ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

УДК504.45:597.2/.5

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.1>

РІВНІ ЯДЕРНИХ ПОРУШЕНЬ ЕРИТРОЦИТІВ КРОВІ РИБ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНОЇ РІЧКИ УСТЯ

*Бєдункова О.О. – д.б.н., доцент,
Клименко О.М. – д.с.-г.н., доцент,
Статник І.І. – к.с.-г.н., доцент,*

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, bedunkovaolga@gmail.com*

Ядерні порушення в еритроцитах периферійної крові риб відображують сприятливість водного середовища на момент вилову риби. Зокрема, в результаті дії стресових чинників що діють на організм риб, у їх периферійній крові з'являються еритроцити з мікроядрами. У даній статті наведено результати дослідження ядерних порушень еритроцитів периферійної крові найбільш масових видів риб малої річки Устя, що притокою першою порядку р. Горинь басейну р. Прип'ять. Контрольні облови проводились на ділянках річки з різним рівнем антропогенного навантаження. За результатами екологічної оцінки якості поверхневих вод, що була проведена за величинами 16 гідрохімічних показників (сольового, трофо-сапробіологічного та специфічного блоків) в межах першого створу (поблизу витоку), середнє значення блокових індексів становило 2,7 – ступінь чистоти за категорією «досить чиста». У третьому створі (поблизу гирла) середнє значення блокових індексів становило 4,4 – ступінь чистоти за категорією «слабко забруднена». Погіршення якості води до категорії «брудна» із середнім значенням блокових індексів 5,8 відмічалось лише в другому створі (в межах м. Рівне).

Серед шести проаналізованих видів риб найвища частота зустрічі ядерних порушень фіксувалась у плітки (від $3,99 \pm 0,56\%$ до $6,92 \pm 0,89\%$), найменша в карася (від $1,45 \pm 0,18\%$ до $1,61 \pm 0,26\%$). На ділянці річки, що зазнала найбільшої антропогенної трансформації середня частота ядерних порушень для верховодки зростала на 55,6%, плітки 42,3%, краснопірки 10,1%, окуня 24,5%, ляща на 54,9%. Ядерні порушення у старших вікових груп риб були вищі за рівні ядерних порушень однорічок, що свідчить про наявність стресових факторів у водному середовищі. Вплив якості води на формування ядерних порушень еритроцитів периферійної крові описувався поліноміальною залежністю, яка виявилась суттєвою для таких видів риб як плітка ($R^2=0,94$), верховодка ($R^2=0,73$), окунь ($R^2=0,74$) та лящ ($R^2=0,72$).

За результатами досліджень зроблено заключення про існуючий вплив екологічного стану поверхневих вод на формування ядерних порушень представників їхтіофауни, за виключенням карася сріблястого. Для діагностики стану дослідної гідроекосистеми рекомендовано використовувати такі види риб як плітка, верховодка, краснопірка, окунь та лящ.

Ключові слова: еритроцити, мікроядра, риби, гідроекосистема, водне середовище, якість.

Одним із чутливих індикаторів реакції риб на внутрішньоводоймні процеси вважаються показники їх цитогенетичного гомеостазу, оскільки вони можуть проявлятися ще до появи змін середовища, які фіксуються стандартними методами. Зокрема, ядерні порушення в еритроцитах периферійної крові риб відображують сприятливість водного середовища на момент вилову риби [1, 2].

У природних умовах найбільш зручним виявляється мікроядерний тест у клітинах периферійної крові риб, який виявляє амітоз еритроцитів – один з патоморфологічних станів клітин красної крові, в результаті чого еритроцити стають двоядерними або утворюють одне чи кілька мікроядер [3]. Поява таких клітинних порушень відмічається в морських та прісноводних риб як під дією кумулятивного токсикозу [4] так і у випадку токсичного стресу [5].

Вивчення експериментальних робіт, які досліджували морфологію крові риб свідчить, що при аналізі рівнів їх цитогенетичного гомеостазу необхідно враховувати не лише кількісні, а й структурні порушення ядерного апарату периферійної крові [6–8]. Доведено, що внаслідок компенсації стресових процесів, які відбуваються в організмі, з'являються еритроцити з мікроядрами. При цьому, причиною стресу може бути і функціональне перевантаження риб при раптових змінах лімітуючих факторів середовища [9] і голодування [10], і кумулятивний токсикоз [11–13].

