

УДК 504.45:612.118:597.55

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-1>

**Ольга БЄДУНКОВА**

доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

**ORCID:** 0000-0003-4356-4124

**Олександр МОРОЗ**

старший викладач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

**Бібліографічний опис статті:** Бедункова, О., Мороз, О. (2021). Градація рівнів критичних навантажень на гідроекосистему малої річки за гомеостазом іхтіоценозу. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-1>

**ГРАДАЦІЯ РІВНІВ КРИТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ГІДРОЕКОСИСТЕМУ  
МАЛОЇ РІЧКИ ЗА ГОМЕОСТАЗОМ ІХТІОЦЕНОЗУ**

Внаслідок цілого ряду природних та антропогенних чинників мада річка Устя, що протікає по території Волинського полісся, має несприятливі умови самоочищення, що особливо гостро проявляється на урбанізованих ділянках водотоку. Проведення оцінки якості води за коефіцієнтом забруднення (КНД) виявило переважно їх другий клас якості та характеризувало як води «слабко забруднені» впродовж 2010-2019 рр. За методикою по відповідним категоріям, було отримано нижчі характеристики якості води, зокрема, у 2019 р.: створ № 1 – води «чисті», створ № 2 – «брудні», створ № 3 – «забруднені». Представлені в статті результати наводять вперше проведену для річки Устя оцінку стабільності розвитку іхтіоценозу за рівнями ядерних порушень еритроцитів периферійної крові риб та рівнями флюктууючої асиметрії. Встановлена поліноміальна апроксимація результатів досліджень доводить і про вплив якості водного середовища на формування цитогенетичного гомеостазу, в першу чергу, для таких видів риб як плітка (0,94), верховодка (0,73), окунь (0,74) та лящ (0,72). Для краснопірки ця залежність мала достовірність апроксимації 0,52. Для карася залежність взагалі не підтвердилась (0,18). Функціональний зв'язок між рівнями ФА іхтіоценозу та частотою ядерних порушень описувався статистично значимою достовірністю апроксимації – 0,82. Встановлений функціональний зв'язок морфометричного та цитогенетичного гомеостазу риб на ділянках з різною якістю водного середовища. Запропоновано локалізувати шкалу інтегральної оцінки «критичних навантажень» на гідроекосистему: до  $3,4 \pm 0,22\%$  – високий рівень цитогенетичного гомеостазу, що свідчить про мінімальне навантаження гідроекосистеми та відповідає «оліготоксичності» середовища; від  $3,4 \pm 0,22\%$  до  $5,7 \pm 0,25\%$  – середній рівень цитогенетичного гомеостазу, помірний рівень навантаження гідроекосистеми, «мезотоксичність»; понад  $5,7 \pm 0,25\%$  – низький рівень цитогенетичного гомеостазу, критичне навантаження гідроекосистеми, «політоксичність».

**Ключові слова:** гідроекосистема, іхтіоценоз, меристичні ознаки, ядерні порушення, гомеостаз.

**Olha BIEDUNKOVA**

Doctor of Biology, Associate Professor, Professor at the Department of Ecology, Environmental Technology and Forestry, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028

**ORCID:** 0000-0003-4356-4124

**Oleksandr MOROZ**

Assistant Professor at the Department of Ecology, Environmental Technology and Forestry, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028

**To cite this article:** Biedunkova, O. & Moroz, O. (2021). Hradatsiia rivniv krytychnykh navantazhen na hidroekosystemu maloi richky za homeostazom ikhtiotsenozu [Gradation of critical loads on the hydroecosystem of a small river according to ichthyocenosis homeostasis]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-1-1>

