
ТЕХНОЛОГІЇ В АКВАКУЛЬТУРІ

УДК 574.5.08:556.53

ДО МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЗНОМАНІТТЯ БІОТИ МАЛИХ ГІРСЬКИХ ВОДОТОКІВ

В.І. Устич¹, В.І. Щербак², А.І. Мрук¹

¹Інститут рибного господарства НААН України

²Інститут гідробіології НАН України

Висвітлено деякі методичні підходи комплексних наукових досліджень біорізноманіття на малих гірських водотоках карпатського регіону.

В Україні на сьогодні не існує загальноприйнятої методології досліджень структурно-функціональних характеристик різноманіття біотичних компонентів малих гірських водотоків.

Пропонується, щоб методологія досліджень малих гірських водотоків будувалася на науково-практичних засадах методології оцінки біорізноманіття, яка була розроблена та вже апробована на різноманітних лотичних та лентичних екосистемах України [1].

Суть запропонованої методології базується на діалектично поєднаних трьох наукових парадигмах.

Перша. Основу методології досліджень визначає системний підхід, за якого малий гірський водотік розглядається як гідроекосистема малих річок Карпат, де в єдине ціле пов'язані абіотичні та біотичні компоненти, причинно-наслідкова взаємодія яких і визначає сучасний екологічний стан, якість водного середовища, що формує біорізноманіття.

Друга. Біорізноманіття гірського водотоку так само, як і інших лотичних та лентичних водних екосистем, формується гідробіонтами різних екологічних груп (планктон, бентос, перифітон, нектон, плейстон), а трофічні рівні представлені максимальною кількістю, включаючи автотрофів, консументів різних порядків, починаючи від першого (мирні безхребетні, риби) та закінчуючи *n*-порядком — типові хижаки. Важливим компонентом, який необхідно враховувати, також є гетеротрофи, які формуються

міксотрофними та гетеротрофними бактеріальними мікроорганізмами.

Третя. Якісне та кількісне різноманіття іхтіофауни розглядається як невід'ємний структурно-функціональний компонент біорізноманіття гідробіонтів найвищого трофічного рівня водної екосистеми. Існування іхтіофауни як компонента біорізноманіття, її якісний та кількісний склад передовсім визначається роллю іхтіофауни в потоці енергії та кругообігу речовин, формування яких зумовлюється взаємодією всіх абіотичних та біотичних складових річкової екосистеми. Важливою особливістю іхтіофауни, яка суттєво відрізняє її від інших біотичних компонентів, є те, що до її складу входять консументи різних трофічних рівнів, починаючи від другого трофічного рівня — риби-фітофаги до найвищого трофічного рівня консументів водних екосистем — хижих риб.

Загалом наукова ідеологія запропонованого методичного підходу дозволяє системно визначити основні закономірності взаємодії гідробіонтів різних трофічних рівнів та екологічних груп, які є основними біотичними компонентами водної екосистеми. Це не приводить до досить штучного поділу біоти на два компоненти: "кормова база" та "риба", за якого грубо розриваються існуючі у водній екосистемі потоки енергії та ланцюги кругообігу органічних і неорганічних речовин, що врешті-решт і визначає якісне різноманіття та кількісний розвиток іхтіофауни як важливого компонента біоти.

Основні алгоритми досліджень

I. Ретроспективний аналіз результатів досліджень як усієї біоти, так і конкретного біологічного компонента водної екосистеми.

Для загальної характеристики екологічного стану чи екологічних чинників, які впливають на формування біорізноманіття, бажано проаналізувати пріоритетні абіотичні компоненти: клімат, фізико-географічну характеристику басейну річок, температуру, гідрологічний і гідрохімічний режим.

Узагальнення ретроспективних даних дозволить оцінити ступінь вивченості, тобто рівень наших знань, що дасть змогу визначити пріоритетні напрями досліджень та виявити існуючі “білі плями”, які потребують особливих чи спеціально направлених досліджень з конкретної проблеми чи характеристики певного компонента біоти.

II. Вибір основних біотичних компонентів виходячи з їхньої провідної ролі у структурно-функціональній організації водних екосистем [1].

Наводимо коротку загальну характеристику біологічних компонентів (підсистем) річкової екосистеми та їх функціональних показників.

