

УДК 504.064.3:574.5

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОТИЧНИХ ІНДЕКСІВ ЯКОСТІ ВОДИ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*Гаврилянчик Р.Ю., к.с.-г. н., доцент**Подільський державний аграрно-технічний університет*

Розглянуто біотичні індекси, що спираються на видове різноманіття і видову структуру угруповань. Оцінено можливість використання їх в екологічному моніторингу. Проведено порівняльний аналіз різних показників, метрик, біотичних індексів що використовуються для визначення якості води.

Ключові слова: якість води, біотичні індекси, екологічний моніторинг.

Гаврилянчик Р.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА / Подольский государственный аграрно-технический университет, Украина.

Рассмотрены биотические индексы, основанные на видовом разнообразии и видовой структуре сообществ. Оценена возможность использования их в экологическом мониторинге. Проведен сравнительный анализ разных показателей, метрик, биотических индексов, используемых для определения качества воды.

Ключевые слова: качество воды, биотические индексы, экологический мониторинг.

Gavrylyanchyk R.Y. A COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOTIC INDEXES OF QUALITY OF WATER IS IN THE SYSTEM OF THE ECOLOGICAL MONITORING / State agrarian and technical university of Podillya, Ukraine.

Biotic indexes, based on a specific variety and specific structure of associations, are considered. Possibility of the use is appraised them in the ecological monitoring. The comparative analysis of different indexes is conducted, birth-certificates, biotic indexes, in-use for determination of quality of water.

Key words: quality of water, biotic indexes, ecological monitoring.

ВСТУП

У системі моніторингу поверхневих вод існує ряд принципів і понять, які дозволяють значною мірою уніфікувати понятійний апарат і є необхідними при розробці й реалізації моніторингових програм незалежно від регіону, країни або системи біоіндикації.

Існують різні індекси й показники, за допомогою яких оцінюють якість води. Це можуть бути видове багатство або число видів у певних таксономічних групах, структурні показники угруповань (таксономічна й вікова структура), функціональні показники (наприклад, виділення груп за типом харчування) і власне біотичні індекси.

В якості відображення динаміки різних біотичних індексів нами було використано матеріали, що стосуються річкових русел Подільського Придністров'я.

Більшість біотичних індексів мають власну бальну градацію і, відповідно, безпосередньо можуть оцінювати якість води. У дійсності ситуація не така проста, як це здається на перший погляд. Проблема полягає в тому, що існує регіональна специфіка видового складу макрозообентосу, що може накладати свій відбиток на показники бальної градації відповідних індексів. У цих випадках проводиться адаптація (модифікація) індексів до особливостей регіону і їх наступне інтеркалібрування.

Однак, проблема полягає не в кількості індексів, які використовує той або інший регіон, а в можливості їх інтеркалібрування й специфічності використовуваних для розрахунку метрик.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Одним із найбільш широко поширених індексів, в основі якого використовується видове багатство, є EPT Index. Цей індекс заснований на видах трьох рядів водних комах: *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, представники яких є високо чутливими видами до різного роду забруднень.

Разом з перевагами, індекс ЕРТ має ряд недоліків. По-перше, для розрахунку індексу

потрібне визначення видової належності тварин. Відповідно, це вимагає висококваліфікованого персоналу. По-друге, індекс ЕРТ може використовуватися тільки для чистих і слабо забруднених вод. У помірно і сильно забруднених водах представники Ephemeroptera, Plecoptera і Trichoptera відсутні, за винятком рядів *Baetidae* і *Caenidae*.

Trent Biotic Index (TBI) був розроблений Woodiwiss [1] для індикації води англійської річки Trent і є одним з найпоширеніших індексів, що використовуються у країнах ЄС, СНД й інших країнах світу. Індекс заснований на двох параметрах бентосного угруповання: загальна розмаїтість безхребетних і наявність у водоймі організмів, що належать до «індикаторних» груп. При підвищенні ступеня забруднення водойми представники цих груп зникають із угруповання у певному порядку.

