можуть нормально харчуватися, будувати притулки, що веде до їх ослаблення й загибелі. Є цікава закономірність: при порівнянні мешканців кам'янистого ґрунту з псаммофілами й далі – з пелофілами, середні розміри й маси деяких особин зменшуються, зате їх кількість зростає. Водні організми й самі роблять **вплив на донний ґрунт**. Рослини скріпляють його своїм корінням, тварини збагачують органікою й активно «переорюють».

Для **водоїм суші** найбільш характерні постійні течії, що спричинені нахилом русла (у річках), а також **періодичні або тимчасові течії**, що відбуваються через тертя повітряних мас об водну поверхню або через різниці в температурі й щільності води в різних частинах водойми. На **порожистих ділянках річок** швидкість течії може досягати декількох **метрів у секунду**. Умови проживання на таких ділянках дуже своєрідні: через інтенсивне перемішування вода насичена киснем, є постійна небезпека бути відірваним від ґрунту і знесеним течією. Харчові частинки з великою швидкістю проносяться мимо. Організми, пристосовані до проживання в таких умовах, називаються **реакофілами**. Втім, більшість рівнинних річок мають спокійнішу течію, її швидкість зазвичай не перевищує декількох десятків сантиметрів у секунду.

В озерах і ставках течії мають ще менші швидкості, але їх значення для життя водних організмів **дуже велике**. Двічі в рік, навесні і восени, во всіх водоймах помірною поясу, що мають достатню глибину, відбувається масштабне перемішування водних мас. Вода в поверхні нагрівається (навесні) або охолоджується (восени) до температури $+4^{\circ}\text{C}$. Відомо, що за такою температурою вода має максимальну щільність, тому верхні шари води опускаються вниз, а придонні витісняються вгору, до поверхні. При цьому перемішуванні глибини водойми збагачуються киснем, а до поверхні піднімаються з глибини біогени й мінеральні солі.

Поняття «**Якість води**» має на увазі комплексну оцінку, яка включає гідрохімічні й гідробіологічні характеристики. У наш час і далі використовується традиційний підхід до оцінки якості води, що ґрунтується на визначенні тільки низки хімічних показників. Це не дає змогу оцінити зміни у водній екосистемі, оцінити ступінь порушень, з'ясувати їх механізм і дати прогноз подальшої зміни в екосистемі. Такі завдання можна вирішити, **використовуючи методи біоіндикації.**



У водоймах із найбільш **«чистою» водою**, де містяться низькі концентрації біогенних і органічних речовин, *кількість видів гідробіонтів, зазвичай, нижча, ніж у тих водоймах, де органічні речовини, сполуки азоту і фосфору присутні в помірних концентраціях.*

Для багатьох водних організмів, що мешкають у мезо- і евтрофних водах, помірний рівень забруднення є нормальним станом місця існування. Частина таких видів цілком може служити *індикаторами забруднення води органічними й біогенними речовинами.*

Інша частина видів, що мешкають у вузьких межах умов навколишнього середовища не витримують навіть невеликого забруднення і зникають – такі види є *якісними індикаторами низьких рівнів забруднення.*

Сапробність – здатність водних організмів жити у воді, яка містить різну кількість органічних речовин. За ступенем органічного забруднення водоймища прийнято поділяти на **полі-, мезо- та олігосапробні**, а організми, що в них проживають, відповідно називати **полі-, мезо- або олігосапробами**.

Таксобність – ступінь забруднення водойми, чи її частини токсичними речовинами.

Для біологічної індикації якості вод можна використовувати майже всі групи організмів, які населяють водойми:

- ✓ планктонні й бентосні безхребетні
- ✓ Найпростіші
- ✓ Водорості
- ✓ Макрофіти
- ✓ бактерії.

Організми, які зазвичай використовують як біоіндикатори, відповідальні за самоочищення водойми, беруть участь у створенні первинної продукції, здійснюють трансформацію речовин у водних екосистемах.

Склад і стан рослинності може вказати на наявність забруднювачів води в межах різноманітних промислових комплексів.

Наявність і розподіл водоростей – це надійний показник забруднення й санітарного стану вод у морях, ріках та озерах. Деякі види водоростей зникають під час наближення до джерел забруднення, а інші (наприклад, морський салат (*Ulva lactuca*)) поширюються за підвищеного забруднення вод. У місцях витоку стічних вод залишається лише бідна флора полісапробіонтних водоростей, що витримують велику концентрацію органічних речовин у воді й тому є **індикаторами дуже забруднених вод**.



