

ЕКОЛОГО-ГЕМАТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛІТКИ ЗВИЧАЙНОЇ (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

¹Шарамок Т.С., ¹Єсіпова Н.Б., ¹Федоненко О.В., ²Білецька О.В.

¹Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

²ТОВ «Карачунівське рибоводне господарство»

E-mail: sharamok@i.ua

Дослідження проводились у Запорізькому водосховищі (Україна) в період з 2014 по 2015 роки. Встановлено, що дворічки плітки (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) більш інтенсивно накопичують есенціальні елементи, ніж статевозрілі риби. У чотирирічних особин з різних за екологічним станом ділянок водосховища спостерігаються статистично значущі відмінності між вмістом деяких важких металів. У крові плітки, яка знаходилась в умовах забруднення, вірогідно знижується частка лімфоцитів та збільшується кількість фагоцитних клітин, зменшується відносна кількість зрілих еритроцитів і підвищується частка молодих баластних форм еритроцитів, суттєво збільшується кількість еритроцитів з патологічними відхиленнями; найменш чутливими до умов навколишнього середовища були цитометричні показники зрілих еритроцитів плітки різних вікових груп.

Ключові слова: плітка, важкі метали, гематологічні показники, Запорізьке водосховище.

ЭКОЛОГО-ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) ЗАПОРОЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

¹Шарамок Т.С., ¹Єсіпова Н.Б., ¹Федоненко О.В., ²Білецька О.В.

¹Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

²ООО «Карачунівське рибне господарство»

Исследования проводились в Запорожском водохранилище (Украина) в период с 2014 по 2015 годы. Установлено, что двухлетки плотвы (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) более интенсивно накапливают эссенциальные элементы по сравнению с половозрелыми рыбами. У четырехлетних особей из разных по экологическому состоянию участках водохранилища наблюдаются статистически значимые различия между содержанием некоторых тяжелых металлов. В крови плотвы, которая находилась в условиях загрязнения снижается доля лимфоцитов и увеличивается количество фагоцитарных клеток, уменьшается относительная доля зрелых эритроцитов и повышается доля молодых балластных форм эритроцитов, существенно увеличивается количество эритроцитов с патологическими изменениями; наименее чувствительными к условиям окружающей среды были цитометрические показатели зрелых эритроцитов разных возрастных групп.

Ключевые слова: плотва, тяжелые металлы, гематологические показатели, Запорожское водохранилище.

ECOLOGICAL AND HEMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMMON ROACH (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) IN THE ZAPOROZHYE RESERVOIR

¹Sharamok T.S., ¹Esipova N.B., ¹Fedonenko O.V., ²Biletska O.V.

¹Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine

²LLC “Karachunovskoe fish farm”

Citation:

Sharamok T.S., Esipova N.B., Fedonenko O.V., Biletska O.V. (2016). Ecological and hematological characteristics of Common Roach (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) in the Zaporozhye reservoir.

Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, 6 (2), 303–310.

Поступило в редакцию / Submitted: 19.05.2016

Принято к публикации / Accepted: 25.08.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201661>

© Sharamok, Esipova, Fedonenko, Biletska, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0. License

The research was conducted in Zaporozhye Reservoir (Ukraine) in the period from 2014 to 2015. Researches were taken in two parts of the reservoir, which differ in their ecological and hydrological conditions, are the main spawning areas and the most industrial mastered reservoirs. The water quality of Zaporozhye Reservoir lower areas (according to the containing of heavy metals) is largely relevant to carp fisheries regulations with the exception of copper, which exceeded MAC by 7 times. In the Samara Bay the copper content exceeded by 8 times, manganese – 1.7 times, plumbum – 1.5 and cadmium – 2 times comparing to the MAC. The aim of research was to identify the characteristics of heavy metal accumulation, to set cytometric, morphological and physiological characteristics of erythrocyte and leukocyte formula in different age groups of roach (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758). It was established that the content of heavy metals in fish did not exceed the MAC for fish as food. The 2-year roach accumulates essential elements more extensively than mature fish (4-year). The statistically significant differences between the content of some heavy metals were registered for fish specimens from different ecological parts of reservoirs.

