

УДК 597.2/.5

В.О. ДЕМЧЕНКО

Таврійський державний агротехнологічний університет
пр-т Богдана Хмельницького, 18, Мелітополь 72312, Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ РИБ ЯК ІНДИКАТОРІВ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ АЗОВСЬКОГО МОРЯ)

У результаті аналізу різних підходів в області біоіндикації якості води й стану гідроекосистем зазначено перспективність використання іхтіологічних показників, які доцільно використовувати як біоіндикаторні на популяційному і ценотичному рівнях. На популяційному рівні перспективними для біоіндикації є такі показники: розмірна розмаїтість особин популяції з використанням показника варіації; розмірно-масова структура популяції з показниками середніх багаторічних даних довжини чи маси тіла; статева структура з показниками збільшення чи зменшення частки особин однієї статі; індивідуальна морфологічна мінливість особин та число фенотипів. На ценотичному рівні в якості індикаторних доцільно використовувати показники: кількість видів риб, індекси розмаїття та розмаїтість риб з різним ступенем стено-, еврибіонтності.

Ключові слова: біоіндикація, іхтіоценози, структура популяції, Азовське море, біорозмаїття

Трансформація водних екосистем, спричинена антропогенними змінами на басейновому рівні, призвела до значного погіршення стану популяцій риб в більшості водойм України. Будь-яка реконструкція водойми має на меті збільшити продуктивність або розширити спектр її використання, але структурна складність екосистем не дозволяє передбачити всіх негативних змін і процесів, що будуть розвиватися в результаті діяльності людини. В цьому контексті гострою є проблема визначення екологічних ризиків та тих індикаторних показників на біоценотичному та популяційному рівнях, що дозволять передбачити негативні зміни в екосистемах.

Нині рівень іхтіологічних досліджень не завжди дозволяє чітко визначити, з якими процесами в водоймах пов'язані зміни видового складу чи структури популяцій риб. Саме тому є необхідність розробити теоретичні підходи використання риб як індикаторів стану гідроекосистем. Використання структурних особливостей популяцій і угруповань риб як біоіндикаторних показників має як переваги, так і недоліки порівняно з водними безхребетними, водоростями й вищими водними рослинами. До переваг цієї методики варто віднести відносно великі розміри об'єктів, відносна простота визначення видової приналежності риб, можливість проведення досліджень з застосуванням мінімуму лабораторного устаткування, яке є теж досить простим, для визначення структурних характеристик популяцій риб. Найістотнішими недоліками є складність 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 розроблення теоретичних та практичних аспектів використання риб на популяційному та ценотичному рівнях як індикаторів екологічного стану водойми. Модельною акваторією для розкриття цих питань може слугувати Азовське море, оскільки в його басейні простежуються різноманітні зміни як природного, так і антропогенного походження. Окрім того, іхтіофауна цієї водойми досить детально вивчена як на рівні структури іхтіоценозів, так і на рівні окремих популяцій.

Матеріал і методи досліджень

Основою для даної роботи слугували розроблені теоретичні підходи для інших систематичних груп тварин [2, 7–9]. Фактичні іхтіологічні матеріали в басейні Азовського моря збирали протягом 1996–2010 рр. Аналіз уловів та особин риб здійснювався згідно стандартних

іхтіологічних методів [12]. Під час робіт була сформована база даних за різними напрямками досліджень (структура улову, біологічний аналіз, промислові улови, гідрологія, гідрохімія та ін.) [4]. 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. у Європі [22, 23] та США [20] спостерігалася тенденція розвитку біологічних методів оцінки в рамках екосистемного інтегрованого підходу. В Україні нині відмічаються зацікавленість дослідників у вивченні різноманітних підходів до використання риб як індикаторів стану гідроекосистем [1, 3, 15, 18]. Разом з тим слід відмітити певну складність використання риб як індикаторів, що пов'язані, насамперед, з такими недоліками:

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

Разом з тим, необхідність розвитку таких робіт є очевидною. Виявлення іхтіологічних індикаторів на біоценотичному та популяційному рівнях, що характеризують стан гідроекосистем, в подальшому можуть бути основою для досліджень з метою передбачення змін та попередження екологічних ризиків в водоймах України. Деталізація залежностей між кількісними показниками, що характеризують структуру та динаміку іхтіоценозів і популяцій риб, з одного боку, та дія основних факторів впливу на іхтіофауну з іншого, дозволяють виявити особливості структури іхтіоценозів і кількісних характеристик розмірно-масової, статевої структури популяцій риб, що відповідають певному рівню негативних змін в гідроекосистемах.