## GRADATION OF CRITICAL LOADS ON THE HYDROECOSYSTEM OF A SMALL RIVER ACCORDING TO ICHTHYOCENESIS HOMEOSTASIS

*Due to a number of natural and man-made factors, the small Ustya river, which flows through the territory of the Volyn Polesia, has unfavourable conditions of self-purification. This is particularly acute in the urban sections of the water-course. The assessment of water quality according to the pollution coefficient revealed mainly their second quality class and characterized as waters "slightly polluted" during 2010–2019. According to the methodology according to the relevant categories, these water quality characteristics were obtained, in particular in 2019: point 1 – waters "clean", point 2 – "dirty", point 3 – "polluted". The results presented in the article give an assessment for the first time for the Ustya River of stability of development of ichthyocenosis in terms of levels of nuclear disorders of peripheral blood of fish and levels of fluctuating asymmetry. A polynomial approximation of the results of research has been established which proves the influence of the quality of the aqueous medium on the formation of cytogenetic homeostasis, primarily for fish species such as rafts (0.94), apex (0.73), perch (0.74) and bream (0.72). For the red perch, this dependence had an approximation of 0.52. For the penalty, the dependence was not confirmed at all (0.18). The functional relationship between the FA levels of ichthyocenosis and the frequency of nuclear violations was described by a statistically significant approximation of 0.82. A functional connection between morphometric and cytogenetic fish homeostasis has been established on sites with different aquatic medium quality. A localized scale of integral evaluation of "critical loads" on hydroecosystem is proposed: up to 3.4 0.22 – high level of cytogenetic homeostasis, which indicates a minimum load on the hydroecosystem and corresponds to the "oligotoxicity" of the medium; from 3.4 0.22 to 5.7 0.25 – mean level of cytogenetic homeostasis, moderate level of stress of hydroecosystem, "mesotoxicity"; more than 5.7 0.25 – low level of cytogenetic homeostasis, maximum load of hydroecosystem, "polytoxicity".*

**Key words:** hydroecosystem, ichthyocene, meristic signs, nuclear disturbances, homeostasis.

Враховуючи важливість питання раціонального обмеження антропогенних впливів на екосистеми, у світовій практиці широкого розвитку зазнала концепція «критичних навантажень», затверджена на робочій нараді ООН у 1988 р. [1]. Попри те, що величини «критичного навантаження» мають різні трактування в окремих дослідників, методологічний підхід до їх визначення зводиться до виявлення двох основних інтегральних складових у поведінці екосистеми: фактора антропогенного навантаження на навколишнє середовище та відгуку, що визначає функціональну стійкість, продуктивність та різноманіття біотичних елементів [2].

Зокрема, для гідроекосистем оцінка екологічних критичних навантажень може зводиться до: 1) виявлення всіх несприятливих процесів у водному середовищі (як прямих так і опосередкованих) та обґрунтування хімічних критеріїв якості води (комплексна факторизація впливу з урахуванням сумарної, синергетичної або антагоністичної дії всіх компонентів) [3]; 2) діагностика стану екосистеми та обґрунтування найбільш інформативних біологічних критеріїв, які об'єктивно відображують стан екосистеми (числових значень, що розмежовують «норму і патологію» та визначають поріг незворотних змін) [4]; 3) визначення критичних рівнів багатфакторного забруднення вод на підставі доза-ефектних залежностей між якістю водного середовища (за хімічними критеріями)

та станом організмів, популяцій та спільнот (за біологічними критеріями) [5].

Використання зазначених прийомів у комплексі створює експертний підхід, що вважається нам найбільш вдалим для діагностики порушень у гідроекосистемах. Проте, у його практичній реалізації, можна передбачити певні складнощі. По-перше, при з'ясуванні рівнів антропогенного навантаження повстають проблеми як з еталонними показниками так і з вимірюванням інтенсивності забруднення води. Це пов'язано з тим, що програма державного екологічного моніторингу останнім часом зазнала суттєвих скорочень, статистична звітність подекуди неповна та недостовірна, а можливості наукових установ обмежені необхідним технічним оснащенням. Крім того, традиційні методики оцінок якості поверхневих вод не дозволяють адекватно відображувати комплексний фактор антропогенного впливу з урахуванням сумарної, синергетичної або антагоністичної взаємодії всіх компонентів [3].

По-друге, існує загроза некоректного вибору критеріїв «відгуку» біологічних компонентів гідроекосистем, які мають позитивно корелювати з кліматичними умовами, ландшафтним різноманіттям та географічним розташуванням конкретного регіону досліджень. До того ж, гомеостатичні показники біоти можуть змінюватись або коливатись в рамках адаптаційних можливостей організму. Адже, як відомо, для більшості видів реакція на будь-який антропогенний вплив (якщо він,

звичайно, не носить катастрофічний характер) принципово не відрізняється від напрацьованих у процесі еволюції реакцій на коливання змін середовища [2].

Метою наших досліджень був пошук інформативних та доступних засобів оцінки критичних навантажень на гідроекосистеми малих річок Волинського Полісся, які внаслідок цілого ряду природних та антропогенних чинників мають несприятливі умови самоочищення. Основним завданням було з'ясування відгуку іхтіоценозу на різні рівні антропогенного впливу, шляхом аналізу морфометричного та цитогенетичного гомеостазу різних видів риб.

Контрольні облови риби проводили в період літньо-осінньої межени 2014 р.

Морфометричний гомеостаз, який відображує стабільність розвитку риб та дозволяє отримати уявлення про умови, в яких перебував організм на ранніх стадіях онтогенезу, оцінювали за показником флуктуючої асиметрії (ФА) [6]. В якості показника асиметрії для міжпопуляційного порівняння використовували середню частоту асиметричного прояву (ЧАП) на ознаку, яку розраховували як відношення числа ознак, що виявляють асиметрію, до загального числа врахованих ознак. Оцінку відхилення стабільності розвитку від умовно нормального стану проводили по шкалі згаданої методики (табл. 1).

