

УДК 597.2/5 і 591.3:556.113.612.22

**О.М. ВОДЯНИЦЬКИЙ**, к. б. н., мол. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,  
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net  
ORCID 0000-0002-4912-689X

**О.С. ПОТРОХОВ**, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. відділу,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,  
e-mail: alport@bigmir.net  
ORCID 0000-0002-8274-6898

**О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ**, к. б. н., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

**Ю.М. ХУДІЯШ**, к. б. н., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,  
e-mail: yurahud@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8588-0371

**М.В. ПРИЧЕПА**, к. б. н., наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна  
ORCID 0000-0002-3114-2402

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ТА КИСНЕВОГО РЕЖИМІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЦИТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕМБРІОНІВ І ЛИЧИНОК РИБ

*Встановлено, що визначення кількості мікроядер у клітинах ембріонів і личинок різних видів риб є надзвичайно ефективним методом моніторингу впливу оточуючого середовища та визначення ступеня впливу екологічних чинників на риб. Виявлено деякі видові особливості кількості мікроядер у різних риб. Так, у коропових відмічено чітку закономірність збільшення їх кількості у клітинах у кожній наступній стадії розвитку ембріона. У досліджених окуневих риб цієї закономірності відмічено не було.*

*Ключові слова:* окунь, йорж, плітка, короп, рослиноїдні риби, мікроядра, стрес.

---

Ц и т у в а н н я: Водяницький О.М., Потрохов О.С., Зіньковський О.Г., Худіяш Ю.М., Причепка М.В. Вплив температурного та кисневого режимів водного середовища на цитологічні показники ембріонів і личинок риб. *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57. № 1. С. 70—79.

У сучасних дослідженнях для оцінки порушень цитогенетичного стану організмів у природних популяціях широко використовують частоту хромосомних порушень та їх наслідків (утворення мікроядер) [8, 24, 31]. У практичному плані аналіз цитогенетичного гомеостазу є важливим для проведення еколого-генетичного моніторингу, що включає оцінку можливих змін стану природних популяцій та виявлення наслідків різного роду антропогенного впливу. Застосування цитогенетичного підходу при вирішенні цих завдань вважається перспективним як для характеристики генотоксичності середовища, так і оцінки фізіологічного стану організму [4, 9, 15, 19, 32].

Через різні причини організм може опинитися у стресовому стані, що призводить до порушень стабільності його розвитку у межах екологічних оптимумів, які забезпечують реалізацію загальної програми формування фенотипічних ознак. За несприятливих умов у ембріональних клітинах порушуються процеси поділу, які можна простежити за мікроядерним тестом [21, 30].

Мікроядерне тестування — один з ефективних методів, який дозволяє визначити сумарну дію токсинів та інших чинників середовища на структуру хромосом та виявити генетичні зміни у конкретної особини. Хронічна дія несприятливих чинників на організм призводить до порушень цитогенетичної стабільності та накопичення хромосомних аномалій у клітинах організму. Великі мікроядра формуються при патологічних мітозах, що зумовлено відставанням окремих хромосом у метафазі і анафазі, тоді як дрібні мікроядра зустрічаються переважно при структурних аберациях хромосом [2, 14, 16, 20, 33]. У нормі більшість генетичних порушень репаруються. Наявність таких порушень є індикатором стресу, який веде до появи аномальних клітин та зниження імунного статусу організму [5, 22, 23, 26, 34].

Низкою авторів висунуто припущення, що немітотичне утворення мікроядер — це шлях утилізації дефектного хроматину [7, 12].

Ефектам циклічних змін температури, кількості кисню у воді та рН на різні аспекти життєдіяльності риб було присвячено багато робіт, у тому числі і в останні роки [3, 6, 18, 28, 29, 35], тоді як ефекти аритмічних змін температури досліджувалися рідко. Відомо, у природних і антропогенно-змінених водних системах організми можуть піддаватися швидким, іноді непередбачуваним коливанням температурного та кисневого режимів. Це відноситься і до організмів пелагіалі, де відбуваються щоденні добові вертикальні міграції, і до організмів літоралі, що характеризується значними добовими коливаннями температури [11, 13].