Аналізуючи існуючі підходи та методи для Азовського моря найбільш прийнятними, на нашу думку, є 5 показників популяційного та ценотичного рівнів, що дозволять судити про різні зміни у водоймі:

1. *Розмірна розмаїтість особин популяції.* Як відомо, кожна вікова група представлена особинами різного розміру, який залежить від якості середовища, тому відповідно їх розподіл за розмірним рядом буде відрізнятися. Для оцінки сучасного стану якості середовища найбільш інформативним буде аналіз, який здійснений на молоді й на рибі з коротким життєвим циклом, оскільки розмаїття розмірів старших вікових груп риб з довгим життєвим циклом може бути результатом впливів, що мали місце в минулі періоди. Індикаторними показниками у цьому випадку може бути коефіцієнт варіації [3]. 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 і впливають негативні чинники, то спостерігається дія стабілізуючого відбору, який відсікає крайові варіанти і підтримує певний фенотип з 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 опосередкованим відображенням впливу негативних факторів. Так, значна динаміка показників в розмірно-масовій структурі особин дає можливість говорити про наявність фактів перевилу та підриву чисельності популяції. Використання даного показника можливе для видів, які мають статевий диморфізм за розмірами та видів, які інтенсивно використовуються рибним промислом.

В Азовському 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, було встановлено, що вони знаходяться в прямій негативній залежності від інтенсивності промислу.

3. *Співвідношення статей* особливо є важливим показником для риб, що мають статевий диморфізм. В певних умовах можуть існувати різкі відхилення від “нормального” співвідношенні статей у результаті дії різноманітних природних і/або антропогенних факторів. Статева структура у окремих видів риб досить значно змінюється, але здебільшого співвідношення близьке 1:1 [10]. В період інтенсивного промислу бичків в Азовському морі вилловлюються переважно самці, які більші за розміром, ніж самиці. Це призводить до перерозподілу статей і накладає свій відбиток на формування врожайності поколінь в наступні роки. Так на початку 60-х рр. співвідношення статей у бичка-кругляка було на рівні 1 до 1,6 з перевагою самиць. В результаті інтенсивного промислу вже в кінці вказаного часу цей показник становив 1 до 1,9, що негативно відобразилося на ефективності нересту та чисельності виду в подальші роки. Враховуючи таку залежність можна констатувати, що перевага самиць над самцями може слугувати показником рівня промислового вилучення та стану популяції бичка-кругляка в Азовському морі.

4. *Індивідуальна морфологічна мінливість особин та число фенодевіацій.* Для визначення рівня мінливості при вивченні природної популяції як цілісної генетико-еволюційної системи, перспективним виявляється облік стабільності індивідуального розвитку за такими ознаками як рівень флюктууючої асиметрії та число фенодевіацій [7, 8, 19]. Останні, як своєрідна група змін, що займають проміжне положення між якісними і кількісними ознаками, і позначають спадкові ухилення від норми, є дуже мінливими за проявом і трапляються з різною частотою. Як правило, в природних популяціях зустрічаються різні рівні відхилень, частота яких невелика, але в окремих випадках виявляється значною. Окрім того, існує інший підхід до оцінки стабільності індивідуального розвитку риб в умовах антропогенного пресу на екосистемі – аналіз морфологічних білатеральних ознак [7, 8], при якому з'ясовується мінливість цих ознак на лівому та правому боці тіла.

В Азовському морі такі роботи були проведені для камбали-калкан азовської *Psetta torosa* (Rathke, 1837) [5]. Серед найхарактерніших і чітко виражених, тобто таких, що не вимагають дуже пильного огляду риб, трапляються різні порушення в будові і топографії органів бічної лінії та правобічна форма тіла. Слід звернути увагу на те, що характер розташування на тілі бічної лінії, і розташування очей на лівому боці тіла розглядаються як діагностичні ознаки на рівні родини *Scophthalmidae* [16].

Аналізуючи подібні роботи в Молочному лимані та прилеглій частині Азовського моря в 1997–2007 рр., нами були встановлені подібні фенодивіанти для кефалі піленгас *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845). Основними типами аномалій для виду в досліджуваному регіоні були викривлення хребта, недорозвиненість однієї зябрової кришки, викривлені плавці. Частка їх складала 1% і основною причиною таких змін вважаються близькоспоріднене схрещування.

Підсумовуючи, слід зазначити, що частота появи будь-якого фенодивіанта значно залежить від умов життя риб. Найважливішими чинниками середовища, що впливають на частоту і ступінь прояву цих аномалій, є температура, значна або менша забезпеченість риби кормом, газовий режим водойми, рН води, рівень забруднення [10].

Наявність фенодивіантів в популяції можна розглядати як, свого роду, показник зниження генетичного гомеостазу й гомеостазу розвитку. Гени або поєднання генів, що не виявляють видимого прояву при добре збалансованому генотипі і оптимальних умовах

існування, виявляються при порушенні генетичного балансу і в несприятливому середовищі [14].

