

**Гриб Й. В., д.б.н., професор, Прищеп А. М., д.с.-г.н., професор,
Троцюк В. С., к.с.-г.н., доцент, Петрук А. М., к.с.-г.н., доцент,
Войтишина Д. Й., здобувач** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ТВЕРДИЙ СТІК І КИСНЕВИЙ РЕЖИМ ПРИДАТКОВОЇ РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ РУСЛОВИХ ВОДОСХОВИЩ. ВІДНОВЛЕННЯ ГІДРОЕКОСИСТЕМ

Однією з проблем формування екологічного режиму водойм є твердий стік зависів з приток за рахунок поверхневого стоку та руслової ерозії. Разом із колірністю твердий стік формує мутність та прозорість води, які мають визначальне значення у процесах фотосинтезу та формування кормової бази іхтіофауни. Другою проблемою є формування кисневого режиму, який залежить у багато чому від маси органічних домішок (розчинені органічні речовини), окислення зависів та донних відкладів і дихання риб. Кожна із складових споживає до 30% маси розчиненого у воді кисню. Якщо у літній період у формуванні кисневого режиму передують процеси фотосинтезу та окислення, споживання розчиненого кисню фітомасою ВВР за рахунок темного дихання, то в зимовий підлідний період передуватимуть процеси споживання депонованого розчиненого кисню.

Продуктивність водного середовища визначає стійкість екосистеми, яка формується за відношенням чисельності стресових ситуацій біотичного та абіотичного походження до чисельності проміжних екотонів. Володіючи закономірностями формування життя біоти у водному середовищі можна керувати станом гідроекосистеми та рибопродуктивністю на рівні біому (генералізованої водної екосистеми).

Продуктивність водного середовища визначає стійкість екосистеми як відношення чисельності стресових ситуацій до чисельності бічних екотонів. Володіючи закономірностями формування життя біоти у водному середовищі, можливе керування станом екосистем, її рибопродуктивністю на рівні сформованої ситуації в генералізованій екосистемі.

Ключові слова: зависі; твердий стік; ловча кишень; прозорість; фотичний шар; кисневий режим водних екосистем; іхтіофауна; суцесії гідробіонтів.

Постановка проблеми. Руслові водосховища розглядались як система формування і резервування якісної прісної питної води, використання у гідроенергетиці, у рибництві, водному транспорті, джерело технічної води у промисловості.

Основною проблемою у всіх випадках природокористування є формування якості води та старіння водосховищ, зміна угруповань гідробіонтів залежно від трансформації ложа водосховища та якості води, вилучення з використання тисяч гектарів заплавної землі.

Закономірною є взаємозалежність чинників формування якості водного середовища та парність характеристик: «газовий режим – замори риб», «твердий стік – замулення зимувальних ям, мілководь», «температура води – нерестові процеси», «прозорість, мутність – інтенсивність фотосинтезу», «надмірне надходження біогенних домішок – процеси цвітіння води» тощо.

Процеси навантаження на руслові водосховища не регламентуються через складність сумарного впливу антропогенних домішок та емерджентних наслідків біотичних впливів та гідрометеорологічних чинників.

Результатом таких впливів є зміна умов відтворення аборигенної іхтіофауни, необхідність штучного зариблення молоддю цінних промислових видів риб і практично відмова від ведення промислового рибництва у водосховищах, заміни їх на заплавні та лиманні господарства, вилучення заплавної території з використання у сільськогосподарському виробництві.

На сьогодні важливим є дотримання регламентних норм при формуванні іхтіоекологічної ситуації у річковій мережі приток водосховищ, їх функціональних характеристик – прозорість, мутність, вміст зависів та розчиненого кисню, навантаження за органічними домішками.

Зрозуміло, що в процесі експлуатації руслових водосховищ відбуваються суцесійні зміни складу гідробіонтів, тому необхідно дотримуватись співвідношення між навантаженням та самоочисною здатністю водного середовища, знайти їх оптимальне співвідношення (табл. 1).

Таблиця 1

Сукцесійні зміни складу гідробіонтів у екосистемах під впливом інформаційного поля та його струн природного та антропогенного походження

Типи сукцесій	Інформаційні струни	Прояви, причини, ознаки
1	2	3
1. Незворотні природного походження (сингенез)	I _e , C, N, P, прозорість, колірність, видове біорізноманіття	Цвітіння води, заростання фітомасою мілководь водосховищ та ставів, старіння озер
2. Зворотні природного походження (сингенез)	I _e , рибогосподарські нормативи, прозорість, кормова база, кисневий режим	Цвітіння води внаслідок розвитку мікрородоростей та вплив альготоксинів
3. Екзогенні зворотні а) кліматичного походження б) геоморфометричні в) селективні г) зоореогенні	Зменшення маси води, зниження глибин, зміни складу гідробіонтів, адаптованих до новостворених умов, перебудова трофічного ланцюга, формування нових популяцій іхтіофауни R і Q	Пересихання русел, відсутність атмосферних опадів, вплив потепління. Гідротехнічне та меліоративне будівництво, спрямлення русел. Інтродукція риб, кормова база. Селення риб, випадкове проникнення з інших регіонів, адаптивні реакції
4. Екзогенні незворотні	Порушення гідрологічного режиму, формування кормової бази і нерестових умов	Спрямлення русел, осушення боліт заплави
5. Локальні антропогенні зворотні	Цвітіння води, перевищення регламентованих характеристик C _i P	Забруднення в гарячих точках, (C, N, P), твердий стік
6. Локальні антропогенні незворотні	N, P, C _i , R, S, формування «гарячих» точок після локальних джерел забруднення	Збіднення видів внаслідок забруднення, порушення складу локальних ділянок відтворення іхтіофауни

продовження табл. 1

7. Локальні кризові ситуації а) природні б) антропогенні	P, K, C _i , L P, K L, P, K	Темнове дихання ВВР, дренажні та ґрунтові води з високим вмістом Fe ²⁺ і фенольних сполук нижче скиду стічних вод, розклад фітомаси при цвітінні води
8. Рибовідновні	R, m, K _e	Вселення риб, заповідання водних об'єктів, створення рибоводних господарств

Примітка: C_i – вміст домішок, Q – витрати води, M – маса води, R – рибопродуктивність, N – видове різноманіття гідробіонтів, P – маса домішок, S – стресові ситуації, m – маса живого корму для риб, L – органічні домішки за БСК₅.