A characteristic feature of blood cells taken from 2-year and 4-year roach of polluted Samara Bay reservoir was the reducing of the relative abundance of mature forms of red blood cells and probable increasing of immature normoblasts, especially basophilic normoblasts (up to 40–60%), which indicates the suppression of erythropoiesis processes in fish. A probable increase the various kinds of pathology (anisocytosis, hypochromia, cytolysis, destroying cell membranes, kariolisis, kariopiknoz etc.) in blood cells of roach from Samara Bay was revealed. The morphological-cytometric research of red blood cells showed no probable differences in fish from the two studied areas, except for nuclei areas of red blood cells, which increased in roach fingerlings from Samara Bay due to the increasing of nuclear mass by amitotic activation of cell division. According our results the probable increase of phagocytic cells – neutrophils and monocytes, and almost 30% decrease in the proportion of lymphocytes was revealed, which indicates relevant decrease in fish immune capacity. Thus, the deviation of hematological parameters of roach in the Zaporozhye Reservoir could be a reliable criterion for evaluating the impact of heavy metals on hydroecological system.

Keywords: roach, heavy metals, hematology, Zaporozhye Reservoir.

ВСТУП

При оцінці фізіологічного стану риб важливе місце займають гематологічні дослідження крові, яка є чутливим та інформативним індикатором стану захисних сил організму тварин. Кров швидко реагує на дію різних несприятливих факторів і може служити одним із ранніх показників порушення стану риб при забрудненні довкілля, в тому числі і важкими металами – пріоритетними токсикантами, що здатні акумулюватися в тканинах і органах живих організмів (Kumar et al., 2014; Fedonenko et al., 2016). Дослідження гематологічних показників риб дозволяє не тільки оцінювати і прогнозувати екологічні наслідки порушення якості водного середовища, а й розробляти методи оптимізації рибної продукції у водоймах (Курамшина та ін., 2015).

Багаточисельними дослідженнями показано, що в якості показника ступеню забрудненості водойм можливо використовувати цитометричні показники клітин червоної та білої крові (Velcheva et al., 2006; Минеев, 2012), а також лейкоцитарну формулу риб (Минеев и др., 2012; Шеина, 2014).

Накопичений матеріал дозволив виявити ряд закономірностей стосовно змін у цитометричних показниках еритроцитів периферійної крові різних видів риб під впливом важких металів (Шарамок та ін. 2015), гіпоксії (Парфенова и др., 2011; Єсіпова та ін., 2015), технологічних умов штучного вирощування (Серпунин, 2002) тощо. Встановлені співвідношення клітин еритроїдного та лейкоїдного ряду крові деяких видів риб за різних умов існування (V'azquez et al., 2007; Минеев и др., 2012; Gayatri et al., 2014).

Проте, лишається недостатньо вивченим зв'язок між екологічними параметрами середовища існування та показниками крові різновікових груп риб. До того ж, вивчення якісних та кількісних показників крові риб у природних водоймах України носить епізодичний характер, хоча знання діапазонів їх змін має діагностичну цінність при оцінках ступеню забруднення водного середовища.

Метою наших досліджень було виявити особливості накопичення важких металів, встановити цитометричні та морфо-фізіологічні особливості еритроцитів і лейкоцитарної формули у різновікових груп плітки (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) Запорізького водосховища.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось у Запорізькому водосховищі – водоймищі багатоцільового призначення загальною площею 420 км². Водосховище розташовано на південному сході України, на території аграрно-промислових зон та знаходиться під міцним антропогенним впливом. Згідно результатів багаторічних моніторингових досліджень в акваторії водосховища виявлені стійкі зони підвищеної концентрації важких металів, високої мінералізації та евтрофікації (Федоненко та ін., 2012).

