



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.289776>

УДК 597.2.5

## ВИКОРИСТАННЯ РИБ ЯК ІНДИКАТОРІВ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОГО МОРЯ)

Марія МАДАНИ

*Одеський національний технологічний університет*

вул. Канатна, 122, Одеса 65039, Україна

e-mail: [madanikader50@gmail.com](mailto:madanikader50@gmail.com)

Трансформація водних екосистем, викликана антропогенними змінами на басейновому рівні, призвела до значного погіршення стану популяцій риб у більшості водойм України. Мета будь-якої реконструкції водойми - збільшення продуктивності або розширення спектру його використання, але структурна складність екосистем не дозволяє передбачити всі негативні зміни та процеси, які будуть розвиватися в результаті діяльності людини. У цьому контексті гострою є проблема визначення екологічних ризиків та тих індикаторних показників на біоценотичному та популяційному рівнях, які дозволять передбачити негативні зміни в екосистемах.

На даний момент рівень іхтіологічних досліджень не завжди дозволяє чітко визначити з якими процесами у водоймищах пов'язані зміни видового складу або структури популяцій риб. Саме тому є необхідність розробити теоретичні підходи використання риб як індикаторів стану гідроєкосистем. Використання структурних особливостей популяцій і угруповань риб як біоіндикаторних показників має як переваги, так і недоліки порівняно з водними безхребетними, водоростями та вищими водними рослинами. До переваг цієї методики слід віднести відносно великі розміри об'єктів, відносну простоту визначення видової приналежності риб, можливість проведення досліджень з мінімальним застосуванням лабораторного обладнання, яке теж досить просте для визначення структурних характеристик популяцій риб. Найбільш суттєвими недоліками є складності визначення достовірних показників чисельності популяцій різних видів риб, рухливість представників іхтіофауни, що дозволяє їм уникати несприятливих умов існування, фактор вилучення риб у рибогосподарських цілях, що порушує структуру популяцій та угруповань.

Метою роботи є розробка теоретичних і практичних аспектів використання риб на популяційному та ценотичному рівнях як індикаторів екологічного стану водойми. Модельною акваторією для розкриття цих питань може бути Чорне море, оскільки у його басейні простежуються різні зміни як природного так і антропогенного походження. Крім того, іхтіофауна цієї водойми досить докладно вивчена як на рівні структури іхтіоценозів, так і на рівні окремих популяцій.

**Матеріали та методи дослідження.** Основою даної роботи послужили розроблені теоретичні підходи інших систематичних груп тварин [1]. Фактичні іхтіологічні матеріали у басейні Чорного моря збирали протягом 2019-2023 років. Аналіз уловів та особин риб здійснювався відповідно до стандартних іхтіологічних методів [2]. Під час робіт було сформовано базу даних з різних напрямів досліджень (структура улову, біологічний аналіз,

промислові улови, гідрологія, гідрохімія та ін.). Для статистичної обробки даних використовували програмний продукт Statistics 6.0.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Більшість країн Західної Європи для біоіндикації використовують біотичні індекси для стандартного контролю якості води. В останнє десятиліття XX ст. в Європі та США спостерігалася тенденція розвитку біологічних методів оцінки в рамках екосистемного інтегрованого підходу. В Україні зараз відзначається інтерес дослідників у вивченні різних підходів до використання риб як індикаторів стану гідроекосистем [3]. Разом з тим слід зазначити певну складність використання риб як індикаторів, пов'язаних насамперед із такими недоліками:

- 1) емпіричні дані мають певну неоднозначність;
- 2) відсутність надійних критеріїв для вибору абсолютно адекватних біологічних показників з метою оцінки впливу на екосистеми;
- 3) проблема вибору «еталона» порівняння результатів оцінки;
- 4) близько 2/3 біотичних індексів базуються на донних макробезхребетних;
- 5) риби як біоіндикатори розглядаються дуже рідко;
- 6) можливості біоіндикації на основі структурних особливостей популяцій риб у водоймах України досліджено недостатньо;
- 7) переважна більшість досліджень з проблеми біоіндикації в Україні здійснюється на великих річках і водосховищах, натомість малі річки та солонуваті водоймища в цьому аспекті досліджені мало;
- 8) проблеми оцінки якості середовища з антропоцентричних та екосистемних позицій та проблеми визначення оптимального рівня антропогенного перетворення гідроекосистем;
- 9) постійно виникають нові загрози стійкості екосистем - це вимагає розширення можливостей біоіндикації;
- 10) у сфері біоіндикації Україна суттєво відстає від розвинених країн.

Водночас необхідність розвитку таких робіт очевидна. Виявлення іхтіологічних індикаторів на біоценотичному та популяційному рівнях, що характеризують стан гідроекосистем, надалі можуть бути основою для досліджень з метою передбачення змін та попередження екологічних ризиків у водоймах України. Деталізація залежностей між кількісними показниками, що характеризують структуру та динаміку іхтіоценозів і популяцій риб, з одного боку, і дію основних факторів впливу на іхтіофауну, з іншого, дозволяють виявити особливості структури іхтіоценозів і кількісні характеристики розмірно-масової, статеві структури популяцій риб, що відповідають певному рівню негативних змін у гідроекосистемах.