Методи та об'єкти досліджень. Вивчались гідрохімічний та гідрологічний режим приток першого порядку руслових водосховищ Дніпровського басейну за апробованими методиками, зокрема річок Прип'ять, Тетерів, Трубіж, Десна, Ворскла.

Результати досліджень

А. Особливості формування твердого стоку у басейнах річок Дніпровського каскаду. Якість води р. Дніпро на сьогодні є однією з важливих екологічних проблем. Враховуючи значну питому вагу стоку р. Прип'ять у формуванні гідрологічного режиму Київського водосховища (27,0% загального), твердий стік тут складатиме 226,03 тис. тонн у рік, причому переважаюча частина стоку наносів, відкладів буде формуватись у весняний період. При цьому, враховуючи підпір водосховища, відклади формуватимуться на мілководдях водосховища та в зоні фарватера (більш важкі фракції піску). При цьому у гирлі р. Прип'ять донні відклади будуть формуватись до м. Чорнобиль, що вимагатиме коштів на проведення робіт з очищення русла та верхів'я водосховища (корабельний хід). Аналогічна ситуація складається у гирлі р. Десна. Значна руслова ерозія сприяє винесенню завесів у гирлові ділянки річок та їх перевідкладення, перенесення при падінні рівня води у р. Дніпро домішок аж до греблі водозабору, відбувається формування кос, відмілин і перекатів, формування парацелл ВВР. Формування твердого стоку р. Тетерів залежало від скидання стічних і зливових стоків міст Житомира, Радомишля, Коростишева. Локалізація осаду відбувалась у гирловій ділянці, а

також у мілководді Київського водосховища. Однак, абсолютні концентрації стоку зависів не перевищували значень 30 мг/дм^3 , що відповідає середній багаторічній мутності води для регіону. На р. Трубіж перепади рівнів води Київського водосховища не впливають через перекриття її у середній течії дамбою. На твердий стік гирлової ділянки р. Ворскла впливає руслова гребля Кременчуцького водосховища у створі Нові Санжари – концентрація зависів тут не перевищувала нормативних значень для водойм I класу. Однак, це водосховище акумулює весь твердий стік р. Ворскли і забруднення від м. Полтави. Найбільш репрезентативні процеси трансформації твердого стоку відбуваються у р. Псел – формування проток у естуарній частині, перекатів у її ділянках вище гирла, заболочування заплави та формування плавнів по типу Дніпровських у створі м. Херсон. Якісні характеристики води р. Псел формують погано очищені стоки урбанізованих територій.

Б. Динаміка колірності та прозорості у зоні контакту бічної річкової мережі та водосховищ Дніпровського каскаду. Колірність води бічної річкової мережі. Колірність води Київського водосховища (до 45° платино-кобальтової шкали) формується за рахунок стоку гумінових та фульвокислот із басейну р. Прип'ять, де колірність досягає 85° тієї ж шкали. При цьому колірність підвищується на $10\text{--}15^\circ$ у періоди падіння витрат води у зимову межень, що супроводжується відлигами (за рахунок поверхневого стоку із заболоченої заплави).

Колірність води каскаду водосховищ нижче за течією зростає за рахунок впливу стоків м. Києва та залежить від питомої ваги мілководь, зокрема Кременчуцького, Дніпродзержинського та Каховського, за рахунок трансформації їх відкладів та розкладу фітомаси вищої водної рослинності (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняння колірності води (в градусах) бічної річкової мережі та водосховищ каскаду за платино-кобальтовою шкалою

Створи спостережень	Зимова межень	Весняна повінь
р. Прип'ять	80,0	60,0
р. Тетерів	60,0	40,0
р. Десна	75,0	45,0
Київське водосховище	50,0	45,0
р. Псел	55,0	45,0
р. Сула	60,0	40,0
р. Ворскла	70,0	45,0

продовження табл. 2

Кременчуцьке водосховище	75,0	55,0
р. Рось	45,0	35,0
Дніпровське водосховище	60,0	30,0
р. Орель	45,0	25,0
р. Самара	50,0	30,0

В. Формування прозорості води в зоні контакту річкових вод і руслових водосховищ. Прозорість води в зонах контакту знаходиться у взаємозв'язку з характером річкового потоку, характером зависів (пісок, частинки ґрунту, мілкодисперсні глинисті частинки) та «цвітіння» води (плями «цвітіння» у зоні контакту у заводях та створах змішування).

Абсолютні значення концентрацій зависів та прозорості були у певній взаємозалежності для кожного річкового басейну та умов формування стоку.

У випадку добових та недільних попусків із водосховищ внаслідок зміни швидкості води відбувається перенесення завислих часточок (піску, детриту, залишків водоростей) та зменшення прозорості як в сторону витоку річок, так і в сторону верхів'я водосховищ.

Як правило, винесені річковою мережею зависі осідають на мілководдях та верхів'ях водосховищ, формуючи прозорість в середній їх частині.