Велика кількість асиметричних проявів у риб вказує на зниження життєздатності їхніх природних популяцій (груп) під впливом потужного антропогенного пресу, зокрема забруднення. і може бути використано індикаторним показником стану навколишнього природного середовища.

5. *Видова й таксономічна розмаїтість.* Індикатором умов середовища є інформація про таксономічне різноманіття функціональних груп гідробіонтів. Так, видове й таксономічне розмаїття будуть мати максимальні значення для деяких середніх показників якості води і будуть зменшуватися в напрямку до дуже чистих, оліготрофних, олігосапробних і дуже брудних гіпертрофних і полісапробних вод [21]. Також необхідно зазначити, що розмаїття видів риб залежить від багатьох гідрологічних, гідробіологічних, гідрохімічних та інших факторів. До найбільш важливих слід віднести такі як сила течії, глибина, прозорість, солоність, газовий режим, кормова база та ін. Всі вище перераховані чинники спричиняють вплив як безпосередньо, так і опосередковано як на конкретні види, так і в цілому на структуру іхтіоценозу.

Відомо, що зв'язок показників розмаїття та сталості (стабільності) екосистем має не завжди відповідний, а інколи й суперечливий характер [6]. Сталість біосистем збільшується з збільшенням різноманіття [11, 17], але разом з тим відмічається, що не завжди розмаїття формується за рахунок стабільності екосистеми [13]. Спираючись на вищевикладене, для іхтіофауни Молочного лиману були виявлені такі закономірності формування видового складу риб. Лиман слід віднести до нестабільних (динамічних) екосистем в зв'язку з тим, що одним з негативних факторів, що впливає на його біоту, слід назвати значну флуктуацію абіотичних компонентів екосистеми, які у свою чергу спричиняють такі ж зміни й у біологічному. Деяка недовготривала стабільність абіотичних показників відмічалася в 50-60-ті рр. ХХ ст. Починаючи з 1972 р. водойма характеризувалася вже значною динамікою гідроекологічних умов, причиною яких стали зміни гідрологічного та гідрохімічного режимів. Кількість видів риб в Молочному лимані протягом всіх періодів залежить від солоності води, підтвердженням чого є кореляційний зв'язок цих показників (- 0,94). Оптимальними значеннями мінералізації, під час яких реєструється найбільший видовий склад, є 13,3–17,0 г\дм³. При таких умовах спостерігається максимальна кількість промислових видів і висока рибопродуктивність лиману. Натомість, при погіршенні пропускної здатності 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 долі промислових видів: у 50-ті рр. ХХ ст. їх частка становила 27 %, у 60-ті рр. – 20, у 1993 р. – 17, у 2000 р. – 14. Також досить логічним є взаємозв'язок солоності з кількістю прісноводних риб, що трапляються в лимані, де показник кореляції цих факторів становить 0,86.

Висновки

1. У результаті аналізу різних підходів в області біоіндикації якості води й стану гідроекосистем, слід зазначити перспективність використання іхтіологічних показників. Їх доцільно використовувати як біоіндикаторні на популяційному і 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 чи маси тіла; статева структура з показниками збільшення чи зменшення частки особин однієї статі; індивідуальна морфологічна мінливість особин та число фенотипів.
3. На ценотичному рівні в якості індикаторних доцільно використовувати показники: кількість видів риб, індекси розмаїття та розмаїтність риб з різним ступенем стено-, еврибіонтності.

1. Антоновский А. Г. Перспективы использования характеристик особей, популяций и сообществ рыб в Системе биоиндикации качества воды и состояния гидроекосистем / А. Г. Антоновский,

