

УДК 597.583.1: 639.2

## СТІЙКІСТЬ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА РІЧКОВО-ОЗЕРНОЇ МЕРЕЖІ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ЗА ЧИСЕЛЬНОСТІ МЕЖОВИХ ЗОН-ЕКОТОНІВ

**В. В. Сондак**, v.v.sondak@nuwm.edu.ua, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

**Т. В. Полтавченко**, kaf.vb@nuwm.edu.ua, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

**О. В. Риженко**, kaf.vb@nuwm.edu.ua, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

**С. О. Прохоренко**, kaf.vb@nuwm.edu.ua, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

**М. Ю. Симон**, seemann.sm@gmail.com, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ

Науковцями наприкінці ХХ ст. була опрацьована концепція екотонів — проміжних зон між водним середовищем та суходолом з найвищою біологічною значущістю естуарних ділянок [1]. Пізніше була розроблена концепція стійкості водного середовища як відношення кількості (суми) проміжних зон-екотонів до кількості стресових чинників впливу на водне середовище [2–4]. При цьому кількість екотонів розглядалась в ролі буферної системи для водного середовища. Так, нашими дослідженнями виявлено, що в екосистемі р. Горинь (права притока р. Прип'ять) нараховується понад 20 одиниць бічних екотонів, тоді як у магістральному каналі колишньої р. Зульня — лише 2 одиниці. Не менш важливе значення для стійкості водного середовища має частота стресових ситуацій та їх тривалість. Як правило, стресовим чинником є скидання в річкову мережу неочищених стічних вод в підлідний період, яке в прямому значенні цього слова стерилізує водне середовище від іхтіофауни в основному руслі річки, зберігаючи ту рибу, яка встигла відійти в бічні екотони. Загибель риб, які знаходились в цей період у зимувальних ямах, становить майже 100% [2–4].

Стійкість річкової екосистеми за чисельністю екотонів становить:

– непорушене русло річки — чисельність екотонів ( $N^*$ ) — 20 од.:

$$N_{зв'язків} = N^* \times (N-1) \times 2 = 20 \times (20-1) \times 2 = 760 \text{ шт.}$$

– магістральний канал — чисельність екотонів ( $N^*$ ) — 2 од. (бічний канал, прибережна смуга):

$$N_{зв'язків} = N^* \times (N-1) \times 2 = 2 \times (2-1) \times 2 = 4 \text{ шт.}$$

Відповідно, при стресових ситуаціях (кормових, гідрологічних, кисневих, нерестових, теплових) стійкість природної екосистеми становить:  $St = 20/5 = 4,0$  (іхтіоекосистема стійка).  $St_{\text{маг. канал}} = 2/5 = 0,4$  (іхтіоекосистема нестійка).

Методи та об'єкти дослідження — правобережні притоки першого порядку р. Прип'ять: річки Іква, Устя, Стохід, Стир, Горинь, Случ.

Річкова екосистема — це складна кібернетична система, яка продукує якість

води, рибопродуктивність і є невід’ємною складовою частиною ландшафту. Стійкість екосистеми підпорядкована дії законів мінімуму, максимуму, оптимуму та червоної лінії [3–5]:

– *закон мінімуму* — вплив чинників, які в мінімумі виявляють вирішальну дію на іхтіоекосистему — мінеральний фосфор, розчинений кисень, температура води;

– *закон максимуму* лімітувальних характеристик: максимальні значення іхтіоекосистемних характеристик, що формують кризову ситуацію (перевищення ГДК якості води, «цвітіння» води за фітопланктоном, значні повені);

– *закон оптимуму* — сума чинників впливу на стан іхтіоекосистеми (природні «локалітети» відтворення іхтіофауни), що формують біологічне різноманіття і рибопродуктивність водойм. Чим більше проміжних зон-екотонів, тим річкова іхтіоекосистема стійкіша;

– *закон червоної лінії* — екосистема водного середовища існує до певної межі адаптації та виживання. Після зміни настає кризова ситуація, формується новий склад іхтіоценозу.

Наші багаторічні дослідження природних водойм Західного Полісся України показують, що стійкішими є річкові екосистеми з численними екологічними нішами (межевими екотонами), подовженим терміном добігання води до греблі або гирла (розвинена заплава, значна звивистість русла) та мінімумом стрес-чинників.