Характерною особливістю формування прозорості води в зонах контакту є зростання прозорості у осінньо-зимовий період та її зниження у весняно-літній – через присутність мілкодисперсних мінеральних часточок та мікроводоростей. У випадках попусків з водосховищ прозорість води гирлових ділянок знижується за рахунок турбулентності потоку і змучування донних відкладів. Відповідно змінюється глибина фотичного шару води від 1,5 м до 0,2–0,5 м.

Г. Формування режиму вмісту розчиненого кисню у гирлових ділянках річок. У водному об'єкті постійно відбуваються процеси споживання і продукції розчиненого кисню, що описується рівнянням Фелпса-Стріттера та Гриба Й.В. [6; 7].

Споживання розчиненого кисню має наступний вираз:

$$dL/dt = KL, \quad (1)$$

де L – величина BCK_5 , що коливається від 1–5 мг $O_2/дм^3$ (природний фон) до 8,0–10,0 мг $O_2/дм^3$ (у випадку забруднення), K – константа споживання розчиненого кисню, для органічної речовини складає ~ 0,1, господарсько-побутових стічних вод ~ 0,2–0,3, відмерлого фітопланктону – 0,01–0,05, муміфікованих відкладів – 0,001 [8].

Поповнення водного середовища розчиненим киснем (ліквідація дефіциту до повного насичення D) описується рівнянням:

$$dD/dt = K_2D, \quad (2)$$

де D – дефіцит розчиненого кисню до повного насичення, t – час, K – константа аерації, що залежить від швидкості потоку (ламінальний або турбулентний характер), глибини водойми, шороховатості дна тощо. В зимовий період через перекриття льодовим покривом аерація практично близька до нуля так само, як і знижена активність фотосинтезу.

Нами в розрахунках прийнято фактичний вміст розчиненого кисню θ :

$$d\theta/dt = K_2\theta. \quad (3)$$

Умовою стабільності газового режиму є наявність у водному середовищі розчиненого кисню не менше 4,0 мг O_2 /л. Тобто, необхідно щоб відношення маси спожитого розчиненого кисню до його можливих лімітів складало певну величину P , тобто

$$KL/K_2(\Theta - 4.0)Qp \leq P. \quad (4)$$

Стан кисневого режиму залежить від гідрометеорологічного чинника, найбільш несприятливого у зимовий період – температури повітря, товщини снігового і льодового покриву, градієнту температури – то ж введемо його у формулу (5):

$$P = f(H_m) = (t^\circ/n)\Delta, \quad (5)$$

де t° – середньомісячна температура атмосферного повітря зимової межні; n – товщини снігового і льодового покриву, мм; Δ – вирівнювальний коефіцієнт, мм/°С, який залежить від теплопровідності середовища.

Тоді стабільність водного середовища у найбільш кризовий зимовий період можна записати як:

$$P \leq [KLQ/K(\Theta - 4.0)Qp]H_m. \quad (6)$$

Розрахунки показали, що при сприятливих умовах з води споживається тільки 30% запасів розчиненого кисню і його вміст складав 4,0–6,9 мг O_2 /дм³. Коли споживається більше 30% лімітів розчиненого кисню, спостерігаються кризові ситуації.

Найвищу достовірність у формуванні кризових ситуацій, пов'язаних з дефіцитом розчиненого кисню, мав гідрометеорологічний чинник H_m (парний коефіцієнт кореляції 0,999) та навантаження за органічною речовиною (парний коефіцієнт кореляції 0,896).

Таким чином, отримали залежність, що описує вміст розчиненого кисню залежно від потенційного навантаження у зимову межнінь.

У зв'язку з евтрофікацією водосховищ, особливо в зоні контакту річкових вод та верхів'я водосховищ, заростання мілководь вищою

водною рослинністю, явищ «темного дихання» та стагнації перевищення споживання розчиненого кисню над його відновленням за рахунок реаерації та фотосинтезу (необхідно пам'ятати, що у літній період при високій температурі 100% насичення води розчиненим киснем складає 7,0–8,0 O₂/дм³ і допустима величина його, що може йти без загрози дефіциту складає 3,0–4,0 O₂/дм³), загроза аноксії існує постійно.

Д. Стійкість водних екосистем річкових басейнів. Вплив множинності межових зон (екотонів) гирлових ділянок річок на стійкість водних екосистем. Температурний режим, колірність та якість води, гідрологічний режим, біоценопопуляційні характеристики тісно пов'язані з чисельністю межових зон річкових басейнів і гирлових ділянок. Так, гідроекологія р. Прип'ять тісно пов'язана з чисельністю її приток, болотною заплавою, високою озерністю. Гідроекологія р. Десни тісно пов'язана з чисельними притоками, значною озерністю (більше 300 озер і староріч), залугованістю заплави. Тому для характеристики річкових басейнів введена певна класифікація межових зон та їх індексація (табл. 3).

Таблиця 3

Індексація «осередків життя» у річковому басейні

№ з/п	Елементи екотонів	Водний об'єкт			Символ Індекс
		річка	озеро	водосховище	
1	Притоки	+++	+++	+++	<i>p</i>
2	Заплави озера і стариці	+++	+	+	<i>os</i>
3	Джерела	+++	+++	+++	<i>d</i>
4	Заплавні луки – нерестовища	+++	+++	+++	<i>z</i>
5	Заплавні болота	+++	+++	+++	<i>B</i>
6	Зимувальні ями	+++	+++	+++	<i>j</i>
7	Перекази	+++	+	+	<i>o</i>
8	Мілководдя з заростями ВВР	+++	+++	+++	<i>a</i>
9	Карстові явища	+	+	+	<i>w</i>
10	Підсистеми: «річка-озеро», «озеро-озеро»	+++	+++	+	<i>s</i>
11	Локальні рибовідтворювальні ділянки	+++	+++	+++	<i>r</i>
12	Гідрологічні коридори	+++	+++	+++	<i>h</i>
13	Розчинений кисень мг O ₂ /дм ³ 100% насичення	+++	+++	+++	<i>Rh</i>
14	Екологічна якість води I _e , I-II класи	+++	+++	+++	<i>I_e</i>

Примітка: + - інтенсивність прояву чинника.