Водорості бентосу є ще точніші індикатори санітарного стану морських вод. У бухтах Чорного моря в чистих водах живуть десятки видів діатомей, що зникають у міру забруднення води. У разі слабкого забруднення з'являються полісапробіонтні діатомеї (мелозіри та ін.) На максимальне забруднення води вказує масовий розвиток *Melosira monilifoonnis*.



Виявити присутність небезпечної забруднюючої речовини у водоймі можна за допомогою проявів її токсичного ефекту на рибах

Встановлено, що найбільша чутливість до дефіциту кисню збігається з чутливістю до органічного забруднення. Щодо стійкості до **органічних забруднень і дефіциту кисню** розрізняють індикаторні групи організмів:

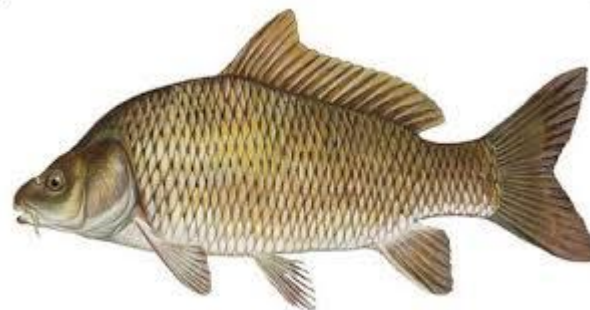
- **полісапроби**
- **мезосапроби**
- **олігосапроби**

Потреба в кисні в різних видів риб неоднакова: у **форелі** – висока, яка становить $7-11 \text{ см}^3/\text{л}$; у **піскаря, коблика** – середня ($5-7 \text{ см}^3/\text{л}$); у **плотви, йоржа** – низька ($4 \text{ см}^3/\text{л}$); у **коропа, лина** – наднизька ($0,5 \text{ см}^3/\text{л}$).

Полісапроби – організми, що витримують сильний ступінь дефіциту кисню (личинки комара *Chaoborus*, мухи-бджоловидки (*Fristalis tenax*));



Мезосапроби – витримують лише середній ступінь забруднення (інфузорія парамеція, карась, короп, лин);



Олігосапроби – здатні витримати лише слабкий ступінь забруднення, вимогливі до кисню (форель, багато личинок мошок).



Гідробіологічні показники якості води – кількісні та якісні характеристики груп водного населення, що використовуються для оцінки еколого-санітарного стану водних екосистем.

Якість води визначають, оцінюючи реакцію гідробіонтів на забруднення.

Індикатори гідробіонти:

- ✓ Зообентос
- ✓ Перифітон
- ✓ Зоопланктон
- ✓ Фітопланктон

Зообентос – сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водоймищ. Стан зообентосу характеризує зміни водного середовища протягом тривалого часу. Вивчення зообентосу, відібраного в різних місцях водоймища, дає змогу одержати інтегральні оцінки якості води та ступеня забруднення донних відкладів



Перифітон – поселення водних рослин і тварин на підводних скелях, камінні, річкових суднах, палях та інших об'єктах. Дослідження перифітону застосовують для оцінювання усередненої якості води водного об'єкта протягом довготривалого періоду часу, а також встановлення фактів забруднення водного об'єкта (за рахунок накопичення токсикантів) у тому разі, якщо в момент спостереження вода вже повністю самоочистилася.



Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями. Зоопланктон – досить надійний індикатор якості води в малопроточних річках, озерах, водосховищах та ставках. Його досліджують для отримання характеристик якості води в пунктах спостереження за порівняно короткий період часу.



Фітопланктон – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями. Фітопланктон характеризує якість водних мас, де проходив його розвиток, тому на водотоках забирають проби фітопланктону, які використовують для одержання інформації про рівень забруднення на ділянках, розміщених за течією вище від пунктів спостережень.