Мета роботи — визначити вплив температури і газового режиму на кількість мікроядер у клітинах ембріонів і личинок коропових і окуневих видів риб.

### **Матеріал і методика досліджень**

Дослідження проводили на базі Білоцерківської експериментальної гідробіологічної станції Інституту гідробіології НАН України впродовж ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2021. 57(1)

2013—2016 рр. Використовували ікру, ембріони та личинок окуня (*Perca fluviatilis* L.), йоржа (*Gymnocephalus cernuus* L.), плітки (*Rutilus rutilus* L.) і коропа (*Cyprinus carpio* L.). Оскільки відомо, що ембріональні стадії білого амура (*Stenopharyngodon idella* Val.) і білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) найбільш чутливі для вивчення дії абіотичних чинників водного середовища [29], для порівняння досліджували їх ікру, ембріони і личинок.

Було вибрано три водойми (ставки), які через особливості розташування і ступінь затінення відрізнялися за температурними умовами, а відтак і кисневим режимом. Температуру води вимірювали ртутним термометром о 4-00, 12-00 і 20-00 і по мірі проходження ембріональних стадій розвитку піддослідних риб. Розглядали сумарний вплив середньої температури під час інкубації. Вміст розчиненого кисню визначали о 4-00 методом Вінклера [17]. Всі дослідні водойми наповнювалися водою з р. Рось, яка характеризувалась наступними гідрохімічними показниками:  $O_2$  — 8,4—9,7 мг/дм<sup>3</sup>, рН — 8,3, твердість — 6,1 мг-екв/дм<sup>3</sup>,  $Ca^{2+}$  — 3,3 мг-екв/дм<sup>3</sup>,  $Mg^{2+}$  — 2,8 мг-екв/дм<sup>3</sup>,  $Cl^-$  — 0,85 мг-екв/дм<sup>3</sup>,  $NH_4^+$  — 0,277 мг N/дм<sup>3</sup>,  $NO_2^-$  — 0,006 мг N/дм<sup>3</sup>,  $NO_3^-$  — 0,080 мг N/дм<sup>3</sup>,  $PO_4^{3-}$  — 0,062 мг P/дм<sup>3</sup>, ПО — 8,0 мг O/дм<sup>3</sup>, БО — 18,48 мг O/дм<sup>3</sup>.

Дослідження проводили протягом квітня — травня, тобто під час нересту окуня, плітки, коропа та йоржа у природних водоймах, та протягом червня, коли відбувався нерест білого амура та білого товстолобика. Ікру всіх видів риб відбирали від трьох різних самок, запліднену ікру у трьох повторностях поміщали у сітчасті контейнери ( $S = 169 \text{ см}^2$ ), які розташовували у водоймі. Середня кількість ікринок в кожному контейнері становила 100—150 шт.

Для проведення цитогенетичного аналізу зразки ікри риб фіксували у двох змінах свіжоприготованої і охолодженої суміші етилового спирту і оцтової кислоти (3 : 1) по 30 хв. Об'єм суміші у 50—100 раз перевищував об'єм фіксованого матеріалу. Для аналізу з кожного зразка брали 10—15 ікринок. Механічна мацерація продовжувалася 5—10 хв, хімічна (у 45 %-вому розчині оцтової кислоти) — 40—50 хв. Повітряно-сухі препарати фарбували 50 %-вим розчином нітрату срібла у термостаті при 58—60 °C протягом 5—6 хв до отримання коричневого кольору, дофарбовували 2 %-вим розчином Гімза у фосфатному буфері (рН = 6,8) протягом 1 хв [1, 22].

Число ядерець підраховували у 500—700 клітин кожного зразка з використанням мікроскопа Carl Zeiss при збільшенні  $\times 1200$ , діаметр ядерець вимірювали окуляр-мікрометром у 100 клітин [10].

### Результати досліджень та їх обговорення

За різних умов середовища кількість мікроядер в усіх досліджених риб на ранніх стадіях ембріогенезу (дрібноклітинна морула, кінець гаструляції) не перевищувала межі норми (1—2). Це можна пояснити більшою стійкістю ікринки на ранніх стадіях розвитку до змін навколишнього середовища і недостатнім часом для прояву їх впливу. Однак на пізніх

стадіях ембріогенезу (очних бокалів, пігментації очей) та у личинок цей показник чітко реагував на зміни температури та насичення води киснем.