Порушення еритроцитів у вигляді несформованого ядерного матеріалу також вказує на розвиток дегенеративних процесів у організмі риб, що обумовлені різними факторами, в тому числі й появою токсикозів [5]. Випадки появи еритроцитів з двома ядрами деколи розглядаються не як цитологічні порушення в периферійній крові, а як зростання інтенсивності еритропоезу [14]. Однак, подібне пояснення виявляється справедливим лише для молодих особин з прискореним метаболізмом. Саме за рахунок збільшення кількості еритроцитів і забезпечується перенесення кисню при посиленні енергетичних затрат організму [5, 15]. У старших вікових груп риб двоядерні еритроцити носять неспецифічний характер і свідчать про наявність стресових факторів у природних водах [4, 6, 16].

Отже, структура морфологічних змін клітин крові, з огляду своєї інформативності, може вважатись об'єктивним критерієм оцінки забруднення та порушення якості водного середовища.

Метою наших досліджень було проведення мікроядерного тесту еритроцитів крові риб малої річки Устя на ділянках водотоку, що зазнають антропогенного впливу різної інтенсивності та з'ясування впливу гідрохімічних параметрів на формування цитогенетичного гомеостазу риб.

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 (рис. 1).

Рис. 1. Карта-схема басейну річки Устя та розміщення створів спостережень

Кількісні показники гідрохімічних параметрів якості поверхневих вод у контрольних створах були отримані згідно даних відділу аналітичного контролю Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області [17].

Якість поверхневих вод оцінювали за «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [18].

Цитогенетичний гомеостаз риб оцінювали за мікроядерним тестом еритроцитів периферійної крові. Фарбування мазків здійснювали відразу після їх доставки в лабораторію, за Романовським-Гімзою [15]. Облік мікроядер (MN) проводили під мікроскопом зі збільшенням 10x100 з імєрсією. При підрахунку клітин враховувались всі види MN [7]. Аналізували від 1000 до 1200 клітин у кожної особини.

Результати досліджень по кожному виду риб виражали у вигляді усе-реднених даних із зазначенням середньоквадратичної похибки [19]. Математичну обробку експериментальних даних проводили в межах програмного пакету Statistica 6.0, графічне представлення – MSWord.

Загальна вибірка різновікових груп риб, взятих для аналізу цитогенетичного гомеостазу налічувала 234 екз. (табл. 1).

Таблиця 1. Кількість проаналізованих особин найбільш масових видів риб у контрольних створах р. Устя, екз.

Вік риб № створу	Вид риб																	
	Верховодка			Плітка			Краснопірка			Окунь			Карась			Лящ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1+	4	4	2	3	4	4	3	4	3	3	2	2	3	3	3	4	2	2
2+	4	5	5	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4
3+	3	4	2	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	5	4	4	4
4+	-	4	-	3	2	2	3	4	3	-	3	3	2	3	2	4	2	3

Так, у створі № 1 найвищі значення середніх частот ядерних порушень ($4,25 \pm 0,48\%$) були характерні для окуня (рис. 2). Дещо нижчими вони виявились у плітки ($3,99 \pm 0,56\%$) та краснопірки ($3,58 \pm 0,32\%$). Ще нижчими були середні частоти ядерних порушень верховодки ($2,45 \pm 0,41\%$) та ляща ($2,18 \pm 0,23\%$). В еритроцитах карася ядерні порушення фіксувались на рівні $1,61 \pm 0,26\%$.

Середні частоти ядерних порушень еритроцитів риб, що були виловлені в створі №2 (рис. 3), виявились найвищими в плітки ($6,92 \pm 0,89\%$). Порушення верховодки та окуня на даній ділянці річки були практично на одному рівні та дещо меншими порівняно з пліткою, відповідно $5,52 \pm 0,45\%$ та $5,63 \pm 0,62\%$. Середня частота ядерних порушень ляща ($4,83 \pm 0,37\%$) та краснопірки ($3,98 \pm 0,46\%$) була на верхній межі фізіологічної норми для риб. Найнижчі рівні ядерних порушень були зафіксовані в карася ($1,4 \pm 0,19\%$).