Таблиця 1

**Шкала для оцінки відхилень стану риб від умов норми [6]**

Бал	Значення показника стабільності розвитку ЧАП	Якість середовища
1	< 0,30	– умовно нормальне
2	0,3 – 0,34	– початкові (незначні) відхилення від норми
3	0,35 – 0,39	– середній рівень відхилень від норми
4	0,40 – 0,44	– суттєві (значні) відхилення від норми
5	0,45 та >	– критичний стан

Цитогенетичний гомеостаз, що є індикатором стресу та відображує сприятливість середовища на момент вилову риби, оцінювали за мікроядерним тестом еритроцитів периферійної крові риб. Фарбування мазків здійснювали відразу після їх доставки в лабораторію, за Романовським-Гімзою. Облік мікроядер проводили під мікро-

скопом зі збільшенням 10x100 з імерсією. При підрахунку клітин враховувались всі види мікроядер та ядерного матеріалу [7]. Аналізували від 1000 до 2500 клітин від кожної особини. Результати підрахунків виражали в проміле (‰). Результати досліджень по кожному виду риб наводили у вигляді усереднених даних із зазначенням середньоквадратичної похибки та оцінкою статистичної значимості за t-критерієм Стюдента [8].

Контрольні облови риби проводили на малій річці Устя, долина якої розташована в нижній частині Волинського Полісся, в межах Рівненського лесового плато, у створах з різним рівнем антропогенного навантаження: створ № 1 – поблизу с. Івачків, верхів'я річки (природний фон) – відстань від гирла 65 км; створ № 2 – в межах міста Рівне (вплив скиду стічних вод) – відстань від гирла 25-27 км; створ № 3 – в межах смт. Оржів (контрольний пункт) – 0,7 км від гирла.

Розподіл асиметрії білатеральних ознак особин (симетричність відносно нуля) визначали у вибірках риб з віковими категоріями від одnorічок до чотирирічок, які виявились найбільш масовими та зустрічались в уловах по всіх створам дослідної гідроекосистеми (табл. 2).

Таблиця 2

**Кількість проаналізованих особин іхтіоценозу у створах р. Устя**

Вид риб	Чисельність вибірки, екз.		
	№ 1	№ 2	№ 3
плітка <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	24	26	32
верховодка <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	27	27	25
краснопірка <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	25	35	31
карась сріблястий <i>Carassius auratus gibelio</i> (Linnaeus, 1758)	26	38	28
лящ <i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	23	23	22
окунь звичайний <i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	21	32	24

Флуктуючу асиметрію оцінювали для 9 білатеральних меристичних ознак [9]: кількість променів у грудних (P) і черевних (V) плавцях; кількість зябрових тичинок на першій зябровій дузі (sp.br.); кількість пелюсток у зябровій перетинці (f.br.); кількість лусок у бічній лінії (jj); кількість лусок із сенсорними каналцями (jj.sk); кількість рядів лусок над (squ.I) і під

(*squ.2*) бічною лінією; кількість лусок збоку хвостового плавця (*squ.pl*) (рис. 1).

З рисунку 1 легко помітити, що в усіх створах для більшості проаналізованих видів риб, найвищі рівні ФА були характерні для таких ознак як кількість зябрових пелюсток у першій зябровій дузі (*sp.br.*), кількість променів у грудних плавцях (*P*), а також кількість лусок у бічній лінії (*jj*). В середньому, для іхтіоценозу річки ряд спадання ФА за ознаками був наступним:

– створ № 1:  $sp.br. > P > f.br. > V = jj > jj_{sk} > Squ_1 > Squ_2 > Squ_{pl}$ ;

– створ № 2:  $sp.br. > jj > jj_{sk} > P > V > Squ_1 > Squ_{pl} > Squ_2 > f.br.$ ;

– створ № 3:  $sp.br. > f.br. = P > jj > jj_{sk} > V > Squ_1 > Squ_2 > Squ_{pl}$ .

Статистично значимим ( $P \leq 0,05$ ) виявились результати промірів плітки, верховодки, краснопірки, окуня та ляща; для карася асиметрія відносно контрольних значень ( $P \leq 0,01$ ) для більшості ознак не була статистично значимою.

Морфогенетичну стабільність іхтіоценозу та якість водного середовища оцінювали за частотою асиметричного прояву (ЧАП) кожного

виду риб із наступним усередненням значень по дослідним створам (табл. 3) (поза дужками – значення показника стабільності розвитку ЧАП; у дужках – бал якості середовища [6]).