Аналізуючи існуючі підходи та методи, для Чорного моря найбільш прийнятними є 5 показників популяційного та ценотичного рівнів, які дозволять судити про різні зміни у водоймі:

*1. Розмірна різноманітність особин популяції.* Як відомо, кожна вікова група представлена особинами різного розміру, який залежить від якості середовища, тому їх розподіл за розмірними рядами буде відрізнятися. Для оцінки сучасного стану якості середовища найбільш інформативним буде аналіз, здійснений на молодняку і на рибі з коротким життєвим циклом, оскільки різноманітність розмірів старших вікових груп риб з довгим життєвим циклом може бути результатом дій, що мали місце в минулі періоди. Індикаторним показником у разі може бути коефіцієнт варіації [2]. Так, якщо екологічні умови середовища сприятливі для розвитку риб, то виживають і співіснують особини одного виду з широким діапазоном біологічних характеристик, наприклад, риби з різною довжиною та масою тіла. Якщо ж екологічні умови середовища несприятливі та впливають негативні фактори, то

спостерігається дія стабілізуючого відбору, який відсікає крайові варіанти та підтримує певний фенотип із вузьким діапазоном варіацій показників. Відповідно і коефіцієнт варіації кожного показника буде низьким за своїм значенням [3].

2. *Розмірно-масова структура популяції.* Показники структури популяції виду можуть бути непрямим відображенням впливу негативних чинників. Так, значна динаміка показників у розмірно-масовій структурі особин дає можливість говорити про наявність фактів надмірного вилову і підриву чисельності популяції. Використання даного показника можливе для видів, зі статевим диморфізмом за розмірами, які інтенсивно використовуються рибним промислом.

У Чорноморському басейні для характеристики цього показника можна використовувати бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814). Так, дослідивши динаміку значень середньорічних показників довжини тіла протягом останніх 60 років, встановлено, що вони знаходяться у прямій негативній залежності від інтенсивності промислу.

3. *Статева структура* особливо є важливим показником для риб, що мають статевий диморфізм. У певних умовах можуть існувати різкі відхилення від «нормального» співвідношенні статей у результаті дії різних природних та/або антропогенних факторів. Статева структура окремих видів риб значно змінюється, але переважно співвідношення близько 1:1 [1]. У період інтенсивного промислу бичків у Чорному морі виловлюються переважно самці, які більше за розміром, ніж самки. Це призводить до перерозподілу статей та накладає свій відбиток на формування врожайності поколінь у наступні роки. Так на початку 60-х років співвідношення статей у бичка-кругляка було лише на рівні 1:1,6 з переважанням самок. У результаті інтенсивного промислу вже наприкінці вказаного часу цей показник становив 1:1,9, що негативно позначилося на ефективності нересту та чисельності виду у наступні роки. Враховуючи таку залежність, можна констатувати, що перевага самок над самцями може бути показником рівня промислового вилучення та стану популяції бичка-кругляка у Чорному морі.

4. *Індивідуальна морфологічна мінливість* особин та наявність фенодевіацій. Для визначення рівня мінливості щодо природної популяції як цілісної генетико-еволюційної системи, перспективним є врахування стабільності індивідуального розвитку за такими ознаками, як рівень флуктуючої асиметрії та кількість фенодевіацій [4]. Остання, як своєрідна група змін, яка займає проміжне положення між якісними і кількісними ознаками, і вказує на спадкові відхилення від норми, дуже мінливі і трапляються з різною частотою. Як правило, у природних популяціях зустрічаються різні рівні відхилень, частота яких невелика, але в окремих випадках виявляється значною. Крім того, існує інший підхід до оцінки стабільності індивідуального розвитку риб в умовах антропогенного преса на екосистеми - аналіз морфологічних білатеральних ознак [4], при якому з'ясовується мінливість цих ознак на лівому та правому боці тіла.

У Чорному морі такі роботи було проведено для камбали-калкан чорноморської *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814). Серед характерних і чітко виражених, тобто таких, що не вимагають дуже пильного огляду риб, зустрічаються різні порушення у будові та топографії органів бічної лінії та правостороння форма тіла. Слід звернути увагу на те, що характер розташування на тілі бічної лінії, і розташування очей на лівій стороні тіла розглядаються як діагностичні ознаки на рівні сім'ї *Scophthalmidae* [1].

Аналізуючи подібні роботи у Малому Аджалицькому лимані та прилеглій частині Чорного моря у 2013-2023 рр., були встановлені подібні фенодівіанти для кефалі *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845). Основними типами аномалій для виду в досліджуваному регіоні служили: викривлення хребта, недорозвиненість однієї зябрової кришки, викривлені плавці.

Частка їх становила 1 % і основною причиною таких змін вважаються близькоспоріднене схрещування.

Підсумовуючи, слід зазначити, що частота появи будь-якого фенотипу значно залежить від умов життя риб. Найважливішими факторами середовища, що впливають на частоту, ступінь прояву цих аномалій, є температура, надмірна або дефіцитна забезпеченість риби кормом, газовий режим водойми, рН води, рівень забруднення.