Відповідно, управління стійкістю водних екосистем лежить у площині мінімізації кількості стрес-чинників, збільшення (реабілітації) межових зон-екотонів (екологічних ніш) та відновлення історично сформованого гідрологічного режиму.

Стійкість іхтіоценозу трансформованої річкової мережі формалізована нами як залежність, прямо пропорційна добутку швидкості течії, часу добігання води до гирла, чисельності межових зон-екотонів та масі розчиненого у воді кисню і обернено пропорційна сумі стресових ситуацій та масі спожитого розчиненого кисню гідробіоценозами водного середовища, на проміжку (довжині) сегментованої ділянки (правило Гриба — Сондака):

$$St = K \cdot \tau \cdot v \cdot M_{kO_2} \cdot n / \left( \sum S + \sum M_k \right) \cdot L, \quad (1)$$

де  $K$  — коефіцієнт реаерації (функція від швидкості руху води та шорсткості ложа річки) — приймаємо як 1,1;

$\tau$  — час добігання води до греблі (сегментованої ділянки русла річки) або гирла (непорушеної річки), діб;

$v$  — швидкість течії (функція від нахилу, звивистості, шорсткості ложа русла річки та наявності вищих водяних рослин), м/с;

$L$  — довжина русла або сегментованої ділянки, м;

$M_{kO_2}$  — маса розчиненого у воді кисню, г;

$n$  — чисельність межових зон-екотонів, шт.;

$\sum S$  — сума стресових ситуацій, шт.;

$\sum M_k$  — маса спожитого розчиненого кисню: фітомасою ( $a_1$ ) — 50%, розчи-неною органічною речовиною ( $a_2$ ) — 10%, муловими відкладами ( $a_3$ ) — 10%, ди-ханням риб ( $a_4$ ) — 30% (г).

$$M_k = \tau \cdot (a_1 + a_2 + a_3 + a_4), \quad (2)$$

$$a_1 = Q \cdot K_{O_2} \cdot D, \quad (3)$$

$$a_2 = M_{\text{риб}} \cdot K_{\text{дихання риб}}, \quad (4)$$

$$a_3 = \frac{M_{\text{риб}} \cdot K_{\text{дихання риб}}}{3}, \quad (5)$$

$$a_4 = (Q \cdot K_{O_2} \cdot L) \cdot 5 = a_1 \cdot 5, \quad (6)$$

де  $Q$  — об'єм води досліджуваної ділянки за період добігання води до греблі, гирла (контрольного створу),  $m^3$ ;

$K_{O_2}$  — коефіцієнт споживання розчиненого у воді кисню органічною речови-ною (0,005 — гумінові сполуки, 0,200 — стічні води);

$D$  — споживання розчиненого у воді кисню за 5 діб (відмерлими мікроводо-ростями, розчиненими у воді органічними сполуками, зависями),  $г O_2/m^3$ ;

$M_{\text{риб}}$  — маса риб, кг;

$K_{\text{дихання риб}}$  — дихальний коефіцієнт риб (прийнято на рівні 9,14  $г O_2/кг$  риби за добу).

Наведені розрахунки базуються на кисневому балансі рібницьких ставів [2, 4].

У річковій екосистемі внаслідок проточності та дискретності споживається за оптимальних умов від 1,7 до 30,0% розчиненого кисню всіма складовими річко-вого континууму (в підлідний період). Тобто 70,0% маси розчиненого кисню по-винно залишатись для нормального функціонування ценозів річкової екосистеми (за допустимого мінімуму вмісту  $\geq 4,0$   $мг/дм^3$ ). При нижчих концентраціях настає стресова ситуація — аноксія та вимушена міграція риб — характерна особливість р. Прип'ять та її правобережних приток (річки Стир, Горинь).

Якщо прийняти, що за оптимальних умов співвідношення між насиченням во-ди киснем та його споживанням є величина стала, то формула (1) матиме вигляд:

$$St = \tau \cdot v \cdot n / \sum S \cdot L. \quad (7)$$

Таким чином, стійкість іхтіоценозу в умовах трансформації річкової мережі — величина, прямо пропорційна добутку часу добігання води до гирла, кількості межових екотонів та швидкості руслового потоку і обернено пропорційна кілько-сті стресових ситуацій на проміжку досліджуваного русла річки (правило Гриба — Сондака).