Так, в середньому для всіх видів риб у контрольному створі №1 значення ЧАП характеризувало якість водного середовища як «початкові (незначні) зміни» – II бали. У створі №2 як «суттєві (значні) відхилення від норми» – IV бали. У створі №3 як «середній рівень відхилень від норми» – III бали. Відзначимо, що у контрольних створах №2 та №3 такі види риб як плітка і верховодка, а також лящ у створі № 2 мали значення ЧАП в межах V балів. Припускаємо, що саме ці види риб виявляють найбільшу чутливість та показовість за рівнями флуктуючої асиметрії.

В середньому для річки показник ЧАП становив 0,37, що характеризувало якість водного середовища як «середній рівень відхилень від норми» – III бали.

Середній рівень ядерних порушень проаналізованих видів риб у створі № 1 становив  $2,98 \pm 0,18\%$  (рис. 2).

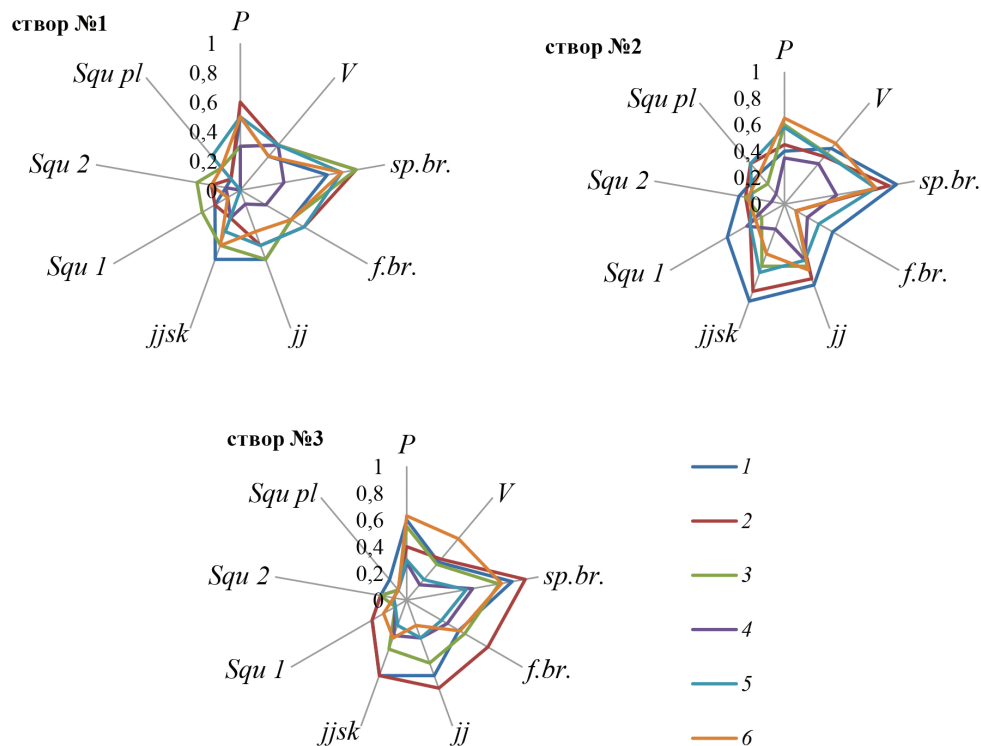


Рис. 1. Флуктуюча асиметрія білатеральних меристичних ознак іхтіоценозу р. Устя: 1 – плітка; 2 – верховодка; 3 – краснопірка; 4 – карась сріблястий; 5 – лящ; 6 – окунь звичайний



Найвища середня частота ядерних порушень у створі № 1 була характерною для окуня ( $4,25 \pm 0,48\%$ ), далі йшли плітка ( $3,99 \pm 0,56\%$ ), краснопірка ( $3,58 \pm 0,32\%$ ), верховодка ( $2,45 \pm 0,41\%$ ), лящ ( $2,18 \pm 0,23\%$ ) та карась ( $1,61 \pm 0,26\%$ ). Максимальні частоти ядерних порушень в еритроцитах периферійної крові були характерні для таких видів як окунь та плітка ( $7,0\%$ ).

У створі № 2 середній рівень ядерних порушень проаналізованих видів риб становив  $4,7 \pm 0,28\%$  (рис. 3).

Найвища середня частота ядерних порушень у створі № 2 була характерною для плітки ( $6,92 \pm 0,89\%$ ), далі йшли окунь ( $5,63 \pm 0,62\%$ ), краснопірка ( $3,98 \pm 0,46\%$ ), верховодка ( $5,52 \pm 0,45\%$ ), лящ ( $4,83 \pm 0,37\%$ ) та карась ( $1,4 \pm 0,19\%$ ). Максимальні частоти ядерних

порушень в еритроцитах периферійної крові були характерні для плітки ( $12\%$ ).