Рис. 2. Частоти ядерних порушень еритроцитів риб у створі № 1 – р. Устя (с. Івачків, поблизу витоку)

Рис. 3. Частоти ядерних порушень еритроцитів риб у створі № 2 – р. Устя (м. Рівне, 0,3 км нижче скиду з о/с РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал»)

У створі № 3 (рис. 4) найбільш помітними виявились ядерні порушення еритроцитів периферійної крові плітки ($5,96 \pm 0,29\%$).

Ядерні порушення верховодки фіксувались тут на рівні $4,93 \pm 0,55\%$. В окуня та краснопірки частоти ядерних порушень становили відповідно $4,18 \pm 0,44\%$ та $3,01 \pm 0,26\%$. Найнижчою виявилась частота ядерних порушень в карася та ляща, відповідно $1,45 \pm 0,18\%$ та $1,57 \pm 0,22\%$.

Рис. 4. Частоти ядерних порушень еритроцитів риб у створі № 3 – р. Устя (в межах смт Оржів Рівненського р-ну, 0,7 км вище гирла)

Порівняння отриманих уявлень про цитогенетичний гомеостаз риб р. Устя у створах з різним рівнем антропогенного навантаження дозволяє відзначити, що у створі № 2, який зазнає впливу стічних вод м. Рівне, частота ядерних порушень досліджуваних видів риб відчутно зростала, порівняно зі створом № 1 (близько витоку річки). Зокрема, для верховодки

середня частота ядерних порушень зросла на 55,6%, для плітки на 42,3%, для краснопірки на 10,1%, для окуня на 24,5%, для ляща на 54,9%. Виключення в цьому випадку становив карась, для якого відмічене зниження середньої частоти ядерних порушень у створі № 2, порівняно зі створом № 1 на 15,0%. Щоправда, обидва значення знаходились близько нижньої межі фізіологічної норми спонтанного мутагенезу риб, тому їх порівняння не викликає підвищеної уваги.

У створі № 3 фіксувалось зниження середньої частоти ядерних порушень риб, порівняно з їх рівнями у створі № 2. Зокрема, для верховодки зменшення порушень становило 12,0%, для плітки 16,1%, для краснопірки 32,2%, для окуня 34,7%, для ляща 207,6%. Виключення знову становив карась, для якого середня частота ядерних порушень у створі № 3 зросла, порівняно зі створом № 2 на 3,4% при збереженні ознак фізіологічної норми.

Не зважаючи на деяке зниження середніх частот ядерних порушень у створі № 3 (сміт Оржів, поблизу гирла) після створу № 2, що зазнає впливу стічних вод м. Рівне, їх повернення до фонових значень (створ № 1 – поблизу витоку річки) відбулось не для всіх видів риб. Так, верховодка та плітка, виловлені поблизу гирла річки (створ № 3) мали прояви порушення цитогенетичного гомеостазу, порівняно із цими видами, що виловлювали поблизу витоку річки (створ № 1), де практично відсутні джерела антропогенного навантаження. Зокрема, в гирлі річки збільшення середніх частот ядерних порушень становило для верховодки 50,3%, для плітки 33,1%.

Отже, перевищення рівня спонтанного мутагенезу у створі № 1 було незначним лише для окуня; у створі № 2 було достатньо помітним вже для чотирьох видів: верховодка, плітка, окунь, лящ; у створі № 3 для трьох видів риб: верховодка, плітка та окунь.

Вікові групи риб, що були виловлені в межах контрольних створів р. Устя також мали певні відмінності цитогенетичних характеристик (рис. 5).

Аналіз представлених діаграм дозволяє відзначити, що ядерні порушення еритроцитів старших вікових груп риб були вищі за рівні ядерних порушень однорічок. Для особин верховодки вікової категорії 2+ перевищення становили 11,4%; особин віком 3+ перевищення становили 9,2%; віком 4+ перевищення становили 9,1%. Для плітки ці перевищення становили відповідно 16,0%, 11,7% та 11,9%. Для краснопірки 5,9%, 10,6% та 5,1%; для карася 12,4%, 12,4% та 10,4%; для ляща 4,9%, 5,6% та 10,4% відповідно.