Визначивши кількість виявлених у пробі груп, визначається відповідний стовпчик таблиці. На перехресті стовпчика й рядка в таблиці визначається значення індексу TBI, що характеризує досліджуваний створ річки.

Індекс TBI має чотирьохбальну градацію й характеризує сапробність водойми:

- 0-2 бали – полісапробна
- 3-5 балів – α -мезосапробна
- 6-7 балів – β -мезосапробна
- 8-10 балів – олігосапробна

Основним недоліком індексу TBI є мала кількість градацій. Крім того, види-індикатори являють собою досить великі таксономічні групи. У зв'язку цим даний індекс був модифікований в Extended Biotic Index (EBI) [2]. Проте, індекс TBI і дотепер є одним з основних у системах біоіндикації різних країн, у тому числі країн СНД.

Extended Biotic Index (EBI) був розроблений як модифікація індексу TBI [2] і має ряд змін. Метод розрахунку індексу аналогічний такому для TBI. Однак внесений ряд змін в індикаторні групи видів, а також збільшено кількість градацій індексу: від 4 до 5.

Family Biotic Index (FBI). Індекс FBI був розроблений Hilsenhoff [3] для річок штату Висконсин (США) і є одним зі стандартних індексів Американського агентства захисту навколишнього середовища. Індекс містить велику кількість різних таксонів водних безхребетних і має шість бальних градацій. Одна з вимог до даного індексу – кількість особин у пробі не повинна бути менше 100 екземплярів. Як правило, індекс FBI застосовується для індикації вод з органічним забрудненням.

Індекс піддавався різним модифікаціям [4, 5], які були пов'язані зі збільшенням числа таксономічних груп.

Розрахунок індексу виконується за наступною формулою:

$$FBI = \sum \frac{(x_i \times t_i)}{n}$$

x_i – кількість особин певного таксону;

t_i – значення толерантності (бальна оцінка) для таксону;

n – загальна кількість організмів у пробі.

Одним з недоліків індексу FBI є надзвичайно велика кількість індикаторних таксонів, що ускладнює його визначення. Крім того, за даними Maskie [6], індекс FBI зазвичай показує більше забруднення чистих вод порівняно з іншими індексами.

Biological Monitoring Working Party Index (BMWP) розроблений Інститутом прісноводної екології (Великобританія) у рамках системи RIVPACS, що є основною для оцінки стану поверхневих вод у Великобританії й Австралії. Даний індекс також широко використовується в країнах ЄС.

Відповідно до таблиці розрахунку BMWP Index отримані за різними таксонами бали підсумовуються і отримана сума являє собою значення індексу та свідчить про якість води:

- > 150 – виняткова якість води;
- 101-150 – дуже гарна якість води;

51-100 – гарна якість води;
 26-50 – невисока якість води;
 <25 - погана якість води.

Індекс піддавався різним регіональним модифікаціям: для Іспанії, Німеччини і інших країн.

Average Score Per Taxon Index (ASPT) є похідним від BMWP і розраховується за наступною формулою:

$ASPT = BMWP / \text{кількість виявлених таксономічних груп.}$

На відміну від BMWP, даний індекс має сім градацій якості води (табл.1).

Таблиця 1 – Показчики індексу ASPT і якість води

ASPT	Якість води	Рейтинг
5+	прекрасна	7
4,5-4,9	дуже гарна	6
4,1-4,4	гарна	5
3,6-4,0	посередня	4
3,1-3,5	скоріше погана	3
2,1-3,0	погана	2
0-2,0	дуже погана	1

Індекс ASPT має властивість зменшувати внесок випадкових таксономічних груп, виявлених у таксонах з високою бальною оцінкою. У зв'язку із цим, його спільне використання з BMWP дозволяє більш реалістично оцінювати якість води.

Pinder й Farr [7], аналізуючи чутливість індексів BMWP й ASPT, прийшли до висновку, що вони є кращою системою біоіндикації. У той же час автори рекомендують виключити Oligochaeta й Chironomidae зі списку видів, тому що їхня чисельність дуже сильно змінюється на забруднених ділянках.