У створі № 3 середній рівень ядерних порушень проаналізованих видів риб становив  $3,44 \pm 0,23\%$  (рис. 4).

Найвища середня частота ядерних порушень у створі №3 була характерною для плітки ( $5,96 \pm 0,29\%$ ), далі йшли верховодка ( $4,93 \pm 0,55\%$ ), окунь ( $4,18 \pm 0,44\%$ ), краснопірка ( $3,01 \pm 0,26\%$ ), лящ ( $1,57 \pm 0,22\%$ ) та карась ( $1,45 \pm 0,18\%$ ). Максимальні частоти ядерних порушень в еритроцитах периферійної крові були характерні для плітки ( $7,3\%$ ).

Функціональний зв'язок між рівнями ФА іхтіоценозу та частотою ядерних порушень периферійної крові риб дозволив виявити метод простого регресійного аналізу. Так, в якості змінної (y) приймалися значення ЧАП

Таблиця 3

Результати оцінки відхилень іхтіоценозу р. Устя від умов норми

№ створів	Вид риб						Середнє для створу
	плітка	верховодка	краснопірка	карась	лящ	окунь	
1	0,36(III)	0,38(III)	0,40(IV)	0,19(I)	0,34(II)	0,34(II)	0,34 (II)
2	0,53(V)	0,46(V)	0,40(IV)	0,28(I)	0,45(V)	0,42(IV)	0,42 (IV)
3	0,46(V)	0,48(V)	0,38(III)	0,24(I)	0,23(I)	0,37(III)	0,36 (III)

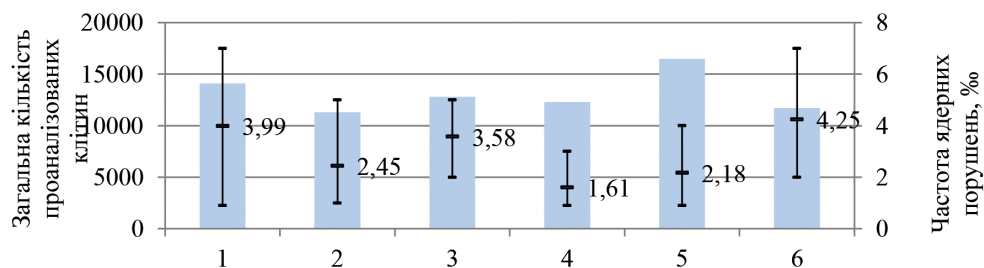


Рис. 2. Частоти ядерних порушень різних видів риб р. Устя, в створі № 1: 1 – плітка, 2 – верховодка, 3 – краснопірка, 4 – карась, 5 – лящ, 6 – окунь

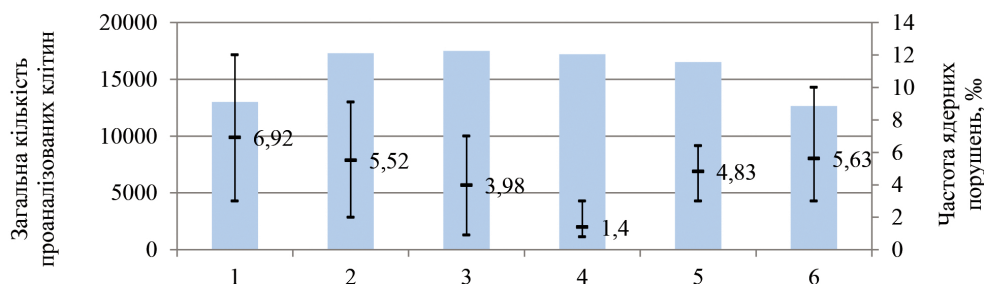
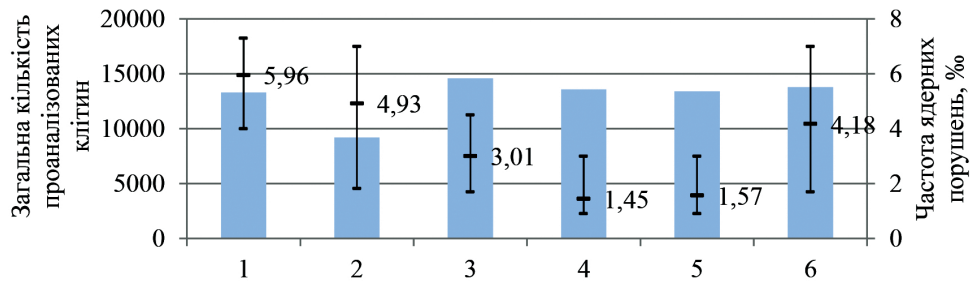