За оптимальних екологічних умов у клітинах ембріонів на пізніх стадіях розвитку та личинок коропа містилося переважно по два ядереця (до 89 % випадків), рідше по одному (табл. 1). Впродовж ембріонального розвитку за максимальної температури води (28—30 °С) і низького вмісту розчиненого кисню (3,8 мг/дм<sup>3</sup>) частка клітин з більшою кількістю мікроядер різко зростала (з трьома мікроядрами — до 68 %), при цьому діаметр ядерець зменшувався.

Так, при температурі 20 °С в ікрі коропа на стадії дрібноклітинної морули середня кількість мікроядер становила 1,35, у процесі розвитку вона поступово зростала — на закінчення гастрюляції на 9,6 %, очних бокалів — на 17,7 %, пігментації очей — на 29 % та у личинок — на 40 % порівняно з дрібноклітинною морулою.

Кількість мікроядер також зростала за дії підвищеної температури води. На стадії дрібноклітинної морули вона практично не змінювалася порівняно з меншими температурами, у той же час на стадії очних бокалів при 28 та 30 °С вона зростала на 35,4—37,9 %.

На підставі підрахунку кількості мікроядер в клітинах ембріонів і личинок коропа можна стверджувати, що цей показник адекватно характеризує негативні наслідки перевищення температурного оптимуму і, відповідно, зниження концентрації розчиненого кисню у воді. Порушення температурного режиму може негативно позначитися на ембріональному розвитку коропа і призвести до появи аномально розвинених ембріонів. Вживання ембріонів знижувалось на 6,7—19,3 % порівняно з контролем. Оптимальною температурою для ембріогенезу коропа за цим показником можна вважати 20—24 °С без значних коливань.

У рослиніодних далекосхідного комплексу (білого товстолобика та білого амура) протягом всього ембріогенезу у клітинах спостерігалась ве-

Таблиця 1

Кількість мікроядер у клітинах ембріонів коропа на різних стадіях розвитку,  $M \pm m$

Стадії розвитку	Температура води, °С					
	20	22	24	26	28	30
Дрібноклітинна морула	1,35±0,10	1,39±0,12	1,31±0,08	1,32±0,14	1,43±0,12	1,46±0,15
Закінчення гастрюляції	1,48±0,18	1,43±0,12	1,46±0,13	1,59±0,17	1,55±0,10	1,61±0,11
Очні бокали	1,59±0,13	1,62±0,11	1,61±0,18	1,68±0,08	2,22±0,21	2,18±0,24
Пігментація очей	1,74±0,11	1,87±0,21	1,82±0,14	2,12±0,10	2,21±0,12	2,25±0,15
Личинки	1,89±0,15	1,92±0,14	1,78±0,18	2,01±0,11	2,28±0,14	2,56±0,16

лика кількість ядерць. На ранніх стадіях розвитку (дрібноклітинна морула, кінець гастрюляції) переважали клітини (до 93 %) з двома — чотирма ядерцями, на пізніх етапах (очних бокалів та перед вилупленням) і у личинок їх кількість становила чотири — шість (до 84 % клітин), також зустрічалися клітини, що містили сім — вісім ядерць (табл. 2).

На стадії дрібноклітинної морули при температурі води від 20 до 30 °С середня кількість ядерць у клітинах білого товстолобика становила 2,79—2,90, різниця між максимальним (при 30 °С) і мінімальним (при 26 °С) значеннями була невірогідною і становила менше 5 %. Таким чином у ембріонів білого товстолобика за перші 4—5 год їх розвитку у широкому діапазоні температур значних цитогенетичних змін не відбувалося. На наступних стадіях розвитку зародків кількість мікроядер вірогідно зростала зі збільшенням температури води. При перевищенні температурного оптимуму утворювалася більша кількість ядерць, при температурі 30 °С на стадії пігментації очей середнє значення досягало 4,98.