Фітопланктон. Це мікроскопічні водорості, представлені одноклітинними, ценобіальними та колоніальними (багатоклітинними) формами, що вегетують у водній товщі водотоку. Фітопланктон є основою автотрофної ланки водної екосистеми, формує енергетичну основу різноманіття гідробіонтів вищих трофічних рівнів, характеризується високим видовим та таксономічним різноманіттям.

Фітомікробентос та фітоперифітон — екологічні угруповання водоростей, що вегетують у прикріпленому до субстрату вигляді — фітомікробентос чи фітоперифітон. Основна відмінність між ними — це тип субстрату. Водорості, які вегетують на твердому субстраті (поверхні гребель, відкосів бетонних берегових укріплень, елементи водозаборів тощо), належать до фітоперифітону. Екологічне угруповання водоростей “м’яких” субстратів (донні ґрунти, пісок, мул) — це фітомікробентос.

Вищі водяні рослини — судинні зелені рослини, вегетація яких пов’язана з

водним середовищем. Залежно від цього середовища виділяють три основні екологічні групи: повітряно-водяні (очерет, рогіз, сусак), із плаваючим листям (лілії, глечики, водяний горіх плаваючий) та занурені рослини (рдесники, уруть). Їх екологічні, систематичні характеристики дозволяють протягом тривалого часу візуально проводити експрес-аналіз стану водних екосистем і біорізноманіття від популяційно-видового рівня до ландшафтного.

Продукція, деструкція органічних речовин, їх співвідношення — характеризує інтенсивність процесів первинної (автотрофної ланки) та вторинної продукції (консументи різних трофічних груп, включаючи і продукцію риб та круглоротих). Також визначає направленість потоків енергії.

Зоопланктон — це безхребетні, які вегетують у водній товщі. Їхнє видове й таксономічне різноманіття формується представниками різних ієрархічних груп: інфузорій (тип), коловерток (клас) та нижчих ракоподібних — веслоногих (ряд) та гіллястовусих (підряд) рачків.

Зообентос так само, як і зоопланктон, представлений не менш різноманітними систематичними, розмірними, екоморфологічними групами тварин, які вегетують у “м’яких” донних відкладеннях (ґрунт, пісок, мул тощо). Для оцінки біологічного різноманіття основним є те, що зообентос — досить “інертна” біологічна підсистема, а отже, її структура впродовж значного часу може представляти достовірну інформацію, а також дані про вплив природних чи антропогенних чинників на формування біорізноманіття водотоку.

Зооперифітон як екологічна група аналогічна фітоперифітону, його роль в екосистемі, методи визначення біорізноманіття організмів, які ведуть прикріпленій спосіб життя, аналогічні зообентосу.

Іхтіофауна. Риби та круглороті — група гідробіонтів, що є найвищими ланками трофічного ланцюга. Різноманіття іхтіофауни залежить від якісного та кількісного різноманіття гідробіонтів нижчих рівнів. Риба — найбільш уразлива до антропогенного впливу екологічна група, як харчовий продукт відіграє найбільш значну роль для соціуму.

III. Вибір станцій досліджень, періодичності та кількості відборів проб (виловів риб) та необхідного експедиційного обладнання.

Основна вимога — отримання репрезентативних даних, які дозволяють найбільш об'єктивно оцінити сучасний стан різноманіття біоти.

Вибір станцій спостережень (чи розрізів — декілька станцій уперек річки) проводиться експертною оцінкою за таким алгоритмом дій:

- аналіз і узагальнення існуючих літературних джерел по абіотичних та біотичних компонентах водної екосистеми;

- маршрутне обстеження водотоку для візуального встановлення відповідності літературних даних реально існуючій ситуації на водотоці та вибір станцій, розрізів, які апіорі можна вважати найбільш типовими для цього водотоку чи його ділянок.

Відібрані станції повинні були максимально відповідати певним вимогам.

1. Станції (розрізи), де різноманіття водної флори та фауни визначається домінуванням природних процесів.

2. Станції (розрізи), де є антропогенний вплив.

3. Станції (розрізи), де вегетація гідробіонтів відбувається у специфічних умовах.

За результатами маршрутних обстежень, аналізу та узагальнення літературних даних обирають певну кількість станцій (розрізів), на яких дослідження різноманіття водоростей і безхребетних водної товщі та дна і лов риби проводять постійно.

IV. Лабораторне та камеральне опрацювання натурних матеріалів, яке дозволяє визначити видовий склад, розрахувати чисельність, біомасу, структуру угруповань гідробіонтів.