Стійкість екосистеми визначалась за рахунок множинності еко-тонів (Σk_i) за відношенням до площі водного дзеркала (F) або довжи-ни берегової лінії (L) за формулою:

$$St = \Sigma E_{ki}/L(F);$$

$$St = (p+os+d+dz+z+j+o+b+a+s+w+r+h...+n)/L. \quad (7)$$

Зміна чисельності межових зон визначається як стан трансфо-рмації русла і заплави (K_i). Зміну чисельності видів річкової іхтіофау-ни визначали за модифікованим індексом Сімпсона щодо її видового складу та чутливості риб до кисневого режиму [1].

$$C = \Sigma P_i^2 = \Sigma (n_i/N)^2. \quad (8)$$

$$P_i = n/k_0 k_1 k_2, \quad (9)$$

де P_i – значимість індексу для певного виду річкової іхтіофауни; n – чисельність виду; N – загальна чисельність риб; k_0 – чутливість риб до зниження вмісту розчиненого кисню (амплітуда коливань показ-ника від 1,0 – в'юн до 5,0 – щука); k_1 – рівень забезпеченості кормо-вою базою (амплітуда коливань показника від 1,0 – в'юн до 2,0 – бі-лий амур); k_2 – рівень якості води (I_e) з амплітудою від 1,0 до 55,0.

Характерні зміни чисельності межових зон за деякими басей-нами подані в табл. 4. Вкрай різко знижена їх чисельність у басейні річки Прип'ять (до смт Річиця) – більш як у три рази, річках Горинь і Стир у 1,5 рази, річки Десна – у 1,2 рази. У включених у гідротехнічне і меліоративне будівництво притоках першого і другого порядку – більш як у 12 разів (табл. 4), на що вказував у своїх роботах Будз М. Д. [9].

Таблиця 4

Зміна чисельності межових зон досліджуваних приток р. Дніпро

№ з/п	Водний об'єкт (річка)	Довжина, км	Множинність еко-тонів до і після антропо-генних змін	Коефіці-єнт транс-формації $K_{тр}$	Формула «осередків життя»
1	Прип'ять (до смт Річиця)	748,0	81/27	3,37	$p^4 os^{10} d^5 b^2$ $r^3 h^3$
2	Льва (прито-ка 2 порядку р. Прип'ять)	159,0	125/16	12,5	$p^2 os^3 d^2 b^2$ $j r$
3	Горинь (пра-ва притока р. Прип'ять)	659,0	350/232	1,5	$p^4 os^{40} d^{98}$ $z^{210} b^2$

продовження табл. 4

4	Стир (права притока р. Прип'ять)	437,0 (лівий рукав) 494,0 (правий рукав)	280/179	1,56	$[p^{20} os^{29} d^{87} z^{10} b^2 j^{20} o^2 s^3 r^6 h^2]$
5	Десна (ліва притока р. Дніпро)	1126,0 (в межах України 591,0)	530/445	1,19	$[p^{30} os^{300} d^{20} z^{10} b^{10} j^{30} o^3 s^{20} r^{20} h]$

Найкраще збережені відновлювальні функції у басейні р. Десна, гирлових ділянок річок Горинь і Стир, що обумовлено збереженням чисельності і можливих зв'язків (гідрологічних, енергетичних, флористичних), що у двох останніх басейнах дає можливість включення їх у трилатеральний заповідний регіон «Західне Полісся».

Якщо у трансформованій гідротехнічним і меліоративним будівництвом річці чисельність екотонів складає на 1 км русла 2 одиниці, то чисельність зв'язків складає:

$$N_{зв} = N \cdot (N-1) \cdot 2 = 2 \cdot (z-1) \cdot 2 = 4. \quad (10)$$

Відповідно, система нестійка. Коли на 1 км русла припадає 10 екотонів, тоді $N_{зв} = 10 \cdot (10-1) \cdot 2 = 180$, екосистема більш стабілізована і має варіанти збільшення біорізноманіття при кризових ситуаціях, що характерно тільки для окремих збережених відрізків русла (так звані локальні рибовідтворювальні ділянки) [1].

Е. Вплив водного режиму і температури води на іхтіоекологічну ситуацію. Після проведення широкомасштабної осушувальної меліорації на Західному Поліссі у 70-ті токи всі притоки першого і другого порядку річок Горинь, Стир, Веселуха, Стохід були відрегульовані на стік, а пізніше – у 80-ті роки було залучено і верхів'я річки Прип'ять. Як наслідок, скоротився період затоплення заплави основних річок – водоприймачів, а у більшості приток відмічена відсутність затоплення заплави, що призвело до значних змін умов відтворення аборигенної іхтіофауни. Відомо, що річка Прип'ять відіграє вирішальну роль у відтворенні іхтіофауни басейну річки Дніпро. Залежність між рівнем затоплення заплави та умовами відтворення іхтіофауни показана на прикладі річки Горинь, створ села Оженин.

При витратах менше 20,0 м³/с річка являє собою колектор для пропуску води.