У цілому, результати проведеного MN-тесту еритроцитів периферійної крові риб р. Устя свідчили про зниження частоти ядерних порушень риб у гирлі на 18,9% для краснопірки, на 1,7% для окуня, на 11,0% для карася та на 38,9% для ляща порівняно із витоком річки.

Рис. 5. Цитогенетичні характеристики різновікових груп риб у створах спостережень р. Устя

Можливо, в цьому проявлялась відмінність деяких гідрохімічних умов гідроекосистеми та відповідна чутливість різних видів риб до їх дії.

Таким чином, цитогенетичний аналіз риб р. Устя дозволяє констатувати нестабільні умови гідроекосистеми, що проявляються на рівні орга-

нізму. Припускаємо, що саме виявлене зростання природного мутагенного фону на ділянках, які зазнають антропогенного навантаження, і призводить до зниження видової та чисельної структури представників іхтіофауни річки [11, 13]. За результатами екологічної оцінки якості поверхневих вод, що була проведена за величинами 16 гідрохімічних показників (сольового, трофо-сапробіологічного та специфічного блоків) в межах першого створу (поблизу витоку), середнє значення блокових індексів становило 2,7 – ступінь чистоти за категорією «досить чиста». У третьому створі (поблизу гирла) середнє значення блокових індексів становило 4,4 – ступінь чистоти за категорією «слабко забруднена». Погіршення якості води до категорії «брудна» із середнім значенням блокових індексів 5,8 відмічалось лише в другому створі (в межах м. Рівне).

Встановлена поліноміальна апроксимація результатів наших досліджень (рис. 6) доводить вплив якості водного середовища на формування ядерних порушень еритроцитів периферійної крові, 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 ($R^2=0,18$).

Таким чином, наведені результати досліджень дозволяють стверджувати про існуючий вплив характеристик екологічного стану поверхневих вод на формування ядерних порушень еритроцитів периферійної крові представників іхтіофауни, за виключенням карася сріблястого.

Рис. 6. Поліноміальні трендові залежності частоти ядерних порушень риб від інтегральних блокових індексів якості поверхневих вод р. Устя

Одновременно, для решти видів риб величини, що математично підтверджують цю залежність відрізняються. Очевидно, що в разі проведення діагностики стану гідроекосистеми за цитогенетичним гомеостазом риб, доцільно використовувати їх різні види. При цьому, чутливість таких видів має бути доведена для конкретних місцевих умов. Так, в умовах дослідної гідроекосистеми – р. Устя, можуть бути використані такі види риб як плітка, верховодка, краснопірка, окунь та лящ.

УРОВНИ ЯДЕРНЫХ НАРУШЕНИЙ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ РЫБ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ РЕЧКИ УСТЬЯ

Бедункова А.А. – д.б.н., доцент,

Клименко А.Н. – д.с.-х.н., доцент,

Статник И.И. – к.с.-х.н.

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
bedunkovaolga@gmail.com*

Ядерные нарушения в эритроцитах периферической крови рыб отражают благоприятность водной среды на момент вылова рыбы. В частности, в результате действия на организм рыб стрессовых факторов, в их периферической крови появляются эритроциты с микроядрами. В данной статье приведены результаты исследования ядерных нарушений эритроцитов периферической крови наиболее массовых видов рыб малой реки Устье, являющейся притоком первого порядка р. Горынь бассейна р. Припять. Контрольные обловы проводились на участках реки с разным уровнем антропогенной нагрузки. По результатам экологической оценки качества поверхностных вод, проведенной относительно 16 гидрохимических показателей (солевого, трофо-сапробиологического и специфического блоков) в рамках первого створа (вблизи истока), среднее значение блочных индексов составило 2,7 – степень чистоты по категории «достаточно чистая». В третьем створе (вблизи устья) среднее значение блочных индексов составило 4,4 – степень чистоты по категории «слабо загрязненная». Ухудшение качества воды в категории «грязная» со средним значением блочных индексов 5,8 отмечалось лишь во втором створе (в пределах г. Ровно).