Слід відмітити, що на різних стадіях у межах однієї температури кількість ядерць варіювала у широкому діапазоні, зокрема при 30 °С на

Таблиця 2

**Кількість мікроядер у клітинах ембріонів білого товстолобика та білого амура на різних стадіях розвитку,  $M \pm m$**

Стадії розвитку	Температура води, °С					
	20	22	24	26	28	30
Білий товстолобик						
Дрібноклітинна морула	2,79±0,15	2,79±0,21	2,84±0,14	2,76±0,11	2,83±0,10	2,90±0,14
Закінчення гастрюляції	2,83±0,11	2,65±0,26	2,91±0,14	2,90±0,15	3,06±0,11	3,10±0,08
Очні бокали	3,76±0,14	3,69±0,13	3,85±0,17	3,78±0,11	3,95±0,15	3,85±0,17
Пігментація очей	3,95±0,12	4,02±0,16	3,89±0,10	3,98±0,14	4,10±0,09	4,15±0,15
Личинки	3,95±0,17	3,98±0,15	4,10±0,13	4,08±0,18	4,85±0,21	4,98±0,25
Білий амур						
Дрібноклітинна морула	2,84±0,14	2,84±0,16	2,71±0,10	2,67±0,07	2,64±0,15	2,71±0,16
Закінчення гастрюляції	2,79±0,14	2,87±0,18	2,92±0,12	2,90±0,15	2,84±0,09	2,89±0,14
Очні бокали	4,19±0,23	4,25±0,20	4,23±0,18	4,35±0,27	4,29±0,21	4,41±0,19
Пігментація очей	4,23±0,15	4,18±0,13	4,19±0,18	4,40±0,12	4,51±0,11	4,72±0,14
Личинки	4,18±0,11	4,24±0,16	4,32±0,14	4,39±0,12	4,68±0,14	4,79±0,13

стадії дрібноклітинної морули кількість ядерць становила 2,90, під час пігментації очей вона зросла на 43 %, а у личинок — на 71,7 %.

Крім того, при підвищенні температури води життєздатність ембріонів білого товстолобика знижувалась на 8,5—21,1 % порівняно з контролем. У найбільш прогрійтій водоймі частка аномальних зародків істотно зростала.

Таким чином, при підвищенні температури води понад 26—28 °С відбувались порушення мітотичного поділу клітин, які можуть призвести до аномального розвитку ембріонів. Значний вплив у цих процесах чинить і концентрація розчиненого кисню, яка знижується при зростанні температури. Оптимальною температурою для ембріонального та раннього постембріонального розвитку білого товстолобика можна вважати 24—26 °С при відсутності значних коливань протягом доби.

Аналогічні закономірності відмічені і у білого амура. Проте для цього виду оптимальний температурний діапазон був дещо ширшим — 24—28 °С. При 26 °С кількість мікроядер в ембріонах білого амура на стадії дрібноклітинної морули була мінімальною (2,64), а максимальною — при 30 °С на стадії личинки (4,79, тобто на 77 % більше). Також кількість ядерць різко зростала з переходом на наступну стадію ембріонального розвитку. При 20 °С від стадії дрібноклітинної морули до пігментації очей вона зростала на 49 %, при 22 °С — 47 %, 24 °С — 54,6 %, 26 °С — 65,9 %, 28 °С — 71,6 %, і при 30 °С — на 74,2 %.

Середня кількість мікроядер у 89 % клітин йоржа та окуня протягом всього ембріогенезу становила одне — два. У личинок кількість клітин з трьома або чотирма ядерцями також не перевищувала 11 % (табл. 3). Це

Таблиця 3

**Кількість мікроядер у клітинах ембріонів йоржа і окуня на різних стадіях розвитку,  $M \pm t$**

Стадії розвитку	Температура води, °С				
	10	12	14	16	18
<b>Йорж</b>					
Закінчення гастрюляції	—	1,55±0,12	1,61±0,08	1,59±0,14	1,71±0,17
Очні бокали	—	—	1,71±0,11	1,68±0,09	1,74±0,14
Пігментація очей	—	—	1,69±0,17	1,81±0,12	1,79±0,11
Личинки	—	—	1,74±0,14	1,72±0,13	1,75±0,16
<b>Окунь</b>					
Закінчення гастрюляції	1,59±0,12	1,64±0,17	1,78±0,11	1,69±0,15	—
Очні бокали	1,64±0,12	1,72±0,11	1,85±0,09	1,78±0,15	—
Пігментація очей	—	1,69±0,14	1,74±0,10	1,81±0,11	—
Личинки	—	1,74±0,13	1,84±0,11	1,85±0,12	—