Відповідно з'явилися наступні екологічно небезпечні чинники:

а) порушились умови функціонування екосистеми «русло – заплава» у відокремлених притоках: весняна повінь не виносила домішки на заплаву, не збагачувала її, відповідно знижувалась біопродуктивність лучної заплави та її буферна роль щодо русла, забруднення виносились в основне русло або у водоприймачі – озера і водосховища, що викликало їх забруднення;

б) порушились нерестові умови в басейнах річок – весняні води не виходили на заплаву, не відбувалось їх самоочищення, нерестові температури наступали із запізненням на один-два тижні ($+14^{\circ}\text{C}$) в достатній мірі не розвивався живий корм;

в) внаслідок руслових робіт та руслової ерозії відбувалось підмивання берегів, замулювались зимувальні ями, що призвело до порушення умов зимівлі аборигенної іхтіофауни;

г) порушувалось сполучення у екосистемі «русло – заплавне озеро», що могло б компенсувати зміни на основних руслах, роль межових зон у руслах і заплавах зведена до мінімуму;

д) відповідно до вимог оцінки впливу на довкілля не реалізовувались компенсаційні заходи у басейнах річок.

Характерною особливістю наростання температур на відокремлених ділянках р. Дніпро існує запізнення настання температурного нерестового оптимуму ($+12^{\circ}\text{C}$ – 14°C), є пізніші періоди нагрівання води у водосховищах та випуск холодної води із нижнього б'єфу з більш глибоких горизонтів, що викликало необхідність міграції риб у притоки з більш високою температурою та відповідним субстратом для нересту на заплавах.

Тому притоки річки Дніпро в умовах сегментації русла є основними локалітетами відтворення аборигенних видів риб і вже склалися відповідні нерестові міграції (наприклад, нерестова міграція плотви із Канівського водосховища та р. Дніпро у р. Десну, зимові міграції із р. Прип'ять у гирла річок Стир, Горинь, Случ та притоки другого порядку).

Ж. Динаміка гідроекологічних характеристик водних мас в умовах трансформації їхніх басейнів. Зміна гідрологічних та гідроекологічних умов приток Дніпра призвела до відповідних змін якості води та біопродукційних характеристик.

Річка Прип'ять. У зв'язку з регулюванням р. Прип'ять посились умови промивки ґрунтів зони аерації, їх деструкції і винесення органічних домішок та солей від мінералізації ґрунтів у водосховище. При цьому маса домішок, що виноситься, залежала від водності річки та маси атмосферних опадів.

Водночас сегментація гідрографічної мережі гідротехнічним і меліоративним будівництвом призвела до порушення шляхів міграції

риб, умов їх відтворення та зимівлі. Напружений водний режим на ділянках з відрегульованими на стік малими річками призвів до посилення впливу дренажних і ґрунтових вод, дуже небезпечних для молоді риби.

Комплекс антропогенних порушень водного режиму, зменшення чисельності межових зон, погіршення якості води призвело до різкого зменшення різноманіття аборигенних видів риби (за індексом Сімпсона) та зниження рибопродуктивності.

Тобто спостерігаються різко виражені екологічні ножиці «господарська діяльність – екологічна ситуація».

В умовах трансформації басейнів річок відбувається відповідна трансформація біопродукційних характеристик водного середовища. Так, відповідно із зростанням трансформації басейну р. Прип'ять зросла колірність води із 75 до 200° (в період проведення гідротехнічних меліоративних робіт), відповідно зріс вміст органічного вуглецю порівняно з природним фоном, що негативно впливало на гідробіонти.

Таблиця 5

Динаміка змін гідроекологічного режиму р. Прип'ять після регулювання (створ вище смт Ратне, 682 км за профілем русла, дослідження Гриба Й.В.)

Характеристики	Розмірність	Роки спостережень						
		до регулювання	регулювання	стабілізація (сучасний стан)				
		1967	1968	1970	1971	1977	2004	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Витрати води	м ³ /с	0,02	0,25	0,28	20,5	0,41	0,31	0,27
рН	од.	6,8	6,7	7,0	6,5	7,1	7,0	6,9
Колірність	град.	75	[200]	[135]	[200]	70	80	85
Залізо загальне	мг/дм ³	[3,5]	[9,0]	[6,0]	[8,0]	0,16	0,15	0,17
Стік іонів заліза	г/с	[2,17]	[2,25]	[2,68]	[164]	0,10	2,06	0,46
Мінералізація	мг/дм ³	200,0	[451,0]	333,0	[381]	232	245,0	259

продовження табл. 5

Стік мінеральних солей	г/с	124,0	113,0	93,0	[7810]	96,0	76,0	70,0
Органічний вуглець	мгС/дм ³	8,1	[18,0]	11,1	[13,5]	8,5	9,1	10,3
Стік органічного вуглецю	г/с	4,9	4,5	3,1	[277]	[35,0]	2,90	2,78
Розчинний кисень	мгО ₂ /дм ³	11,7	[0,82]	[0,40]	[0,80]	13,0	8,3	6,9
Екологічний індекс якості води I _A I _B I _C I _e								
	од.	1,0	1,5	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0
	од.	1,0	[55,0]	[55,0]	[55,0]	1,0	3,0	5,0
	од.	[35,0]	[90,0]	[60,0]	[80,0]	1,6	3,0	4,0
Клас якості води		IV	V	V	V	I	II	II

Примітка: [] – перевищення значень ГДК.

Відмічено, що при руслових гідротехнічних роботах вміст розчиненого у воді кисню падає нижче норми, спостерігається міграція риби у гирла приток першого порядку.

Відсутність нормативних документів з меж можливого використання ресурсів у басейнах річок і комплексного підходу до оцінки можливих втрат призвело до деградації річкових екосистем.

Погіршилась якість води та зросло винесення домішок фосфору у Київське водосховище, зросла розораність, зменшились площі природних нерестовищ та чисельність зимувальних ям. Як результат, відмічена різка тенденція до зниження рибопродуктивності аборигенної іхтіофауни як реакція на антропічну трансформацію басейну та русел, погіршення якості води та старіння водосховищ, форму-

вання нових сукцесій гідробіонтів [1].