Найбільш повно методи **біотестування розроблені для гідробіонтів** і дає змогу використовувати їх для оцінки *токсичності забруднень природних вод, контролю токсичності стічних вод, експрес-аналізу в санітарно-гігієнічних цілях, для проведення хімічних аналізів у лабораторних цілях і вирішення цілого ряду інших завдань.*

- ✓ Під час скидання у водоймище токсичних речовин, що містяться в промислових стічних водах, відбувається пригнічення і збіднення фітопланктону.
- ✓ При збагаченні водойм біогенними речовинами, що містяться, наприклад, у побутових стоках, значно підвищується продуктивність фітопланктону.
- ✓ У разі перевантаження водойм біогенними виникає бурхливий розвиток планктонних водоростей, що, фарбують воду в зелений, синьо-зелений, золотистий, буре або червоний кольори («цвітіння» води). «Цвітіння» води настає за наявності сприятливих зовнішніх умов для розвитку одного, рідко двох-трьох видів.
- ✓ При розкладанні надлишкової біомаси, виділяється сірководень або інші токсичні речовини. Це може призводити до загибелі зооценозов водойми й робить воду непридатною для пиття.
- ✓ Багато планктонні водорості в процесі життєдіяльності нерідко виділяють токсичні речовини. Збільшення у водоймах вмісту біогенних речовин у результаті господарської діяльності людини, що супроводжуються надмірним розвитком фітопланктону, називають антропогенним **евтрофікуванням** водойм.

Бурхливий розвиток інших синьо-зелених водоростей, наприклад, **осцилятор** – хороший індикатор небезпечного забруднення води органічними сполуками. Кращий індикатор небезпечних забруднень – прибережне обростання, що розташовуються на поверхневих предметах у кромки води. У чистих водоймах ці обростання **яскраво-зеленого кольору** або мають бурий відтінок. За надлишком у воді органічних речовин і підвищення загальної мінералізації обростання набувають **синьо-зелений колір**, тому що складаються в основному із синьо-зелених водоростей.



Хороші результати дає аналіз бентосних (придонних) безхребетних. Оцінка чистоти водойм робиться за переважанням, або відсутності тих чи інших таксонів. Фітопланктон найбільш поширений і добре вивчений з усіх екологічних груп водоростей. Склад фітопланктону має велику видову насиченість. Аналіз видового складу, достатку й кількісного поширення видів фітопланктону входить у всі програми екологічного моніторингу водойм.

Вивчення фітопланктону водойм проводиться через збір проб на встановлених станціях. Для визначення видового складу фітопланктону з проби на предметне скло наноситься крапля матеріалу, закривається покривним склом і аналізується під мікроскопом. Ідентифікація видів здійснюється за допомогою визначника

Синьо-зелені водорості – прокаріоти, зустрічаються повсюдно й можуть мешкати в таких екстремальних біотопах, як гарячі джерела й кам'янисті пустелі.



Діатомові водорості – мікроскопічні організми, зустрічаються у всіх видах вод. Утворюють основну масу складу продуцентів у водоймі, вони є початком харчового ланцюга. Їх поїдають безхребетні тварини, деякі риби. Масове розвиток деяких діатомових водоростей може мати й негативні наслідки (впливають на якість води, спричиняють загибель личинок риб, забиваючи їм зябра). Багато діатомеї можна використовувати як індикатори якості води водойми.

Зелені водорості – один із самих великих відділів водоростей. Евгленові водорості – поширені виключно в прісних водоймах, багаті органічними речовинами, у клітинах містять численні криваво-червоні гранули. При масовому розвитку ці види утворюють на поверхні води червоний наліт, деякі види викликають «цвітіння» води, фарбуючи її в коричневий колір.



Золотисті водорості – переважно прісноводні водорості, найчастіше зустрічаються в чистих водоймах. Зазвичай вони розвиваються в холодну пору року.

Дінофітові водорості – існують у прісних водах і в морях. Серед них є паразити, які знищують личинок устриць, види які виробляють отруту, смертельну для риб. Крім, того розкладаючись після свого масового розвитку, так званих «червоних припливів», вони можуть отруювати воду на багато кілометрів шкідливими продуктами розпаду, впливаючи на риб та інших водних тварин.



Поступові ж зміни видового складу формуються в результаті тривалого отруєння водойми, і явними вони стають у випадку кардинальних змін. Для річок і струмків найбільш точні результати дає вивчення донних організмів (бентоса) і мешканців укорінених на дні водних рослин (перифітона), які, не переміщаючись разом із потоком, краще відображають загальну якість води, що протікає над ними. У стоячих водоймах разом із бентосом перспективне використання організмів – мешканців товщі води (планктону).