можна пояснити тим, що під час проходження ембріогенезу і розвитку личинок у природних умовах різких перепадів температур води не відбувалось (10—16 °С для окуня та 12—18 °С для йоржа), а вміст розчиненого кисню завжди був значно вищий за нижню допустиму межу оптимуму для цих видів (6,5—11 мг/дм<sup>3</sup>), тобто ембріони та личинки не піддавались тривалому впливу стрес-чинників. Ймовірно, саме це й було причиною низької кількості пошкоджених хромосом, які у подальшому формували б мікроядра.

В ембріональних клітинах окуня та йоржа закономірності зростання кількості ядерець з переходом на наступну стадію, які характерні для коропа, білого товстолобика та білого амура не відмічені. Це пов'язано насамперед з раннім нерестом цих риб, коли зазвичай значних коливань температури води протягом доби не відбувається.

У окуня при 10 °С на стадії закінчення гастрюляції середня кількість мікроядерець становила 1,59, а максимум було відмічено при 14 і 16 °С відповідно на стадії очних бокалів та у личинках (див. табл. 3). На підставі результатів можна стверджувати, що найбільш оптимальною для ембріонального розвитку окуня є температура води в межах 10—12 °С.

Для ембріональних та ранніх постембріональних стадій розвитку йоржа оптимальним є весь досліджений діапазон температури (14—18 °С), адже чіткої закономірності зміни кількості ядерець у його клітинах за дії температурного чинника не встановлено, вона змінювалася в дуже вузьких межах.

Ранні стадії розвитку плітки характеризувалися наявністю двох — трьох мікроядер у клітині (до 94 %). У другій половині ембріогенезу та у личинок їх кількість зростала до чотирьох — п'яти (табл. 4).

Зміни кількості ядер подібні до таких, відмічених у інших коропових, — на кожній наступній стадії кількість ядерець збільшувалася, зокрема при 14 °С на стадії дрібноклітинної морули середня їх кількість у клітинах становила 2,2, на стадії закінчення гастрюляції — на 2,3 % більше, очних бокалів — на 6,8 %, пігментації очей — на 57,7 %, а у личинок — на 54,1 % ніж на першій дослідженій стадії.

Таблиця 4

Кількість мікроядер у клітинах ембріонів плітки на різних стадіях їх розвитку,  $M \pm m$

Стадії розвитку	Температура води, °С			
	14	16	18	20
Дрібноклітинна морула	2,20±0,17	2,28±0,12	2,27±0,14	2,41±0,16
Закінчення гастрюляції	2,25±0,11	2,35±0,14	2,41±0,16	2,54±0,12
Очні бокали	2,35±0,17	2,34±0,11	2,43±0,13	2,56±0,14
Пігментація очей	3,47±0,11	3,41±0,12	3,65±0,14	3,78±0,13
Личинки	3,39±0,12	3,54±0,13	3,74±0,9	3,78±0,11

## Висновки

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна стверджувати, що визначення кількості ядерця у клітинах ембріонів та личинок різних видів риби є ефективним методом моніторингу негативного впливу чинників навколишнього середовища на рибу. Цей показник швидко реагує на зміну умов, таких, як температура та вміст розчиненого кисню у воді. Саме за допомогою цього методу у поєднанні з біохімічними маркерами (вмісту білка, ліпідів, вуглеводів та активності ключових ферментів енергетичного обміну СДГ, ЛДГ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФ-ази та ін.) можна точно розрахувати безпечні рівні коливань екологічних чинників.

Також було встановлено деякі видові особливості зміни кількості ядерця у різних рибах. Так, у коропових рибах відмічено чітку закономірність збільшення кількості ядерця у клітинах з кожною наступною стадією розвитку ембріона. Для досліджуваних окуневих видів риби (окуня та йоржа) такої закономірності встановлено не було.