Заходи з управління станом водних мегасистем (система «русло – водосховище»). Для зменшення загроз якості води та збереження біорізноманіття у притоках руслових водосховищ та системі «річка – водосховище» були передбачені наступні заходи:

1. Біологічні:

а) інтродукція риб-біомеліораторів (амур білий, товстолоб білий та строкатий);

б) інтродукція макрофітів (влаштування біоплато, використання ветлендів);

в) інтродукція мікрководоростей у систему локального доочищення стічних і зливових вод;

г) відтворення речово-енергетичних зв'язків у системі «русло-заплава», «русло-гирло»;

д) аквакультура вищих водних рослин у нижній течії (очерет, арундо тростинне);

е) лісорозведення швидкоростучих порід дерев на перезволожених територіях басейнів річок;

і) відтворення шляхів природної міграції аборигенної іхтіофауни;

ж) збереження локальних систем відтворення аборигенної іхтіофауни.

2. Технічні:

а) регулювання витрат води за всім каскадом з метою дотримання рівневого та газового режимів та умов нересту;

б) третинне доочищення стічних вод від біогенних домішок;

в) вловлювання мулу на притоках у малих річках (ловчі кишені, літні польдери, прибережні смуги);

г) влаштування пересувних аеробіофільтрів у місцях стагнації на 10% водного дзеркала (за нашими розробками – авторське свідоцтво № 1756288);

д) регулювання заростання мілководь вищою водною рослинністю (ВВР) (викошування, утилізація);

е) прочищення русел у місцях заростання ВВР та заповнення до рівня історично сформованого дна;

і) налагоджування утилізації фітомаси ВВР та мікрководоростей (як добрив, будівельних матеріалів, комбікормів).

3. Просторові:

а) відновлення екологічно обґрунтованої структури підсистем суходільних ценозів поверхні водозбору та визначення меж можливого втручання людини;

б) визначення меж осередків життя – локальних рибовідтворюю-

вальних ділянок аборигенної іхтіофауни на збережених у природному стані ділянках річок без втручання людини аж до заповідних басейнів малих річок;

в) створення локальних заповідників у басейнах малих річок, що збереглися, особливо на урбанізованих територіях, та оптимізація в них господарської діяльності – річка Десна як резерв питної води для м. Київ;

г) закріплення лучної заплави за рахунок використання з русел осаду, винесеного під час повені (застосування як добрива);

д) ліквідація мілководь за рахунок одамбування заболочуваної частини водосховищ, а також використання їх як товарних рибоводних господарств.

Теорія струн у гідроекології. Гідроекосистеми як складові частини живої речовини водойм є біокосними формуваннями з численними зв'язками і комплексами. Зокрема, вони поєднують косну складову – масу води (M) як рідкого інформаційного кристалу, її в'язкість (γ), температуру (t), вміст розчиненого кисню та фізіологічно-енергетичні домішки – масу органічної речовини L і мінеральні форми азоту (N) і фосфору (P), а також живі організми за трофічним ланцюгом – бактерії, мікроводорості, актиноміцети, зоопланктон, ВВР, іхтіофауна (m_i).

Косну і живу складову гідроекосистем поєднує енергетично-хвильова основа – будова їх тіл і трансформація у часі і просторі та взаємодія однієї з другою, своєрідні вібрації елементів – струни довкілля. Таке поєднання необхідно враховувати числовими характеристиками зв'язків у екосистемі.

В теорії струн елементи подібні до надзвичайно малих і вібруючих ниток-променів енергії, які здатні звиватись, розтягуватись та згортатись. Теоретична фізика стверджує, що все існуюче складається із вібруючих ниток енергії та інформації, мають свої закономірності, від яких залежить тіло чи предмет досліджень.

Зокрема, жива матерія підкоряється математичному ряду чисел Фібоначчі (1, 3, 8, 13, 21...55) та золотому кореневі (1,68; 0,68) значення яких зростають або знижуються при зміні характеристик. Наведені числа пов'язані з фізичним світом пентосистемністю. До біокосної пентосистемності організмів долучилася шоста система – зовнішня аура, енергетичний захист фізичного тіла.

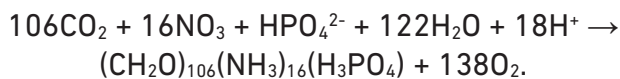
При цьому живі об'єкти існують в певних межах максимуму і мінімуму, що мають свої розрахункові формули (табл. 6).

Таблиця 6

Межі існування живих об'єктів у водних екосистемах
згідно теорії струн

№ з/п	Елементи інформаційних струн	Розмірність	Значення	
			максимум	мінімум
Косна складова				
1	Температура	°С	+ 30	+ 4
2	Маса води	м ³	в залежності від навантаження та гідрологічного режиму	
3	В'язкість води	град.		
4	Розчинений кисень	%	100	0
Біологічна складова				
5	Органічний вуглець	мг С/дм ³ за перманганатною окиснюваністю	> 10,0	< 2,0
6	Мінеральний азот	мг N/дм ³ за сумою азотистих сполук	> 5,0	< 0,3
7	Мінеральний фосфор	мг P/дм ³	> 3,0	< 0,01
8	Чисельність видів	тис. кл./мл	> 10,0	< 0,5
	Маса бактерій	млн. кл./мл	> 50,0	< 0,5
	Мікроводорості	мг/см ³ цвітіння води		
	Зоопланктон у ставках	мг/см ³	> 5,0 10,0	< 1,0 4,0
	Іхтіофауна рибоводних систем	% покриття	100	2,0
	ВВР			

Примітка: рівняння синтезу первинної органічної речовини за співвідношенням С:N:P = 106:16:1) [1; 2].