V. Аналіз, огляд і узагальнення натурних даних, формування основних положень та висновків.

VI. Вибір основних показників, що характеризують структурні та функціональні характеристики гідробіонтів малих гірських водотоків.

Структурні показники:

n — видове різноманіття — кількість видових і внутрішньовидових таксонів

систематичних груп гідробіонтів та їх співвідношення, флористичні та фауністичні спектри (у відсотках до загальної кількості) водоростей, безхребетних, риб і круглоротих;

n_t — таксономічне різноманіття — кількість таксонів рангом вище виду (рід, родина, порядок, відділ, царство), їх відсоткове співвідношення;

n_e — екологічне різноманіття — біотопічна приуроченість популяцій гідробіонтів, що дозволяє їм розвиватися в даний момент у планктоні, бентосі, обростаннях та нектоні або інших біотопах;

H — інформаційне різноманіття, індекс Шеннона; розраховується за видовим різноманіттям (кількість видів і внутрішньовидових таксонів) та біомасою (H_B) чи за чисельністю (H_N) угруповання конкретних видів гідробіонтів;

K_S — коефіцієнт видової подібності Серенсена, який використовується для порівняння видового складу угруповань та обчислюється за формулою

$$K_S = \frac{2C}{A+B},$$

де A та B — число видів у пробах A і B ; C — число видів, які є спільними для обох проб. Величина коефіцієнта змінюється від 0 до 1; τ — коефіцієнт рангової кореляції Кендела, який використовується для порівняння систематичної структури угруповань за ранговим розподілом провідних таксонів (порядків, родин, родів). Обчислюється за формулою

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)},$$

де s — сума рангів провідних порядків (родин, родів), за якими проводиться порівняння систематичної структури двох угруповань; n — кількість пар порівнюваних рангів.

Коефіцієнт Кендела змінюється у межах від -1 до $+1$. Якщо $\tau = +1$, спостерігається повна подібність, а якщо $\tau = -1$ — повна відмінність систематичної структури двох порівнюваних угруповань.

K_J — індекс видової подібності Жакара, використовується для порівняння,

як правило, видового складу угруповань планктонних, бентосних безхребетних та риб і обчислюється за формулою

$$K_J = \frac{C}{(A+B)-C} \times 100\%,$$

де A і B — число видів у пробах A і B ; C — число видів, які є спільними для обох проб.

Функціональні показники:

N_i , B_i — кількісне різноманіття — чисельність N_i , біомаса B_i (тис. кл/дм³, орг/дм³, мг/дм³, г/м³, г/м²) гідробіонтів різних трофічних рівнів та екологічних груп, починаючи від водоростевих угруповань і до консументів найвищих рівнів — риб та круглоротих;

$(N_i/N_{заг}) \times 100\%$ — характеристика структури різноманіття чисельності угруповань гідробіонтів та участь конкретної систематичної групи (N_i) у формуванні сумарної чисельності;

$(B_i/B_{заг}) \times 100\%$ — характеристика структури різноманіття біомаси, те ж, що й для чисельності $(N_i/N_{заг}) \times 100\%$;

d_n — кількість видів-домінантів в угрупованнях гідробіонтів;

d_N , d_B — кількісне різноманіття (d_N — чисельність; d_B — біомаса) домінуючих видів;

$(dN_i/d) \times 100\%$ чи $(dB_i/d) \times 100\%$ — характеристика різноманіття чисельності чи біомаси домінуючого комплексу угруповань гідробіонтів та часткова участь конкретного (dN_i) виду у формуванні сумарної чисельності чи біомаси.

Просторово-часова динаміка перелічених показників:

- просторова — по горизонталі — акваторія водотоку; по вертикалі — його водної товщі;

- часова — добова, сезонна, багаторічна — зміна різноманіття популяцій та угруповань гідробіонтів за певний часовий інтервал (доба, місяць, вегетаційний сезон);

S — сапробіологічна характеристика якості води як середовища існування гідробіонтів, що визначає їх біорізноманіття. Розраховується за видами-індикаторами різних зон органічного забруднення води, їх чисельністю (S_N) або біомасою (S_B):

$$S = \frac{\sum (h_i s_i)}{\sum h_1, h_2, \dots, h_n},$$

де h_i — кількість (чисельність чи біомаса) даного виду (N_i чи B_i); s_i — сапробність даного виду [2, 3];

J — інтегральна кількісна оцінка різноманіття угруповань гідробіонтів за основними структурними характеристиками: видове різноманіття, чисельність, біомаса [4].