З іншого боку, за даними Kampa et al [8], ці індекси за певних умов переоцінюють якість води, оскільки не містять достатньої кількості стійких до забруднення видів.

Belgian Biotic Index (BBI) був розроблений DePauw й Vannevel [9] для індикації поверхневих вод Бельгії як стандартний показник якості води. Цей індекс, окрім Бельгії, досить широко застосовується в Люксембурзі, Греції й Франції як один із стандартних індексів. На перший погляд, індекс BBI подібний з TBI й EBI, однак він має інший спосіб розрахунку й досить велику кількість індикаторних таксономічних груп.

Основні відмінності від індексу TBI полягають у наступному:

- Більша кількість індикаторних груп.
- Розщеплення поденок на Ecdynuridae й інших.
- Не відділення Nais від інших Naididae.
- Не відділення Baetis від інших Ephemeroptera.
- Таксономічні групи, представлені однією особою, не враховуються.

Визначення якості води проводиться в такий спосіб. Спочатку підраховується кількість таксономічних груп. При цьому якщо число екземплярів у таксономічній групі менше двох, то дана група не враховується при загальному підрахунку. Далі знаходять індикаторні групи з найменшим значенням бальної оцінки. Після цього підраховується кількість таких таксономічних груп і за таблицею визначається якість води. Індекс BBI має п'ять градацій якості води.

Goodnight & Whitley Index (G&WI) – індекс Гуднайта й Уитли [10], використовуваний у практиці гідробіологічного аналізу в країнах СНД [11], відноситься до групи методів, що оцінюють ступінь забруднення поверхневих вод із використанням у якості біоіндикаторів великих таксонів. Автори характеризують стан водних екосистем за відношенням

чисельності олігохет до загальної чисельності організмів зообентосу. Метод заснований на тому, що деякі групи донних макробезхребетних зустрічаються переважно в чистих водах, а малощетинові черви, навпаки, не тільки легко переносять забруднення, але досягають великої чисельності в ґрунтах, збагачених легкозасвоюваною органікою. Автори методу запропонували наступну систему оцінок: якщо величина індексу менше 60 % – річка в гарному стані, при 60-80 % – у сумнівному, більше 80 % – у важкому стані.

Індекс G&WI простий і зручний в застосуванні. Разом із тим його результати досить приблизні, оскільки великі таксони не завжди виявляють невеликі розходження в рівні забруднення, тому що окремі систематичні групи усередині таксонів високого рангу мають різний ступінь стійкості до забруднення. Індекс більшою мірою відображає забруднення донних відкладень, а не води в цілому, тому що не містить груп видів, що живуть на поверхні ґрунту. Крім того, чисельність олігохет на ділянках із середнім і сильним ступенем забруднення може сильно варіювати. Індекс G&WI практично не використовується в країнах ЄС, тому що має малу кількість градацій.

Індекс Балушкіної (ІВ) [12] заснований на використанні в якості біоіндикаторів представників родини хірономід. Автором було показано, що під впливом забруднення відбувається зниження кількості видів хірономід і зміна їхнього видового складу.

Під впливом забруднення закономірно змінюється співвідношення чисельності личинок, що належать до підродин *Chironomidae*, *Orthocladinae*, *Tanipodinae*. Запропонований індекс, що відображає це співвідношення, може служити для якісної оцінки забруднення вод.

$$IB = \frac{a_t + 0,5 a_{ch}}{a_{or}},$$

де a_t , a_{ch} і a_{or} – індикаторні значення представників кожної з підродин. Величина $a=N+10$, де N – відносна чисельність особин кожної з підродин.

Таблиця 2 – Показники індексу Балушкіної (ІВ) і якість води

Значення індексу (ІВ)	Ступінь забруднення води
0,136 – 1,08	чиста
1,08 – 6,5	помірно забруднена
6,5 – 9,0	забруднена
9,0 – 11,5	брудна

Перевагою запропонованого індексу є те, що його розрахунок не вимагає ретельного визначення видового складу личинок хірономід, розрахунок індексу простий і досить реально відображає ступінь забруднення. Однак на величину індексу може впливати сезонна динаміка вильоту окремих систематичних груп хірономід, а також розмір проби, особливо в тих випадках, коли чисельність хірономід невелика. Крім того, оскільки в основі розрахунку індексу використовуються тільки хірономіди, індекс більшою мірою відображає стан донних відкладень, і меншою – якість самої води. Індекс Балушкіної використовується тільки в країнах СНД.