Рис. 3. Частоти ядерних порушень різних видів риб р. Устя в створі № 2: 1 – плітка, 2 – верховодка, 3 – краснопірка, 4 – карась, 5 – лящ, 6 – окунь



**Рис. 4. Частоти ядерних порушень різних видів риб р. Устя в створі №3: 1 – плітка, 2 – верховодка, 3 – краснопірка, 4 – карась, 5 – лящ, 6 – окунь.**

окремих видів риб; в якості змінної ( $x$ ) – відповідні частоти ядерних порушень у всіх контрольних створах. Поліноміальна трендова модель описувалась рівнянням  $y=0,003x^3-0,047x^2+0,241x-0,024$  із статистично значимою ( $P \leq 0,05$ ) достовірністю апроксимації  $R^2=0,82$ .

Застосування регресійного аналізу, дозволило також виявити найбільш чутливі види риб до ефектів комбінованого забруднення дослідної гідроекосистеми, які оцінювались за інтегральним індексом якості поверхневих вод, згідно методики [10] (рис. 5).

Так, встановлена поліноміальна апроксимація результатів наших досліджень доводить вплив якості водного середовища на формування цитогенетичного гомеостазу, в першу чергу, для таких видів риб як плітка ( $R^2=0,94$ ), верховодка ( $R^2=0,73$ ), окунь ( $R^2=0,74$ ) та лящ ( $R^2=0,72$ ). Для краснопірки ця залежність мала достовірність апроксимації  $R^2=0,52$ . Для карася залежність взагалі не підтвердилась ( $R^2=0,18$ ).

Зіставлення отриманих значень виявляє, що першому балу якості водного середовища за величиною ЧАП відповідали рівні ФА меристичних ознак карася у всіх трьох створах та ляща у створі №3. Відповідно, частота їх ядерних порушень становила 1,61; 1,4; 1,45 та 1,57%. Середня частота ядерних порушень для вибірок з рівнями ФА в межах I-го балу становила  $1,51 \pm 0,10\%$ .

Другому балу якості водного середовища за величиною ЧАП відповідали рівні ФА ляща та окуня в першому контрольному створі, з частотою ядерних порушень, відповідно 2,18 та 4,25%. Середня частота ядерних порушень для вибірок з рівнями ФА в межах II-го балу була на рівні  $3,02 \pm 0,31\%$ .

Третьому балу відповідали рівні ФА плітки і верховодки в першому створі, а також крас-

нопірки та окуня у третьому створі, відповідно 3,99; 2,45; 3,01; 4,18%, із загальним середнім значенням  $3,44 \pm 0,22\%$ .

Четвертому балу відповідали рівні ФА краснопірки в межах першого та другого створу, а також окуня в межах другого створу, відповідно 3,58; 3,98 та 5,63%, із загальним середнім значенням  $4,33 \pm 0,29\%$ .

П'ятому балу відповідали рівні ФА плітки і верховодки у другому та третьому створі, а також ляща у другому створі, відповідно, 6,92; 5,96; 5,52; 4,93 та 4,83%. Загальне середнє значення склало  $5,70 \pm 0,25\%$ .

Отже, за даними нашого дослідження, високий рівень цитогенетичного гомеостазу іхтіоценозу р. Устя діагностується до III балу за ЧАП меристичних ознак і відповідає середній величині  $3,44 \pm 0,22\%$ . В межах IV та V балів спостерігається незначне перевищення рівнів спонтанних мутацій (від  $4,33 \pm 0,29\%$  до  $5,7 \pm 0,25\%$ ), що може розглядатись як середній рівень цитогенетичного гомеостазу. Зважаючи, що за класифікацією [Зах] V бал характеризує якість середовища як «критичний стан», припускаємо, що перевищення цих значень є ознакою низького цитогенетичного гомеостазу для іхтіоценозу р. Устя.

На підставі вище наведеного, а також спираючись на критерії якості поверхневих вод за використаними методиками, нами було розроблено локалізовану шкалу впливу комбінованих ефектів забруднення водного середовища на рівень цитогенетичного гомеостазу риб, яка може розглядатись в якості інтегральної оцінки «критичних навантажень» дослідної гідроекосистеми (рис.6).