Для синтезу 3 мг/дм³ мікроводоростей необхідні стартові умови:

ХСК – 20 мг О₂/дм³;

N_{мін} – 0,5 мг N/дм³ при асиміляції з повітря 0,7;

P_{мін} – 0,05 мг P/дм³.

Тобто лімітуючим чинником розвитку евтрофікації є фосфор як показник антропоізації водного середовища.

Висновки

1. Встановлено довжину підпору гирлових ділянок річок Прип'ять, Тетерів, Рось, Самара, Інгулець, Конка за рахунок впливу рівня води руслових водосховищ (від 3,0–5,0 км – гирло р. Самара до 60,0 км – гирло р. Прип'ять), що формує іхтіологічну ситуацію.

2. При питомій вазі бічного річкового стоку у 27,0% від загального стоку р. Дніпро твердий стік складає 226,0 тис. т у рік. Переважаюча частина відкладів формується у весняний період на ділянках підпору при зменшенні швидкості і транспортуючої здатності потоку, що веде до замулення парцелярних ділянок руслових водосховищ.

3. Джерела надходження зависів і формування твердого стоку складають:

- у поліському регіоні: схиловий стік з урбанізованих територій – 63,1%, з сільськогосподарських угідь – 33,2%, з непорушених територій – 7%;

- у лісостеповій зоні: поверхнево-схиловий стік з урбанізованих територій – 71,0%, з сільськогосподарських угідь – 20,0%.

Під час весняної повені твердий стік з агроландшафтів був переважаючим, що створює напружену ситуацію у водних басейнах та прискорює їх старіння.

4. Прозорість води в зоні контакту залежить від сезонних характеристик:

- у весняно-літній період вода була більш мутною за рахунок мілкодисперсних часточок;

- у осінньо-зимовий період при більшій масі зависів у зоні контакту вода була більш прозорою.

5. Колірність води верхів'їв водосховищ формувалась за рахунок колірності води приток, що впадають в них (у зимовий період), трансформації мілководних заплав та розкладу ВВР водосховищ.

6. Розроблена технологічна схема управління станом каскаду руслових водосховищ у системі «русло-водосховище». Вона включає: регулювання питомої ваги парцел ВВР у верхній течії і на мілководдях, вселення риб-меліораторів, проведення заходів із зниження вмісту зависів і твердого стоку з бічної мережі, зниження дрейфу біогенів від комунальних стоків і зливових вод, впровадження контурно-меліоративних систем землеробства.

7. Бічна мережа руслових водосховищ через свою динамічність, формування кормової бази аборигенної іхтіофауни у гирлах рі-

чок, чисельність проміжних екотонів є на сьогодні однією з провідних ланок відтворення іхтіофауни. Верхів'я і мілководдя руслових водосховищ є зоною ризику через інтенсивні процеси старіння, замулення і евтрофікації.

8. Через відсутність закономірностей формування фаз гідрологічного режиму (спрацювання руслових водосховищ) – замулення, заростання ВВР та формування заморних явищ руслові водосховища не можуть бути зоною промислового рибальства.

9. Враховуючи інтенсивні процеси старіння руслових водосховищ спостерігаються сукцесійні зміни складу гідробіонтів, в тому числі аборигенної іхтіофауни, стійкої до порушень кисневого режиму або смітних видів риб з коротким циклом розвитку.

На останніх етапах старіння руслових водосховищ, коли в результаті замулення залишається в динаміці тільки русло, доцільність їх існування стає недоречною, а суспільство отримує значні площі продуктивних заплавних земель. Водночас створення культурних рибоводних фермерських господарств лиманного типу дасть високу рибопродукцію відмінної якості.

1. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану річкових басейнів рівнинної частини території України (охорона, відновлення, управління) : автореф... дис. ... д.б.н. Дніпропетровськ, 2002. 50 с. 2. Відновна іхтіоекологія / за ред. Гриба Й. В. і Сондака В. В. Рівне : Волинські обереги, 2007. 630 с. 3. Гриб Й. В., Кунчик Т. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер / за ред. Гриба Й. В. Рівне : НУВГП, 2012. 246 с. 4. Гриб Й. В., Кунчик Т. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А. Концептуальні основи реабілітації водних об'єктів басейну р. Прип'ять та Шацького національного природного парку. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2016. Вип. 1(73). С. 130–142. 5. Поліщук В., Багнюк В., Юров О. До концепції охорони та екологічної реабілітації басейну Дніпра. Ойкумена. *Український екологічний вісник*. 1992, № 1. С. 29–42. 6. Streefer H., Wand E. Dhelms, Factors concerned in the phenomntnt of oxydation and reparation. *Bull, U,S, Publ, Health, Serw*, 1925. P. 146. 7. Гриб И. В. Анализ заморных явлений в малых реках Западного Полесья. *Гидробиологический журнал*. 1972. № 2. Т. 11. С. 42–48. 8. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. М. : Наука, 1964. 272 с. 9. Будз М. Д. Особенности формирования стока на осушаемых землях западной части Украинского Полесья. *Проблемы мелиоративной географии Припятского Полесья*. Ленинград, 1987. С. 22–27.