Indice Biologique Global Normalize (IBGN) був розроблений у французькій системі моніторингу і є стандартом для поверхневих вод Франції. Цей індекс замінив Indice Biotique de France, що був основним стандартом до 1992 р. Індекс також використовується в Бельгії. Індекс IBGN містить велику кількість таксономічних груп макрозообентосу, серед яких виділені індикаторні групи.

Розрахунок індексу виконується в такий спосіб. Спочатку підраховується загальна кількість таксономічних груп VT (variety of taxa), навіть якщо в групі виявлений усього один екземпляр на пробу, і ця величина ранжується по балах. Далі розраховується сума балів (GI) для індикаторних таксономічних груп.

Індекс IGBN, незважаючи на досить велику кількість груп видів макрзообентосу, має істотний недолік, що не дозволяє широко використовувати його для інших регіонів Європи. Цей недолік у першу чергу стосується специфічності й малої кількості чутливих родин, особливо в індикаторних групах, які характеризуються високою бальною оцінкою. Окремі родини не виявлені на території Подільського Придністров'я. Проте, цей індекс показує досить високу кореляцію з іншими біотичними індексами.

Index of Biotic Integrity (IBI) був розроблений Karr і використовує риб як індикаторну групу. Даний індекс є основним стандартом у США й використовується паралельно з індексами FBI й ICI.

Invertebrate Community Index (ICI) був розроблений в Ohio EPA і містить десять метрик. Методика розрахунку індексу подібна з такою для IBI. Однак, на відміну від індексу IBI, індекс ICI має іншу бальну градацію умов: 6, 4, 2 й 0. Межі зміни індексу такі ж, як і для IBI: від 0 до 60. Існує модифікація індексу ICI (QCTV – Qualitative Community Tolerance Values), що враховує чисельність різних видів і частоту їхньої зустрічальності.

Index of Well-Being (IWB), або зведений індекс, був розроблений Gammon для оцінки реакції річкових видів риб на різного роду забруднення й досить широко використовується в США. Індекс складається із чотирьох метрик: кількість особин, біомаса особин, індекс Шеннона (за чисельністю), індекс Шеннона (за біомасою).

Citizen Monitoring Biotic Index (CMBI) був розроблений у Вісконсінському університеті (США) у рамках програми «Water Action Volunteers – Volunteer Monitoring Factsheet Series» і призначений для використання досить широким колом людей, що не є фахівцями в області біоіндикації.

Stream Condition Index (SCI) був розроблений в Агентстві захисту навколишнього середовища штату Флорида (Florida EPA) і досить широко використовується й в інших штатах США. У деяких публікаціях даний індекс відомий як Florida's Stream Condition Index.

Індекс IWLA (Izaak Walton League of America) розроблений у Вірджинському університеті США для експрес-оцінки якості поверхневих вод у рамках програми Save Our Streams.

Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI). Індекс CCME WQI був розроблений великою групою канадських учених в 2001 р. за завданням Міністерства навколишнього середовища Канади. Даний індекс як за своїм призначенням, так і за методами розрахунку істотно відрізняється від інших індексів.

Наведені дані щодо різних біотичних індексів далеко не вичерпують їхній перелік. З інших відомих індексів можна вказати наступні:

Chandler Biotic Index – використовується у Великобританії;

K-Index – використовується в Голландії;

River Oligochaeta-Chironomidae Index (ROCI) – використовується у Фінляндії;

Danish Stream Fauna Index (DSFI) – використовується в Данії й Швеції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Велика кількість різних показників, метрик і біотичних індексів, використовуваних для визначення якості води, вимагає їхнього порівняльного аналізу. Як уже вказувалося раніше, основні вимоги до індексів (метрик) зводяться до наступного:

1. Величина коефіцієнту варіації (CV) індексу для кожного конкретного створу повинна бути мінімальною, тобто повинен бути мінімум флуктуації за деяких стандартних умов;

2. Величина CV індексу для різних створів (у один і той же час) повинна бути максимальною, тобто індекс повинен бути високо чутливим.