Для біоіндикації найбільш показові такі характеристики:

- ❖ хімічний склад клітин;
- ❖ склад, структура і ступінь функціональної активності феноменів;
- ❖ структурно-функціональні характеристики клітинних органоїдів;
- ❖ розміри клітин, їх морфологічні характеристики, рівень активності;
- ❖ гістологічні показники;
- ❖ концентрації полютантів у тканинах і органах;
- ❖ частота й характер мутацій, канцерогенезу, потворності.

Найбільш зручним об'єктом біоіндикації є, **макрозообентос** – макроскопічні (завдовжки більш ніж 2 мм) безхребетні тварини, що мешкають на дні водойм і в заростях водних рослин. Це, головню, **водні личинки й імаго комах, молюски, п'явки, малощетинкові черв'яки і вищі ракоподібні**. Для їх збору в природі потрібний простий бентосний сачок із вічком 0,5-1 мм (можна застосовувати господарське сито з капроною сіткою) і пінцетом; визначення у ряді випадків ведеться неозброєним оком, у решті випадків застосовується застосування бінокюляра.

Індекс сапробності. Метод включає визначення відносної частоти трапляння гідробіонтів (h) та їх індикаторної значимості (S). Визначення (h) проводять за оковимірювальною шкалою:

9,0 – у полі зору багато організмів;

7,0 – часто трапляються в кожному полі зору;

5,0 – нерідко;

3,0 – дуже рідко;

1,0 – поодинокі.

Індикаторну значимість (S) і зону сапробності визначають за списками сапробних організмів.

Індекс сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й [Букка](#) розраховують за формулою:

$$f = \frac{\sum(Sh)}{\sum h}$$

Для статичної достовірності потрібно, щоб у пробі було не менше 12 індикаторних видів із загальною сумою трапляння $h = 30$.

У тому випадку, коли в пробах, відібраних на одному місці, не вивчаються декілька різних груп біоценозу, то розрахунок ведуть за формулою:

$$F_m = \frac{S_1 \sum h_1 + S_2 \sum h_2 + S_3 \sum h_3 + \dots + S_n \sum h_n}{\sum h_1 + \sum h_2 + \sum h_3 + \dots + \sum h_n}$$

де: f_m – середній індекс; S_1, S_2, S_3 – індекс сапробності певних співтовариств (макрофлора, макрофауна обростання) або декілька проб одного співтовариства; h_1, h_2, h_3 – суми значень частоти зустрічання деяких співтовариств або декількох проб одного співтовариства.

Величини індикаторної значимості

Індикаторні організми	S (індикаторна <u>значимість</u>)	Умовні позначення сапробної зони
Організми ксеносапробної зони	0	X
Організми олігосапробної зони	1	O
Організми бета-мезосапробної зони	2	α
Організми альфа-мезосапробної зони	3	β
Організми полісапробної зони	4	P

Зона сапробності та класу якості води залежно від значення індексу сапробності

Індекс сапробності	Зона сапробності	Клас якості води
0,0-0,5	ксеносапробна	I – дуже чиста
0,51-1,5	олігосапробна	II – чиста
1,51-2,5	β -мезосапробна	III – помірно забруднена
2,51-3,5	α -мезосапробна	IV – забруднена
3,51-4,0	полісапробна	V – брудна

Визначення індексу Вудівісса для біотестування мілководних та не широких річок із добре розвинутою водною рослинністю. Система сапробності дає змогу прослідкувати черговість зникнення й повторної появи організмів, водоростей, найпростіших мікробезхребетних і риб (залежно від впливу забруднювальних речовин).

За базу досліджень Вудівіссом прийнято частоту виявлення в пробах води мікробезхребетних організмів бентосу: веснянки, одноденки, ручейники, тубіфіциди.

Значення біотичного індексу Вудівісса змінюється від 1, 2, 3, 4 (забруднені води) до 10,0 (чисті води).

В екологічній класифікації якості річкових вод це значення становить: забруднені води – $< 4,5$; чисті – $> 4,5$ до 10,0.

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея індексам та зонам сапробності

Зона сапробності	Індекс сапробності Пантле й <u>Букка</u>	Індекс Гуднайта-Уітлея (% олігохет)
Олігосапробна	0,5-1,5	до 30,0
β -мезосапробна	1,5-2,5	30,0-60,0
β , α - мезосапробна	2,5-3,5	70,0–80,0
Полісапробна	3,5-4,0	80,0

Індекс Вудівісса розраховується за формулою:

$$I_{\text{Вудівісса}} = \sum x_i / n$$

де x_i – значення індексів індикаторних організмів; n – кількість виявлених індикаторних організмів.