A , м² — продукція, що характеризує енергетичну основу біорізноманіття (в одиницях кисню, органічного вуглецю, калоріях, джоулях) з площі 1 м². Відповідно для планктонних організмів — це продукція в стовпі води під площею 1 м², а для організмів бентосу чи перифітону — з 1 м² площі поверхні за певний проміжок часу (година, доба, місяць, сезон);

P/B -коефіцієнт (доба⁻¹) — питома продукція; продукція, розрахована на одиницю біомаси;

O_2 — концентрація кисню; характеризує фотоаерацію та атмосферну аерацію водної товщі, формує якість середовища, що визначає якісний та кількісний розвиток гідробіонтів різних трофічних рівнів та екологічних груп — біорізноманіття даного водотоку;

R , м² — деструкція органічних речовин за певний проміжок часу (година, доба, місяць, сезон) з площі 1 м²;

A/R — індекс самоочищення-самозабруднення водної товщі органічними речовинами, що характеризує співвідношення продукційно-деструкційних процесів, які формують якість води досліджуваної водної екосистеми.

Загалом дана методологія визначає необхідність використання методів досліджень конкретних біотичних компонентів гірської річки, які тією чи іншою мірою впливають на структурно-функціональну організацію біорізноманіття річкової екосистеми.

Ця методологія за характеристикою основних компонентів малого гірського водотоку була опрацьована на р. Іршава [5–7], де в результаті досліджень встановлено основні закономірності формування природної кормової бази та сучасної іхтіофауни, їх просторово-часовий розподіл у малому гірському водотоці, оцінено вплив абіотичних, біотичних чинників на різноманіття риб, включаючи й червонокнижні види, проаналізовано основні загрози, розроблено наукові засади та

практичні рекомендації із впровадження стратегії відновлення цінних видів риб малих рік Карпат.

Автори вважають, що публікація цієї роботи сприятиме ширшому залученню як наукового загалу в Україні, так і

спеціалістів близького і далекого зарубіжжя для формування наукових засад міжнародної, і передусім європейської, методології дослідження біорізноманіття унікальних екосистем, якими є малі гірські водотоки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щербак В.І. Гідроекологічні аспекти вирішення проблеми оцінки та зменшення загроз біорізноманіттю континентальних водойм України // Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. — К.: Хімджест, 2003. — С. 273–348.
2. Унифицированные методы исследования качества вод. — М.: Изд-во СЭВ, 1977. — Ч. 3. — 91 с.
3. Унифицированные методы исследования качества воды. Атлас сапробных организмов. — М., 1977. — 227 с.
4. Андреев А.Д., Щербак В.И. Оценка состояния фитопланктонного сообщества по структурным показателям // “Проблемы экологии Прибайкалья”: тез. докл. III Всесоюз. науч. конф. — Иркутск, 1988. — Ч. 2. — С. 79–80.
5. Щербак В.І., Устич В.І., Семенюк Н.Є. Водоростеві угруповання р. Іршава як автотрофні компоненти кормової бази безхребетних і риб // Рибогосподарська наука України. — 2010. — № 1. — С. 66–78.
6. Щербак В.І., Устич В.І., Кражан С.А. та ін. Біорізноманіття безхребетних організмів водної товщі р. Іршава та її приток (Закарпатський регіон) // Рибогосподарська наука України. — 2011. — № 2. — С. 34–43.
7. Щербак В.І., Устич В.І., Великопольський І.Й., Мрук А.І. Районування річки Іршава за таксономічним різноманіттям іхтіофауни // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2009. — № 3 (40). — С. 25–30.

К МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗНООБРАЗИЯ БИОТЫ МАЛЫХ ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ

В.И. Устич, В.И. Щербак, А.И. Мрук

Освещены некоторые методические подходы комплексных научных исследований биоразнообразия на малых горных водотоках карпатского региона.

TO METHODOLOGY OF RESEARCHES OF VARIETY OF BIOTA OF THE SMALL MOUNTAIN STREAMS

V. Ustich, V. Scherbak, A. Mruk

There has been presented some methodical of complex scientific researches of biodiversity on the small mountain streams of region of Carpathians.