Наявність фенотипів у популяції можна розглядати як свого роду показник зниження генетичного гомеостазу та гомеостазу розвитку. Гени або поєднання генів, що не виявляються при добре збалансованому генотипі та оптимальних умовах існування, визначаються при порушенні генетичного балансу та в несприятливому середовищі [2].

Велика кількість асиметричних проявів у риб вказує на зниження життєздатності їх природних популяцій (груп) під впливом потужного антропогенного пресу, зокрема забруднення, і можуть бути використані як індикаторні показники стану навколишнього природного середовища.

5. *Видова та таксономічна різноманітність.* Інформація про таксономічну різноманітність функціональних груп гідробіонтів - індикатор умов середовища. Так, видове та таксономічне розмаїття матимуть максимальні значення для деяких середніх показників якості води та зменшуватимуться у напрямку до дуже чистих, оліготрофних, олігосапробних та дуже брудних гіпертрофних та полісапробних вод [5]. Також необхідно зазначити, що різноманітність видів риб залежить від багатьох гідрологічних, гідробіологічних, гідрохімічних та інших факторів. До найважливіших слід віднести такі як сила течії, глибина, прозорість, солоність, газовий режим, кормова база тощо. Всі перераховані вище фактори викликають вплив як безпосередньо, так і опосередковано як на конкретні види, так і в цілому на структуру іхтіоценозу.

Відомо, що зв'язок показників різноманітності та стійкості (стабільності) екосистем має не завжди відповідний, а іноді і суперечливий характер [4]. Постійність біосистем збільшується зі збільшенням різноманітності, але разом з тим зазначається, що не завжди різноманітність формується за рахунок стабільності екосистем [5]. Спираючись на вищевикладене, для іхтіофауни Малого Аджалицького лиману були виявлені наступні закономірності формування видового складу риб. Лиман слід віднести до нестабільних (динамічних) екосистем у зв'язку з тим, що одним з негативних факторів, що впливають на його біоту, можна назвати значну флуктуацію абіотичних компонентів екосистеми, які в свою чергу викликають такі ж зміни і в біологічних. Деяка недовготривала стабільність абіотичних показників відзначалася в 50 - 60-ті рр.. XX ст. Починаючи з 1972 р. водоймище характеризувалося вже значною динамікою гідроекологічних умов, причиною яких стали зміни гідрологічних і гідрохімічних режимів. Кількість видів риб у Малому Аджалицькому лимані протягом усіх періодів залежить від солоності води, підтвердженням цього є кореляційний зв'язок цих показників (-0,94). Оптимальними значеннями мінералізації, при яких реєструється найбільший видовий склад, є 13,3 - 17,0 г/дм<sup>3</sup>. За таких умов спостерігається максимальна кількість промислових видів та висока рибопродуктивність лиману. Зате, при погіршенні пропускної спроможності протоки і підвищенні солоності, цінні промислові види замінюються дрібними непромисловими представниками іхтіофауни (кореляційна залежність солоності та кількості промислових видів становить 0,84). Наочним прикладом цього факту є поступове падіння частки промислових видів: у 50-ті роки XX ст. їхня частка становила 27 %, у 60-ті рр. XX ст. – 20 %, 1995 р. – 17 %, 2020 р. – 14 %. Також досить логічним є взаємозв'язок солоності з кількістю прісноводних риб, що зустрічаються в лимані, де показник кореляції цих факторів становить 0,86.

**Висновки**

1. У результаті аналізу різних підходів у галузі біоіндикації якості води та стану гідроекосистем, слід відзначити перспективність використання іхтіологічних показників. Їх доцільно використовувати як біоіндикатори на популяційному та ценотичному рівнях.

2. На популяційному рівні перспективними для біоіндикації є такі показники: розмірна різноманітність особин популяції з використанням показника варіації; розмірно-масова структура популяції з показниками середніх багаторічних даних довжини або маси тіла; статева структура з показниками збільшення чи зменшення частки особин однієї статі; індивідуальна морфологічна мінливість особин та кількість фенотипів.

3. На ценотичному рівні як індикатори доцільно використовувати показники: кількість видів риб, індекси різноманітності та різноманітність риб з різним ступенем стено- та еврибіонтності.

**Література:**

1. Гончаренко Н. І. Біоіндикація водного середовища на іхтіологічному матеріалі. Коефіцієнт варіації показників. Канів, 2008. 45 с.

2. Клименко М.О., Гріховина Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних систем річок басейну Прип'ять за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005.

3. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навч. посіб. Кременчук: Вид-во ПП Щенбатих О. В., 2016. 76 с.

4. Гончаренко Н. І. Біоіндикація водного середовища на іхтіологічному матеріалі. Коефіцієнт варіації показників. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології*. Канів, 2008. С. 43-45.

5. Шевченко П. Г. Встановлення видів риб-біоіндикаторів та оцінка загального стану водного середовища озер Шацького національного природного парку за іхтіологічними показниками. *Таврійський науковий вісник. Збірник наукових праць ХДАУ*, 2010. Вип. 68. С. 116–122.