Визначення індексу Гуднайта-Уітлея (за великими таксонами).

Гуднайт та Уітлей провели індикацію стану водного об'єкта з виявлення організмів бентосу, що визначають ступінь забруднення – олігохет (за частотою виявлення) у відсотках до всіх виявлених видів донних організмів.

Шкала вимірювань – від 0 до 100 %.

Забрудненим водам відповідають значення від 66 до 100 %, чистим – до 60 %

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея екологічним індексам якості води

Екологічний клас	Індекс сапробності Пантле й <u>Букка</u>	Ie (екологічний індекс)	Індекс Гуднайта-Уітлея (% олігохет)
I	0,7	1,0	15,0
II	1,4	3,0	30,0
III	2,2	8,0	45,0
IV	3,3	21,0	66,0
V	> 3,3	> 21,0	> 66 0

Метод Ніколаєва. Для малих і середніх річок відома шкала й метод оцінки якості вод Ніколаєва (1992). Він є, спрощеним варіантом оцінки сапробності за Пантле Букком. Цей метод припускає збір якісних даних зі всіх донних субстратів річки, і визначення безхребетних до родів або сімейств. За Ніколаєвим, річкові води діляться **на 6 класів за якістю** (приблизно відповідні градаціям сапробності):

1 – дуже чисті (ксеносапробні);

2 – чисті (олігосапробні);

3 – помірно забруднені (β -мезосапробні);

4 – забруднені (α -мезосапробні);

5 – брудні (β -полісапробні);

6 – дуже брудні (α -полісапробні).

.

Оцінюючи за **методом Ніколаєва** потрібно для кожного класу якості вод у підрахувати число знайдених таксонів; помножити його на значущість таксона, вибрати класи якості вод, що набрав найбільше число балів. Осібно стоїть 6-й клас якості вод, у якому макробентос не має зустрічатися взагалі (що і є критерієм приналежності до цього класу).

Метод Ніколаєва задовільно **працює для річок завширки 7-10 і більше метрів** (тобто крім найменших), для середніх і сильних забруднень. До слабких забруднень він малочутливий. Не рекомендується застосовувати його і для стоячих водойм, у яких більшість використаних таксонів-індикаторів не зустрічаються взагалі.

Метод оцінки забруднення по літореофілам.

Спеціально для оцінки низьких рівнів забруднення **струмків і малих річок (завширки від 1 до 10 метрів)** пропонується наступний метод і індекс. Він також припускає збір якісних даних за макробентосом, причому зі щільних субстратів (переважно каменів, у гіршому разі корчів і листового опаду). Ці субстрати населяють літореофіли – види, найбільш вимогливі до вмісту кисню у воді й чутливі до замулювання. Визначення потрібно вести до родин або родів. Як індикаторні таксони використовуються личинки комах (веснянок, поденок і ручейників) і деякі п'явки. *Індикаторні таксони розбиті на дві групи: А (чутливі до забруднення й нестачі кисню) і В (стійкі до нестачі кисню й ті, що збільшують кількість при органічному забрудненні й замулюванні).*

Для визначення індексу потрібно підрахувати в пробі число чутливих до забруднення таксонів (А) і стійких (В).

Якщо $A+B = 5$ або більше, оцінюємо A/B .

A/B дорівнює 5 і більше: водойма дуже бідна органічною речовиною сама по собі, і без слідів забруднення людиною. У середній смузі такі зустрічаються у край рідко.

3-5: водойма незабруднена, така, що несе природний «фон» органічної речовини. Такі більшість швидких річок і струмків середньої смуги в лісових масивах без населених пунктів.

2-3: водойма несе слабе, зазвичай непряме антропогенне забруднення, або природний «фон» органіки підвищений (вирубки в оточуючому лісі, часткове заболочування долини, боброві запруди й тому подібне).

1-2: у наявності помітне, але не сильне антропогенне забруднення.

0,5-1: забруднення середньої сили.

0-0,5: сильне забруднення, з великою вірогідністю промислового характеру; починаючи з цього рівня рекомендується використовувати інші методи.

1. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. – 76 с.
2. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.