Зауважимо, що хоча частота ядерних порушень іхтіоценозу і залежить від якості водного середовища, проте має певні особливості

у різних видів риб, що говорить про необхідність діагностувати стан гідроекосистеми за цитогенетичним гомеостазом кількох видів, чутливість яких доведена для конкретних місцевих умов. Так, в умовах дослідної водойми, можуть бути використані такі види риб як плітка, верховодка,

краснопірка, окунь та лящ. Для оцінки критичних навантажень на гідроекосистему пропонуються наступні критерії середньої частоти ядерних порушень іхтіоценозу:

– до  $3,4 \pm 0,22\%$  – високий рівень цитогенетичного гомеостазу, мінімальне навантаження

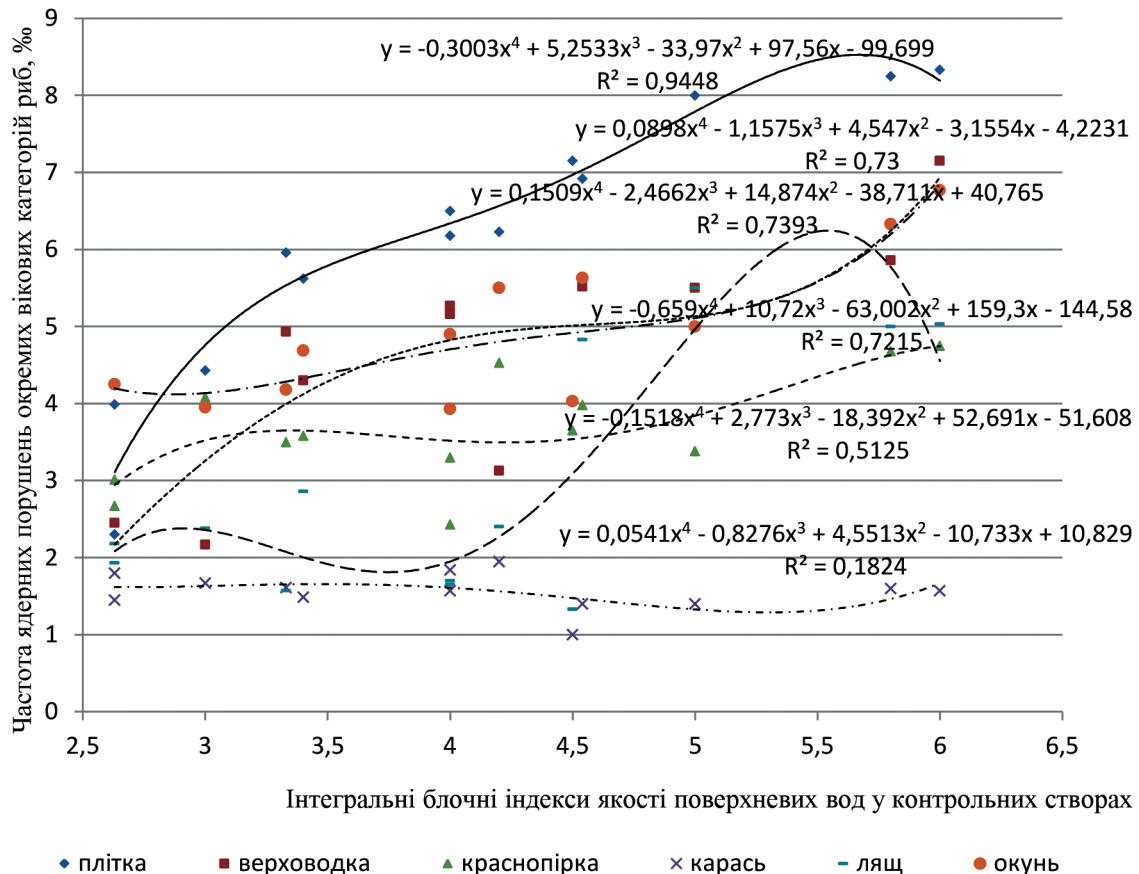


Рис. 5. Поліноміальні трендові залежності частоти ядерних порушень риб від інтегральних блочних індексів якості поверхневих вод р. Устя



Рис. 6. Локалізована шкала інтегральної оцінки «критичних навантажень» на гідроекосистему р. Устя за цитогенетичним гомеостазом іхтіоценозу

гідроекосистеми, що відповідає «оліготоксичності» середовища;

– від  $3,4 \pm 0,22\%$  до  $5,7 \pm 0,25\%$  – середній рівень цитогенетичного гомеостазу, помірний рівень навантаження гідроекосистеми, «мезотоксичність»;

– понад  $5,7 \pm 0,25\%$  – низький рівень цитогенетичного гомеостазу, критичне навантаження гідроекосистеми, «політоксичність».