Среди шести проанализированных видов рыб самая высокая частота встречи ядерных нарушений фиксировалась у плотвы (от $3,99 \pm 0,56\%$ до $6,92 \pm 0,89\%$), наименьшая у карася (от $1,45 \pm 0,18\%$ до $1,61 \pm 0,26\%$). На участке реки, который подвергается наибольшей антропогенной трансформации, средняя частота ядерных нарушений для верховодки возросла на 55,6%, плотвы 42,3%, красноперки 10,1%, окуня 24,5%, леща на 54,9%. Ядерные нарушения у старших возрастных групп рыб были выше уровня ядерных нарушений однолеток, что свидетельствует о наличии стрессовых факторов в водной среде. Влияние качества воды на формирование ядерных нарушений эритроцитов периферической крови описывалось полиномиальной зависимостью, которая оказалась существенной для таких видов рыб как плотва ($R^2 = 0,94$), верховодка ($R^2 = 0,73$), окунь ($R^2 = 0,74$) и лещ ($R^2 = 0,72$).

В результате исследований сделано заключение о существующем влиянии экологического состояния поверхностных вод на формирование ядерных наруше-

ний представителей ихтиофауны, исключая карася серебристого. Для диагностики состояния исследуемой гидроэкосистемы рекомендуется использовать такие виды рыб как плотва, верховодка, краснопёрка, окунь и лещ.

Ключевые слова: эритроциты, микроядра, рыбы, гидроэкосистема, водная среда, качество.

LEVELS OF NUCLEAR DISTURBANCES OF BLOOD ERYTHROCYTES OF FISHES ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED USTYA RIVER

Biedunkova O.O. – Dr. Biol. Sciences, Associate Professor

Klimenko O.N. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Statnik I.I. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

*National University of Water Management and Environmental Management,
bedunkovaolga@gmail.com*

Nuclear abnormalities in the erythrocytes of the peripheral blood of fish reflect the favorable aquatic environment at the time of fishing. In particular, as a result of the action of stress factors on fish, red blood cells with micronuclei appear in their peripheral blood. In this article of the study the results of nuclear disorders of peripheral blood red blood cells of the most common fish species of the Ustye small river, which is a tributary of the first order p. Groyn river basin Pripyat. Control fishing was carried out on river sections with different levels of anthropogenic load. According to the results of an environmental assessment of surface water quality, conducted with respect to 16 hydrochemical indicators (salt, trophic-saprobiological and specific blocks) within the first section (near the source), the average value of block indices was 2.7 – the degree of purity in the category of “fairly clean”. In the third section (near the mouth), the average value of the block indices was 4.4 – the degree of purity in the category of “slightly polluted”. Deterioration of water quality in the “dirty” category with an average value of block indices of 5.8 was observed only in the second section (within the city of Rivne).

Among the six species analyzed, the highest frequency of occurrence of nuclear violations was recorded in roach (from 3.99 ± 0.56 to $6.92 \pm 0.89\%$), the lowest in carp (from 1.45 ± 0.18 to $1.61 \pm 0.26\%$). In the section of the river, which succumbed to a significant anthropogenic transformation, the average frequency of nuclear disturbances for the bleak by 55.6%, roach by 42.3%, rudd 10.1%, perch 24.5%, bream by 54.9%. Nuclear disruption of older age groups of fish had higher levels of nuclear disruption than one-year olds, which indicates the presence of stress factors in the aquatic environment. The effect of water quality on the formation of nuclear disorders of peripheral blood erythrocytes is described by polynomial dependency, which turned out to be significant for such species of fish as roach ($R^2 = 0.94$), bleak ($R^2 = 0.73$), perch ($R^2 = 0.74$) and bream ($R^2 = 0.72$).

As a result of the research, a conclusion was drawn on the existing influence of the ecological state of surface waters on the formation of nuclear disturbances of the representatives of the ichthyofauna, excluding silver carp. To diagnose the state of the studied hydro ecosystem, it is recommended to use such types of fish as roach, high water, rudd, perch and bream.

Keywords: red blood cells, micronucleus, fish, hydroecosystem, aquatic environment, quality.

ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние загрязнения водной среды ионами Pb^{2+} , Cd^{2+} и сырой нефтью на накопление генетически индуцированных повреждений в эритроцитах рыб / М.М. Габибов [и др.]. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13, № 1 (5). С. 1068–1070.
2. Гончарук В.В., Верголяс М.Р., Веялкина Н.Н. Оценка генотоксического влияния тяжелых металлов на клетки рыб. *Вісник Вінницького державного аграрного університету*. 2008. Вип. 34, Т. 1. С. 171–176.
3. Грубинко В.В., Смольский А.С., Арсан О.М. Гемоглобин рыб при действии аммиака и солей тяжелых металлов. *Гидробиологический журнал*. 1995. Т. 31, № 3. С. 82–88.
4. Степанова В.М. Влияние экологических факторов различной природы на клеточное звено иммунной системы рыб: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.16. Борок, 2003. 126 с.
5. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. М.: Пищевая промышленность, 1983. 320 с.
6. Нагдалиев Ф.Ф., Котелевцев С.В. Изменения транспорта ионов и его гормональная регуляция в эритроцитах рыб при стрессе. *Вопросы ихтиологии*. 1966. Т. 36, № 1. С. 109–114.
7. Schmid W. The micronucleus test. *Mutat. Res.*, 1975. Vol. 31, no. 1, pp. 9–15.
8. Смагин А.И. Экология водоемов зоны техногенной радиационной аномалии на Южном Урале: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Пермь, 2008. 52 с.
9. Смагин А.И., Лугаськова Н.В., Меньших Т.Б. Цитогенетическое исследование рыб и зводоема-хранилища отходов ПО «МАЯК». *Проблемы радиозологии и пограничных дисциплин*. Екатеринбург, 2005. Вып. 7. С. 97–118.
10. Rocchetta, I., Lomovasky, B.J., Yusseppone, M.S., Sabatini, S.E., Bieczynski, F., RiosdeMolina, M.C., Luquet, C.M. 2014. Growth, abundance, morphometric and metabolic parameters of three populations of *Diplodonchilensis* subject to different levels of natural and anthropogenic organic matter input in a glacial lake of North Patagonia limnological. *Ecology and Management of Inland Waters*. 44, 72–80.
11. Моисеенко Т.И. Гематологические показатели рыб в оценке их токсикозов (на примере сига *Coregonus lavaretus*). *Вопросы ихтиологии*. 1998. № 3. С. 371–380.
12. Степанова В.М., Чуйко Г.М., Павлов Д.Ф. Морфологическая структура периферической крови мозамбикской тиляпии (*Oreochromis mossambicus*, Peters) при адаптации к хроническому действию токсических веществ. Тез. докл. VIII Всес.конф. по эколог. физиол. и биох. рыб. Петрозаводск, 1992. С. 114–115.
13. Ohe T., A. Paul, M. David Mutagenic characteristics of river waters flowing through large metropolitan areas in North America. *Mutation Research. Genetic*

- Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2003. Vol. 534, Issues 1–2. P. 101–112.
14. Крысанов Е.Ю. Анеуплодия и хромосомный мозаицизм у рыб (на примере представителей семейств *Cyprinodontidae* и *Synbranchidae*) : автореф. ... канд. биол. наук. Москва: Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.М. Северцова. 1987. 20 с.
 15. Льюис С.М., Бэйн Б., Бэйтс И. Практическая и лабораторная гематология. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 672 с.
 16. Филенко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. М.: Колос. 2007. 144 с.
 17. Рівненська область. Екологічний паспорт регіону за даними 2017 року. URL: www.pdfactory.com
 18. Романенко В.Д., Жукинский В.М., Окснюк О.П. Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям. К. : СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
 19. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. Справ.издание. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.

REFERENCES

1. Gabibov M.M. (2011). Vliyanie zagryazneniya vodnoj sredy ionami Pb^{2+} , Cd^{2+} i syroy nef't'yu na nakoplenie geneticheski inducirovannyh povrezhdenij v eritrocitah ryb. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, vol. 13, no. 1 (5), pp. 1068–1070. [in Russian].
2. Goncharuk V.V., Vergolyas M.R., Veyalkina N.N. (2008). Ocenka genotoksicheskogo vliyaniya tyazhelyh metallov na kletki ryb. *Visnik Vinnic'kogo derzhavnogo agrarnogo universitetu*, Issues 34, vol. 1, pp. 171–176. [in Russian].
3. Grubinko V.V., Smol'skij A.S., Arsan O.M. (1995). Gemoglobin ryb pri dejstvii ammiaka i solej tyazhelyh metallov. *Gidrobiologicheskij zhurnal*, vol. 31, no. 3, pp. 82–88. [in Russian].
4. Stepanova V.M. (2003). Vliyanie ekologicheskikh faktorov razlichnoj prirody na kletochnoe zveno immunnoj sistemy ryb : dissertaciya ... kandidata biologicheskikh nauk : 03.00.16. Borok. [in Russian].
5. Luk'yanenko V.I. (1983). *Obshchaya ihtiotoksikologiya*. [General Ichthyotoxicology]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'. [in Russian].
6. Nagdaliev F.F., Kotelevcev S.V. (1966). Izmeneniya transporta ionov i ego gormonal'naya regulyaciya v eritrocitah ryb pri stresse. *Voprosy ihtologii*, vol. 36, no. 1, pp. 109–114. [in Russian].
7. Shmid W. (1975). The micronucleus test. *Mutat. Res.* Vol. 31, no. 1. pp. 9–15.
8. Smagin A.I. (2008). Ekologiya vodoemov zony tekhnogennoj radiacionnoj anomalii na Yuzhnom Urale : avtoref. dis. ... dokt. biol. Nauk. Perm'. [in Russian].