### Список використаних джерел

1. Архипчук В.В., Жукинський В.Н. Изменение количественных характеристик ядрышек в эмбриогенезе некоторых карповых рыб и в связи с разноразнообразием икры. *Рыб. хоз-во*. 1987. № 43. С. 18—24.
2. Архипчук В.В. Использование ядрышковых характеристик в биотестировании. *Цитология и генетика*. 1995. Т. 29, № 3. С. 6—11.
3. Вербицкий В.Б. Понятие экологического оптимума и его определение у пресноводных пойкилотермных животных. *Журн. общ. биол.* 2008. Т. 69, № 1. С. 44—56.
4. Захаров В.М. Оценка состояния биоразнообразия и здоровья среды. *Поволжский экол. журн.* 2014. № 1. С. 50—59.
5. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. Здоровье среды: методика оценки. М.: ЦЭПР, 2000. 65 с.
6. Зданович В.В., Пушкарь В.Я. Влияние частых периодических колебаний температуры на метаболизм рыб. *Вопр. ихтиологии*. 2001. Т. 41, № 3. С. 129—132.
7. Ильинских Н.Н., Новицкий В.В., Ванчугова Н.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. 272 с.
8. Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Некрасов В.Н. Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов. *Цитология и генетика*. 2001. Т. 22, № 1. С. 67—72.
9. Ильинских Н.Н., Ксенц А.С., Ильинских В.Н. Микроядерный анализ в оценке цитогенетической нестабильности. Томск, 2011. 312 с.
10. Корниенко Г.Г., Бойко Н.Е., Бугаев Л.А. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. 105 с.
11. Константинов А.С., Зданович В.В., Шолохов А.М. Астатичность температурных условий как фактор оптимизации роста, энергетики и физиологического состояния молодой рыбы. *Вестн. Московск. ун-та. Сер. 16. Биол.* 1991. № 2. С. 38—44.
12. Кузина Т.В. Цитогенетические нарушения в эритроцитах промысловых видов рыб Волго-Каспийского канала. *Экокультура и фитобиотехнологии улучшения качества жизни на Каспии*: Мат. Междунар. конф. Астрахань, 2010. С. 300—303.
13. Малинин Л.К., Базаров М.И., Голованов В.К., Линник В.Д. Влияние температуры воды на диапазон суточных вертикальных миграций рыб. *Поведение и распределение рыб*. Докл. 2-го Всерос. совещ. «Поведение рыб». Борок, 1996. С. 103—118.