Підсумовуючи наведені результати досліджень, слід зазначити, що запропонований підхід до оцінки критичних навантажень на гідроекосистеми є перспективним, але потребує подальшого доопрацювання і вдосконалення для визначення більш деталізованих критеріїв рівня цитогенетичного гомеостазу риб у водоймах Волинського Полісся на фоні регіональних гідрогеохімічних умов.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Critical loads for sulphur and nitrogen (Report from a Workshop held at Stokholster, Sweden, March 19-24, 1988) / Miljo rapport, 1988 – Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 1988. Vol. 15.
2. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
3. Красовский Г.Н., Егорова Н.А. Гигиенические и экологические критерии вредности в области охраны водных объектов. *Гигиена и санитария* 2000. № 6. С. 14–16.
4. Моисеенко Т.И. Экоотоксикологический подход к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Севера. *Экология*. 1998. № 6. С. 452–461.
5. Смагин А.И. Экология водоемов зоны техногенной радиационной аномалии на Южном Урале : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Пермь – 2008, 52 с.
6. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К. Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России. Центр здоровья среды. Москва, 2000. 320 с.
7. Льюис С.М. Практическая и лабораторная гематология / С.М. Льюис, Б. Бэйн, И. Бэйтс Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. 672 с.
8. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. Справ. издание. Москва : Финансы и статистика, 1985. 487 с.
9. Шерман І.М., Пилипенко Ю.В. Іхтіологічний російсько-український тлумачний словник. Київ : ВД «Альтернативи», 1999. 272 с.
10. Романенко В.Д. Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям / В.Д. Романенко, В.М. Жукинский, О. П. Оксенок [и др.]. Київ : СИМБОЛ-Т, 1998. 28 с.

#### REFERENCES:

1. Critical loads for sulphur and nitrogen (Report from a Workshop held at Stokholster, Sweden, March 19-24, 1988). Miljo rapport. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. 15.
2. Shitikov, V.K. (2003) *Kolichestvennaja gidrojekologija: metody sistemnoj identifikacii [Quantitative Hydroecology: Methods for Systemic Identification]* V.K. Shitikov, G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko (Eds.). Tol'jatti: IJeVB RAN [in Russian].
3. Krasovskij, G.N., Egorova, N.A. (2000). Gigienicheskie i jekologicheskie kriterii vrednosti v oblasti ohrany vodnyh ob#ektov. Hygienic and ecological criteria of harmfulness in the field of protection of water bodies. *Gigiena i sanitaria – Hygiene and sanitation* № 6. S. 14–16 [in Russian].
4. Moiseenko, T.I. (1998). Jekotoksikologicheskij podhod k normirovaniju antropogennyh nagruzok na vodoemy Severa [Ecotoxicological approach to the regulation of anthropogenic loads on the water bodies of the North]. *Jekologija – Ecology*, 6, 452–461 [in Russian].
5. Smagin, A.I. (2008) Jekologija vodoemov zony tehnogennoj radiacionnoj anomalii na Juzhnom Urale. [Ecology of water bodies in the zone of technogenic radiation anomaly in the Southern Urals] *Doctor's thesis*. Perm' [in Russian].
6. Zaharov, V.M., Chubinishvili, A.T., Dmitriev, S.G., Baranov, A.S., Borisov, V.I., Valeckij, A.V., Krysanov, E.Ju., Krjazheva, N.G., Pronin, A.V., Chistjakova, E.K. (2000). Zdorov'e sredy: praktika ocenki. Centr jekologicheskoy politiki Rossii. [Centr zdorov'ja sredy. Health of the Environment: Practice of Assessment. Center for Environmental Policy of Russia. Environmental Health Center]. Moscow [in Russian].
7. L'juis, S.M. (2009). Prakticheskaja i laboratornaja gematologija [Practical and laboratory hematology] S.M. L'juis, B. Bjejn, I. Bjejts (Eds.) Moscow: GJeOTAR-Media [in Russian].
8. Ajvazjan, S.A. et. al. (1985). Prikladnaja statistika: Issledovanie zavisimostej. Sprav. izdanie [Applied Statistics: Exploring Dependencies. Reference edition]. Moscow : Finansy i statistika [in Russian].



9. Sherman, I.M., Pylypenko, Yu.V. (1999) Ikhtiologichnyi rosiisko-ukrainskyi tlumachnyi slovnyk. Kyiv: VD "Alternatyvy" [in Ukrainian].

10. Romanenko, V.D. (1998) Metodyka ekolohycheskoi otsenky kachestva poverkhnostnykh vod po sootvetstvuiushchym katehoryiam [Methodology for environmental assessment of surface water quality in the relevant categories] V.D. Romanenko, V.M. Zhukynskyi, O.P. Oksyiuk (Eds.) Kyiv : SYMVOL-T [in Ukrainian].