REFERENCES:

1. Hryb Y. V. Ekolohichna otsinka stanu richkovykh baseiniv rivnyynnoi chastyuny

terytorii Ukrainy (okhorona, vidnovlennia, upravlinnia) : avto-ref... dys. ... d.b.n. Dnipropetrivsk, 2002. 50 s. **2.** Vidnovna ikhtioekolohiia / za red. Hryba Y. V. i Sondaka V. V. Rivne : Volynski oberehy, 2007. 630 s. **3.** Hryb Y. V., Kunchyk T. M., Voityshyna D. Y., Mykhalchuk M. A. Vidrozhennia ekosystem transformovanykh basiniv richok ta ozer / za red. Hryba Y. V. Rivne : NUVHP, 2012. 246 s. **4.** Hryb Y. V., Kunchyk T. M., Voityshyna D. Y., Mykhalchuk M. A. Kontseptualni osnovy reabilitatsii vodnykh ob'ektiv basynu r. Prypiat ta Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2016. Vyp. 1(73). S. 130–142. **5.** Polishchuk V., Bahniuk V., Yurov O. Do kontseptsii okhorony ta ekolohichnoi reabilitatsii basynu Dnipra. Oikumena. *Ukrainskyi ekolohichnyi visnyk*. 1992, № 1. S. 29–42. **6.** Streefer H., Wand E. Dhelps, Factors concerned in the phenomntnt of oxydation and reparation. *Bull, U,S, Publ, Health, Serw*, 1925. P. 146. **7.** Grib I. V. Analiz zamornyih yavleniy v malyih rekah Zapadnogo Polesya. *Gidrobiologicheskiiy jurnal*. 1972. № 2. T. 11. S. 42–48. **8.** Drachev S. M. Borba s zagryazneniem rek, ozer i vodohranilisch promyishlennymi i bytovymi stokami. M. : Nauka, 1964. 272 s. **9.** Budz M. D. Osobennosti formirovaniya stoka na osushaemyih zemlyah zapadnoy chasti Ukrainskogo Polesya. *Problemy meliorativnoy geografii Pripyatskogo Polesya*. Leningrad, 1987. S. 22–27.

Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Pryshchepa A. M., Doctor Agricultural Sciences, Professor, Trotsiuk V. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Petruk A. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Voityshyna D. Y., Applicant (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

SOLID WASTE AND OXYGEN REGIME OF ADDITIONAL RIVER NETWORK OF RESERVOIRS. RECOVERY OF HYDROECOSYSTEMS

One of the problems of the formation of the ecological regime of reservoirs is the solid runoff of deposits from tributaries due to surface runoff and channel erosion. Together with the color, the solid runoff forms the turbidity and transparency of water, which are crucial in the processes of photosynthesis and the formation of the forage base of ichthyofauna. The second problem is the formation of the oxygen regime, which depends largely on the mass of organic impurities (dissolved organic matter), the oxidation of suspensions and bottom sediments and the respiration of fish. Each of the components consumes up to 30% of the weight of oxygen dissolved in

water. If in the summer the formation of the oxygen regime is preceded by the processes of photosynthesis and oxidation, consumption of dissolved oxygen by phytomass VVR due to dark respiration, then in the winter subglacial period will be preceded by the consumption of dissolved oxygen.

The productivity of the aquatic environment determines the stability of the ecosystem, which is formed by the ratio of the number of stressful situations of biotic and abiotic origin to the number of intermediate ecotones. Possessing the laws of biota life formation in the aquatic environment, it is possible to control the state of the hydroecosystem and fish productivity at the level of the biome (generalized aquatic ecosystem).

The productivity of the aquatic environment determines the stability of the ecosystem as the ratio of the number of stressful situations to the number of lateral ecotones. Possessing the laws of formation of biota life in the aquatic environment, it is possible to control the state of ecosystems, their fish productivity at the level of the current situation in the generalized ecosystem.

Keywords: suspensions; solid runoff; hunting pocket; transparency; photic layer; oxygen regime of aquatic ecosystems; ichthyofaunal; successions of hydrobionts.

Гриб И. В., д.б.н., профессор, Прищеп А. Н., д.с.-х.н., профессор,
Троцюк В. С., к.с.-х.н., доцент, Петрук А. М., к.с.-х.н., доцент,
Войтышына Д. И., соискатель (Национальный университет водного
хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ТВЕРДЫЙ СТОК И КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ ПРИДАТОЧНОЙ РЕЧНОЙ СЕТИ РУСЛОВЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИДРОЭКОСИСТЕМ

Одной из проблем формирования экологического режима водоемов является твердый сток взвесей из притоков за счет поверхностного стока и русловой эрозии. Вместе с цветностью твердый сток формирует мутность и прозрачность воды, которые имеют определяющее значение в процессах фотосинтеза и формирования кормовой базы ихтиофауны. Второй проблемой является формирование кислородного режима, который зависит во многом от массы органических примесей (растворенные органические вещества),

окисления взвесей и донных отложений и дыхания рыб. Каждая из составляющих потребляет до 30% массы растворенного в воде кислорода. Если в летний период в формировании кислородного режима предшествуют процессы фотосинтеза и окисления, потребление растворенного кислорода фитомассой ВВР за счет темнового дыхания, то в зимний подледный период преобладают процессы потребления депонированного растворенного кислорода.

Производительность водной среды определяет устойчивость экосистемы, которая формируется по отношению численности стрессовых ситуаций биотического и абиотического происхождения к численности промежуточных экотонов. Обладая закономерностями формирования жизни биоты в водной среде можно управлять состоянием гидроэкосистемы и рыбопродуктивностью на уровне биомов (генерализованной водной экосистемы).

Производительность водной среды определяет устойчивость экосистемы как отношение численности стрессовых ситуаций к численности боковых экотонов. Обладая закономерностями формирования жизни биоты в водной среде возможно управление состоянием экосистем, их рыбопродуктивностью на уровне сложившейся ситуации в генерализованной экосистеме.

Ключевые слова: суспензии; твердый сток; ловчий карман; прозрачность; фотический слой; кислородный режим водных экосистем; ихтиофауна; сукцессии гидробионтов.