Крім того, вибрані індекси повинні мати однакову реакцію на зміну екологічних умов.

Для порівняльного аналізу ми використали дані, отримані для річкових русел Подільського Придністров'я.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для порівняльного аналізу індексів була проведена оцінка якості води для різних створів у весняний період (табл. 3). З огляду на той факт, що кількість градацій індексів різна (від 4 до 7), оцінка дана відповідно до 7-бальної шкали, враховуючи перехідні значення.

Таблиця 3 – Оцінка якості води на різних створах по різних біотичним індексам у весняний період

Індекс	Номер створу							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TBI	G	G	Fg	Fg	Fg	G	Fg	Fg
FBI	Vg	Fp	Fg	P	Fp	Vg	G	G
BMWP	G	Fg	Fp	Fp	Fp	G	Fp	Fp
ASPT	G	G	Fp	Fg	Fg	Vg	G	G
EBI	G	Fg	Fg	P	P	P	Vp	Vg
IBGX	G	Fg	Fg	P	Fg	G	Fg	G
BBI	G	Fg	Fg	Fg	Fg	Fg	G	G
IB	Fp	P	P	P	Vp	Fg	Fp	Vp
G&WI	P	Vg	Vg	Fp	Vp	G	Fg	Fp

Примітка. Якість води: Ex – відмінна, Vg – дуже добра, G – добра, Fg – досить добра, Fp – посередня, P – погана, Vp – дуже погана.

Як видно з таблиці 3, більшість індексів дають відносно схожі значення якості води для того самого створу. Винятком є індекси G&WI й IB, якість води по яких для ряду створів значно відрізняється від такого для інших індексів. Відзначимо, що ці індекси засновані на двох таксономічних групах: *Chironomidae* й *Oligohaeta*. Найменші розходження якості води отримані для створу 1, що є одним з найбільш чистих у досліджуваному басейні.

Якщо прийняти, що створ 1 є найбільш чистим, тобто якість води – дуже добра, а створ 4 – найбільш забрудненим (якість води – посередня), то порівняльний аналіз індексів показує:

1. Індекси FBI, EBI, IBGN й IB схильні применшувати якість води;
2. Індекси TBI, ASPT й BBI схильні перебільшувати якість води.

За даними Maskie [6], індекс FBI зазвичай показує більше забруднення чистих вод порівняно з іншими індексами. Згідно даних Камра й ін. [8], індекси BMWP й ASPT за певних умов переоцінюють якість води.

Порівняльний аналіз величин коефіцієнта варіації для досліджуваних створів наведений у таблиці 4. Оскільки число спостережень на кожному створі не перевищувало двох, для розрахунку коефіцієнта варіації в той самий момент часу були використані дані по створах № 1, 2 й 6, як найбільш близьких за своїми характеристиками.

Як видно з таблиці 4, максимальну чутливість як у весняний, так і осінній періоди має індекс EBI, а також, у певній мері, індекс G&WI. Що стосується інших індексів, то їхня чутливість значною мірою залежить від сезону. Так, індекс TBI чітко реагує на зміну якості води в осінній період, але навесні величини CV різко знижуються. Найменш чутливими як у весняний, так і осінній періоди виявилися індекси BBI й ASPT.

Відомо, що в основі розрахунку більшості індексів лежать три ряди водних безхребетних: *Ephemeroptera*, *Plecoptera* й *Trichoptera*. Ці ряди і їхні родини, як правило, мають найбільш високу бальну оцінку і, відповідно, впливають на абсолютну величину індексу. З іншого боку, у частини індексів (FBI, BMWP і, у певній мері, BBI) вплив зазначених рядів компенсується більшою кількістю інших груп бентосних тварин. У зв'язку з цим можна припускати, що останні повинні більш точно відображати якість води. Однак,

як показує проведений нами аналіз, дане явище відбувається не завжди. Так, зміни індексу FBI, оснований на великій кількості різних систематичних груп, не завжди збігаються з такими для інших індексів. Це ж підтверджується й даними таблиці 3 для створів 2, 4 й 5.