9. Smagin A.I., Lugas'kova N.V., Men'shih T.B. (2005). Citogeneticheskoe issledovanie ryb iz vodoema-hranilishcha othodov PO «MAYAK». *Problemy radioekologii i pogranichnyh disciplin*. Ekaterinburg, Issues 7, pp. 97–118. [in Russian].
10. Rocchetta, I., Lomovasky, B.J., Yusseppone, M.S., Sabatini, S.E., Bieczynski, F., RíosdeMolina, M.C., Luquet, C.M. (2014). Growth, abundance, morphometric and metabolic parameters of three populations of *Diplodon chilensis* subject to different levels of natural and anthropogenic organic matter input in a glacial lake of North Patagonia. *Ecology and Management of Inland Waters*. 44. 72–80.
11. Moiseenko T.I. (1998). Gematologicheskie pokazateli ryb v ocenke ih toksikozov (na primere сига *Coregonus lavaretus*). *Voprosy ihtologii*, no.3, pp. 371–380. [in Russian].
12. Stepanova V.M., Chujko G.M., Pavlov D.F. (1992). Morfologicheskaya struktura perifericheskoy krovi mozambikskoj tilyapii (*Oreochromis mossambicus*, Peters) pri adaptacii k hronicheskomu dejstviyu toksicheskikh veshchestv. Tez. dokl. VIII Vses.konf. po ekolog. fiziol. i bioh. ryb. Petrozavodsk, pp. 114–115. [in Russian].
13. Ohe T., Paul A., David M. (2003). Mutagenic characteristics of river waters flowing through large metropolitan areas in North America. *Mutation Research. Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol. 534, Issues 1–2, pp. 101–112.
14. Krysanov E.Yu. (1987). Aneuplodiya i hromosomnyj mozaicizm u ryb (na primere predstavitelej semejstv Cyprinodontidae i Synbranchidae) : avtoref. ... kand. biolog. nauk. Moscow : In-t evolyucionnoj morfologii i ekologii zhivotnyh im. A.M. Severcova. [in Russian].
15. L'yuis S.M., Bejn B., Bejts I. (2009). *Prakticheskaya i laboratornaya gematologiya*. [Practical and laboratory hematology]. Moscow: GEOTAR-Media. [in Russian].
16. Filenko O.F., Miheeva I.V. (2007). *Osnovy vodnoj toksikologii* [Fundamentals of aquatic toxicology]. Moscow: Kolos. [in Russian].
17. Rivnenska oblast. *Ekolohichniy pasport rehionu za danymy 2017 roku*. [Rivne region. Ecological passport of the region according to 2017 data]. Retrieved from: www.pdfactory.com [in Ukrainian].
18. Romanenko V.D., Zhukinskij V.M., Oksiyuk O.P. (1998). *Metodika ekologicheskoy ocenki kachestva poverhnostnyh vod po sootvetstvuyushchim kategoriyam*. [Methodology of Environmental Assessment of Surface Water Quality by Relevant Categories]. Kyiv : SIMVOL–T. [in Russian].
19. Ajvazyan S.A., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. (1985). *Prikladnaya statistika: Issledovanie zavisimostej*. [Applied statistics. Dependency research]. Sprav. izdanie. Moscow: Finansy i statistika. [in Russian].