- В. А. Демченко, Н. А. Демченко, Н. Н. Сурядна // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2008. – № 1. – С. 23–28.
2. *Биоиндикация и биомониторинг.* – М. : Наука, 1991. – 288 с.
 3. *Гончаренко Н. І.* Біоіндикація водного середовища на іхтіологічному матеріалі. Коефіцієнт варіації показників / Н. І. Гончаренко // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології. – Канів, 2008. – С. 43–45.
 4. *Демченко В. О.* Використання системи управління базами даних Microsoft Access 2003 в іхтіологічних дослідженнях / В. О. Демченко, Н. А. Демченко // Бюлетень іхтіологічної спілки України. – 2007. – № 1. – С. 58–62.
 5. *Дирипаско О. О.* Морфологічна характеристика азовського калкана *Psetta maeotica torosa* (pleuronectiformes, scophthalmidae) у зв'язку з вивченням фенетичного різноманіття виду / О. О. Дирипаско // Таврійський науковий вісник. Збірник наукових праць ХДАУ. – Херсон : Айлант, 2006. – Вип. 43. – С.183–189.
 6. *Емельянов И. Г.* Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистемы / И. Г. Емельянов. – Киев, 1995 – 168 с.
 7. *Захаров В. М.* Асимметрия животных / В. М. Захаров. – М. : Наука, 1987. – 216 с.
 8. *Захаров В. М.* Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов [и др.]. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
 9. *Мелихова О. П.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учебн. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелихова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева [и др.]; под ред. О. П. Мелиховой, Е. И. Егоровой. – М. : Издательский центр “Академия”, 2007. – 288 с.
 10. *Никольский Г. В.* Частная ихтиология / Г. В. Никольский. – М. : Высш. школа, 1971. – 472 с.
 11. *Одум Ю.* Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
 12. *Правдин И. Ф.* Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 374 с.
 13. *Протасов А. А.* Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология / А. А. Протасов. – Киев, 2002. – 105 с.
 14. *Решетников Ю. С.* Изменение структуры рыбного населения звторифируемого водоема / Ю. С. Решетников, О. А. Попова, О. Н. Стерлигова [и др.]. – М. : Наука, 1982. – 258 с.
 15. *Ситник Ю. М.* Риби-біоіндикатори поліметалічного забруднення континентальних водойм України / Ю. М. Ситник // Мониторинг природных и техногенных сред. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – С. 207–211.
 16. *Смирнов А. И.* Фауна Украины. Т. 8. Рыбы. Вып. 5. Окунеобразные (бычковые), скорпенообразные, камбалообразные, присоскопериобразные, удильщикообразные / А. И. Смирнов. – Киев : Наукова думка, 1986. – 320 с.
 17. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М. : Прогрес. – 1980. – 327 с.
 18. *Шевченко П. Г.* Встановлення видів риб-біоіндикаторів та оцінка загального стану водного середовища озер шацького національного природного парку за іхтіологічними показниками / П. Г. Шевченко // Таврійський науковий вісник. Збірник наукових праць ХДАУ. – Херсон : Айлант, 2010. – Вип. 68. – С. 116–122.
 19. *Яблоков А. В.* Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций / А. В. Яблоков, Н. И. Ларина. – М. : Высшая школа, 1985. – 158 с.
 20. *Barbour M. T.* Evaluation of EPA's Rapid Bioassessment Benthic Metrics: metric redundancy and variability among reference stream sites / M. T. Barbour, J. L. Plafkin, B. P. Bradley [et al.] // Environmental Toxicology and Chemistry. – 1992. – Vol. 11. – P. 437–449.
 21. *Hellawell J. M.* Biological indicators of freshwater pollution and environmental management / J. M. Hellawell. – London, 1986. – 546 p.
 22. *Klapwijk S. P. C.* Ecological assessment of water systems / S. P. Klapwijk, J. J. P. Gardeniers, E.T.H.M. Peeters, C. Roos / Proceedings Workshop Monitoring. Tailor-made. – 1995. – P. 105–117.
 23. *Roos C.* Ecological assessment of Dutch inland waters: Philosophy and preliminary results / C. Roos, J.J.P. Gardeniers, R. M. M. Roijackers, E. T. H. M. Peeters // Verh. Intern. Verein. Limnol. – 1991. – Vol. 24. – P. 2104–2106.

В.О. Демченко

Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, Україна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРОВ ГИДРОЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ АЗОВСЬКОГО МОРЯ)

В результате анализа различных подходов в области биоиндикации вод и гидроэкосистем отмечено перспективность ихтиологических показателей, которые целесообразно использовать как биоиндикативные на популяционном и ценоотическом уровнях. На популяционном уровне перспективными для биоиндикации являются: размерное разнообразие особей популяции с использованием показателя вариации; размерно-весовая структура популяции с показателями средних многолетних данных длины или массы тела; половая структура с показателями увеличения или уменьшения доли особей одного пола; индивидуальная морфологическая изменчивость особей и число фенотипических отклонений. На ценоотическом уровне как индикаторы целесообразно использовать: количество видов рыб, индексы разнообразия рыб с разным уровнем стено-, эврибионтности.

Ключевые слова: биоиндикация, ихтиоценозы, структура популяции, Азовское море, биоразнообразие

V. O. Demchenko

Taurian State Agrotechnical University, Melitopol, Ukraine

THE THEORETICAL AND PRACTICAL FEATURES OF FISH USING AS INDICATORS OF HYDROECOSYSTEM CONDITION ON THE SEA OF AZOV

At the research had been provides theoretical basis of using population and coenotic indicators as indicator of water condition. For Azov Sea have been proposed to use 5 performance indicators, which show the level of anthropogenic impact, dynamic of hydrological and hydrochemical changes. Therefore, necessity of development and testing these approaches in other basins of Ukraine.

Keywords: bioindication, ichthyocenosis, population structure, the Sea of Azov, biodiversity

Рекомендує до друку

Надійшла 25.02.2011

В.З. Курант