Таблиця 4 – Коефіцієнти варіації (CV, %) для різних біотичних індексів

Біотичний індекс	CV (%) для всіх досліджуваних створів		CV (%) для створів 1, 2 й 6	
TBI	8,6	16,2	0	17,6
FBI	26,5	15,8	38,7	23,9
EPT	24,6	41,8	22,9	30,1
BMWP	24,7	34,8	13,8	34,5
ASPT	15,9	16,1	20,0	17,6
IBGX	18,4	16,2	4,0	6,7
G&WI	46,3	57,8	41,5	79,5
IB	53,6	23,4	56,0	13,3
EBI	63,2	75,4	32,7	41,9
BBI	10,7	12,3	6,7	6,9

Як уже вказувалося раніше, індекс повинен мати не лише високу чутливість, але й відносну сталість в межах деяких стандартних умов. Відповідно до таблиці 4, це характерно для індексів IBGN, BBI й ASPT, а також, у певній мері, для BMWP. Однак, з огляду на регіональні особливості індексу IBGN, його відносна сталість може бути пов'язана зі специфічністю індикаторних груп.

Наступним кроком для вибору індексів був розрахунок кореляційної матриці для оцінки зв'язку між індексами, до яких був також доданий індекс EPT (табл. 5).

Таблиця 5 – Кореляційні зв'язки між різними біотичними індексами для макрзообентосу басейну р. Дністер

	EPT	TBI	FBI	EBI	IBGN	BMWP	ASPT	BBI	IB	G&WI
EPT	1,00									
TBI	0,87	1,00								
FBI	-0,22	-0,35	1,00							
EBI	-0,05	0,13	-0,16	1,00						
IBGN	0,61	0,69	-0,52	0,34	1,00					
BMWP	0,79	0,85	-0,43	0,10	0,75	1,00				
ASPT	-0,05	0,20	-0,26	0,25	0,16	0,09	1,00			
BBI	0,44	0,41	0,22	0,32	0,35	0,49	0,01	1,00		
IB	-0,14	-0,14	0,02	0,20	-0,02	-0,02	-0,39	-0,18	1,00	
G&WI	-0,17	-0,16	0,37	-0,06	-0,02	0,02	-0,32	0,38	0,19	1,00

Примітка: df = 13; жирним шрифтом виділені достовірні значення при P = 0,05.

Було встановлено, що максимальні коефіцієнти кореляції отримані для наступних комбінацій: EPT-TBI (0,87), TBI-BMWP (0,85), EPT-BMWP (0,79). Достовірні коефіцієнти кореляції отримані для ряду комбінацій індексу IBGN. Несподіваним виявилася відсутність достовірного зв'язку індексу EBI з іншими індексами. Найбільш низькі коефіцієнти кореляції отримані для індексів G&WI і Балужкіної (IB).

Також недостовірним виявився зв'язок індексів BBI і ASPT із іншими індексами. Згідно даним Morpurgo [13], індекс BBI показує найбільш слабку кореляцію з іншими біотичними індексами. Sharma й Moog [14], провівши кореляційний аналіз шести різних індексів,

показали, що найменші коефіцієнти кореляції отримані для індексів ASPT й FBI, а найбільш високі – для індексів TBI й BMWP. Цей висновок практично повністю збігається з нашими даними за кореляційним аналізом.

Таким чином, виходячи з кореляційного аналізу індекси ЕРТ, ТБІ, BMWP можна вважати найбільш придатними для біоіндикації басейну р. Дністер через їхню однакову реакцію на зміну умов існування.