14. Межжерин С.В., Кокодий С.В. Поликлоновая структура европейских серебряных карасей *Carassius auratus* в водоемах Украины. *Доп. НАН України*. 2008. № 7. С. 162—169.
15. Пак И.В. Цитогенетический подход оценки стабильности развития природных популяций сиговых рыб. *Онтогенез*. 2004. Т. 35, № 1. С. 37—40.
16. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. Новосибирск, 2002. 270 с.
17. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос, 2006. С. 248—251.
18. Смирнова Н.В., Лозовская М.В. Влияние различных концентраций кислорода, диоксида углерода, аммиака на выживаемость осетровых рыб и пути ее повышения. *Современные проблемы науки и образования. Эл. науч. журн.* 2011. № 5.
19. Соболев М.А. Роль ядрышка в реакциях растительных клеток на действие физических факторов окружающей среды. *Цитология и генетика*. 2001. Т. 35, № 3. С. 72—84.
20. Хева С.Н., Щедрина Л.В., Степанов Р.П. К механизму образования микроядер в ФГА-стимулированных лимфоцитах периферической крови человека. *Цитология*. 1996. Т. 28. С. 227—231.
21. Ahmed S. A., Ibrahim Ahmed Harabawy Th.A. Sublethal toxicity of carbofuran pesticide on the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): Hematological, biochemical and cytogenetic response. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. 2014. Vol. 103. P. 61-67.
22. Alimba C.G., Saliu J., Ubani-Rex O.A. Cytogenotoxicity and histopathological assessment of Lekki Lagoon and Ogun River in *Synodontis clarias* (Linnaeus, 1758). *Toxicol. Environ. Chemistry*. 2015. Vol. 97, N 2. P. 221—234.
23. Arkhipchuk V.V., Garanko N.N. Using the nucleolar biomarker and the micronucleus test on in vivo fish fin cells. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. 2005. Vol. 112. P. 215—221.
24. Cavaş T., Ergene-Gözükara S. Micronucleus test in fish cells: a bioassay for in situ monitoring of genotoxic pollution in the marine environment. *Environ. Mol. Mutagen.* 2005. Vol. 46, № 1. P. 64—70.
25. Dahlhoff E.P. Biochemical indicators of stress and metabolism: applications for marine ecological studies. *Ann. Rev. Physiol.* 2004. Vol. 66. P. 183—207.
26. Gökalg Muranlı F.D., Güner U. Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes of mosquito fish (*Gambusia affinis*) following exposure to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin. *Gen. Toxicol. Environ. Mutagenesis*. 2011. Vol. 726. P. 104—108.
27. Howel W.M., Black D.A. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. *Experientia*. 1980. Vol. 36. P. 1014—1015.
28. Jun W., Ziheng L., Yafen C. The combined effect of temperature and pH on embryonic development of obscure puffer *Takifugu obscurus* and its ecological implications. *Biochem. System. Ecol.* 2015. Vol. 58. P. 1—6.
29. Korwin-Kossakowski I.M. The influence of temperature during the embryonic period on larval growth and development in carp, *Cyprinus carpio* L., and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). *Arch. Pol. Fisheries*. 2008. Vol. 16, N 3. P. 231—314.
30. Mersh J., Beauvais M.N., Nagel P. Induction of micronuclei in gametocytes and gill cells of zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, exposed to clastogens. *Mutation Res.* 1996. N 371. P. 47—55.
31. Sari-Minodier I., Bellon L., Ompili J. Cytogenetic monitoring of industrial radiographers using the micronucleus assay. *Ibid.* 2007. Vol. 629, N 2. P. 111—121.
32. Soorambail K.S., Bhagatsingh Harisingh S., D'Costa A., Ramesh Chandra C. The effect of gamma radiation on the common carp (*Cyprinus carpio*): in vivo genotoxicity assessment with the micronucleus and comet assays. *Mutat. Res. Gen. Toxicol. Environ. Mutagen.* 2015. Vol. 792. P. 19—25.

33. Talapatraa, S.N., Banerjee S.K. Detection of micronucleus and abnormal nucleus in erythrocytes from the gill and kidney of *Labeo bata* cultivated in sewage-fed fish farms. *Food and Chem. Toxicol.* 2007. Vol. 45, N 2. P. 210—215.

34. Utani K., Kohno Y., Okamoto A. Emergence of micronuclei and their effects on the fate of cells under replication stress. *PLoS ONE.* 2010. N 5. P 1—9.

35. Yoshiaki Y., Akihiro O., Noriyuki H. Effect of water temperature on embryonic development and hatching time of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture.* 2012. Vol. 17. P. 100—105.

Надійшла 23.09.2020

A.M. Vodianitskyi, PhD (Biol.), Junior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net  
ORCID 0000-0002-4912-689X

O.S. Potrokhov, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of Department,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: alport@bigmir.net  
ORCID 0000-0002-8274-6898

O.G. Zinkovskiy, PhD (Biol.), Senior Researcher, Leading Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine,

Y.M. Khudiyash, PhD (Biol.), Senior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: yurahud@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8588-0371

M.V. Prychepa, PhD (Biol.), Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine  
ORCID 0000-0002-3114-2402

#### INFLUENCE OF TEMPERATURE AND OXYGEN REGIMES OF AQUATIC ENVIRONMENT ON CYTOLOGICAL PARAMETERS OF EMBRYOS AND LARVAE OF FISH

It has been established that determining the number of nucleoli in the cells of embryos and larvae of different species of fish is an extremely effective method for monitoring the negative impact of the environment and determining the degree of influence of environmental factors on fish. Some specific features of the change in the magnitude of the indicator of the number of micronuclei in different species of fish are established. Thus, in carp fish, there was a clear pattern of an increase in the number of nucleoli in cells with each subsequent stage of embryo development, when the minimum value was fixed at the stage of small-cell morula, and the maximum was noted at the stage of eye pigmentation and in larvae. This pattern was not characteristic of the tested perch fish species, including perch and ruff.

**Keywords:** perch, ruff, roach, carp, herbivorous fish, micronuclei, stress.