Слід зазначити, що індекс ЕРТ досить зручний для одержання вихідних даних, оскільки вимагає обліку всього трьох рядів личинок комах (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*). За даними Mandaville [15], індекс ЕРТ показує найбільш сильну кореляцію з іншими біотичними індексами. Однак для розрахунку даного індексу необхідне визначення личинок комах до виду, що не потрібно для індексів ТБІ й BMWP.

Pinder й Farr [16], аналізуючи чутливість індексів BMWP й ASPT, прийшли до висновку, що вони є кращою системою біоіндикації. З іншого боку, за даними Kampa й ін. [8], ці індекси за певних умов можуть переоцінювати якість води, тому що не містять достатньої кількості стійких до забруднення видів.

Armitage et al [17], розглянувши дані за різними незабрудненими створами, які відрізнялися за своїми фізичними і хімічними характеристиками, показав, що множинна регресійна модель пояснює 65 % мінливості ASPT і тільки 22 % – BMWP.

ВИСНОВКИ

Вибір тих або інших індексів для системи біоіндикації якості води повинен ґрунтуватися на цілому ряді послідовних кроків з обов'язковим обліком регіональної специфіки басейну (за гідрологією й гідрохімією) і фауни макробезхребетних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board / F.S. Woodiwiss // Chemistry and Industry, 1964. – Vol. 11. – P. 443.
2. Woodiwiss F.S. Comparative study of biological-ecological water quality assessment methods / F.S. Woodiwiss // Summary Report. Commission of the European Communities. Severn Trent Water Authority. UK, 1978. – 45 pp.
3. Hilsenhoff W.L. An improved biotic index of organic stream pollution / W.L. Hilsenhoff // Great Lakes Entomologist. – 1987. – Vol. 20. – P. 31-39.
4. Plafkin, J.L. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish / J.L. Plafkin et al. // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C. EPA 440-4-89-001, 1989.
5. Bode R.W. Biological Stream Testing / R.W. Bode, M.A. Novak, L.E. Abele // NYS Department of Environmental Conservation. – Albany, NY, 1997. – 14 pp.
6. Mackie G.L. Applied Aquatic Ecosystem Concepts. Kendall / G.L. Mackie // Hunt Publishing Company, 2001. – 744 pp.
7. Pinder L.C.V. Biological surveillance of water quality / L.C.V. Pinder, I.S. Farr // Archiv fur Hydrobiologie, 1987. – Vol. 109. – P. 619-637.
8. Kampa E. Ecological quality of the River Axios (N. Greece) during spring and summer / E. Kampa, V. Artemiadou, M. Lazaridou-Dimitriadou // Belg. J. Zool. – 2000. – Vol. 130. – P. 21.
9. DePauw N. Macroinvertebrates and water quality / N. DePauw, R. Vannevel // Antwerp, 1993. – 316 pp.
10. Goodnight C.Y. Oligochaetas as indicators of pollution / C.Y. Goodnight, L.S. Whitley // Proc. 15th Int. Waste Conf., 1961. – Vol. 106.
11. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СП.6. Гидрометеиздат, 1992.

12. Балущина Е.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды / Е.В. Балущина // Методы биологического анализа пресных вод. – Л., 1976. – С. 106-118.
13. Morpurgo M. Confronto fra indice saprobico e indice biotico esteso / M. Morpurgo // *Biologia Ambientale*, 1996. – № 2-3. – P. 30-36.
14. Sharma S. The applicability of biotic indices and scores in water quality assessment of Nepalese rivers / S. Sharma, O. Moog // *Proceedings of the Ecohydrology Conference on High Mountain Areas*, Kathmandu, Nepal, 1996. – P. 641-657.
15. Mandaville S.M. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters - Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols, 2002. – 128 pp.
16. Pinder L.C.V. Biological surveillance of water quality / L.C.V. Pinder, I.S. Farr // *Archiv fur Hydrobiologie*, 1987. – Vol. 109. – P. 619-637.
17. Armitage P.D. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites / P.D. Armitage, D. Moss, J.F. Wright, M.T. Furse // *Water Research*, 1993. – Vol. 17. – P. 333-347.