Проби відбирали на двох ділянках водосховища, котрі відрізняються за еколого-гідрологічними умовами, і мають велике рибпромислове значення. Нижня ділянка (поблизу селища Військове, 48°22'30.75''N; 35°20'80.05E) водосховища характеризується задовільним водообміном, розташована в аграрній зоні та майже не відчуває на собі впливу промислових стоків. Самарська затока (48°53'40.21''N; 35°18'73.20E) характеризується слабкою проточністю та великою площею мілководь,

що призводить до «цвітіння» води та застійних явищ. На гідроекологічний режим затоки впливають високомінералізовані шахтні води, які містять зважені частки та важкі метали (рис. 1).

Об'єктами дослідження були молодь (дворічки) та статевозрілі (чотирирічки) особини плітки звичайної (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758). Матеріал для дослідження збирали за допомогою зябрових сіток під час проведення науково-дослідних ловів у літньо-осінній період протягом 2014-2015 років. Кров відбирали з хвостової вени. Морфологічні дослідження еритроцитів проводились на мазках крові, які фарбували за Романовським-Гімзою. Мазки крові досліджували при збільшенні об'єктиву 40^{\times} та 100^{\times} з використанням мікрофотозйомки цифровою камерою «Sciencelab T500 5.17 M». На препаратах проглядали 100 полів зору. При цьому визначали наступні показники: великий повздовжній (D) та малий поперечний (d) діаметри зрілих еритроцитів, площу еритроцита (S), площу ядра еритроцита (s), ядерно-цитоплазматичне співвідношення (s/S), відсоток зрілих еритроцитів (ЗЕ), відсоток незрілих еритроцитів (НЕ) та їх форм. Індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛ) визначали як співвідношення гранулоцитних (нейтрофіли) та агранулоцитних (лімфоцити і моноцити) форм. Заміри цитометричних показників еритроцитів проводили за допомогою програми ScienceLabView7.

Вміст важких металів у воді та тушках риб визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Концентрацію кадмію, свинцю, міді, цинку, заліза та марганцю в пробах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-М1.

Всього було досліджено 150 екземплярів риб різного віку, для цитометрії було використано 420 полів зору мазків крові.



Рис. 1. Схема Запорізького водосховища

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження показали, що якість води (за вмістом важких металів) в нижній ділянці Запорізького водосховища, в основному, відповідала рибогосподарським нормативам для коропових риб, за винятком вмісту міді, який перевищував ГДК у 7 разів. У воді Самарської затоки виявлено перевищення вмісту міді у 8 разів, марганцю – в 1,7; свинцю – в 1,5 і кадмію – в 2 рази порівняно з ГДК (Вода рибогосподарських підприємств..., 2006).

Встановлено, що концентрація всіх досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки вище порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища. Виявлено статистично значущі відмінності між вмістом марганцю та кадмію у двох районах водосховища, різниця становить: 65% і 80% відповідно ($p < 0,05$).

Проведений аналіз щодо вмісту важких металів в організмі плітки показав, що рівень їх концентрації не перевищували ГДК для риби як продукту харчування (Риба жива..., 2012) (рис. 2). У чотирирічних особин плітки звичайної, вилученої з різних ділянок водосховища, спостерігаються статистично значущі відмінності між вмістом деяких металів. Так, концентрація цинку менша у риб з нижньої ділянки водосховища на 63%, свинцю – на 50% та кадмію – на 33% порівняно з однолітковими особинами Самарської затоки ($p < 0,05$).

У нестатевозрілих риб з різних ділянок водосховища не виявлені вірогідні розбіжності вмісту важких металів. В організмі молоді риб активно акумулювалися есенціальні елементи – залізо, мідь, цинк та марганець. Вміст їх у дворічок плітки був вищим порівняно з чотирирічками на 48–53%; 49–50%; 34–62% та 55–56% відповідно ($p < 0,05$). Динаміка мікроелементів в онтогенезі риб пояснюється тісним взаємозв'язком між вмістом їх в основних компонентах екосистем, тобто біогеохімічним режимом водойм та складом їжі, інтенсивністю харчування і, як наслідок, посиленням процесів метаболізму (Сошников, 2010). Молодь плітки харчується водоростями, м'якою вищою водною рослинністю, зоопланктоном та дрібним зообентосом, а в харчовому раціоні старших вікових груп переважають молюски (Федоненко та ін., 2012).

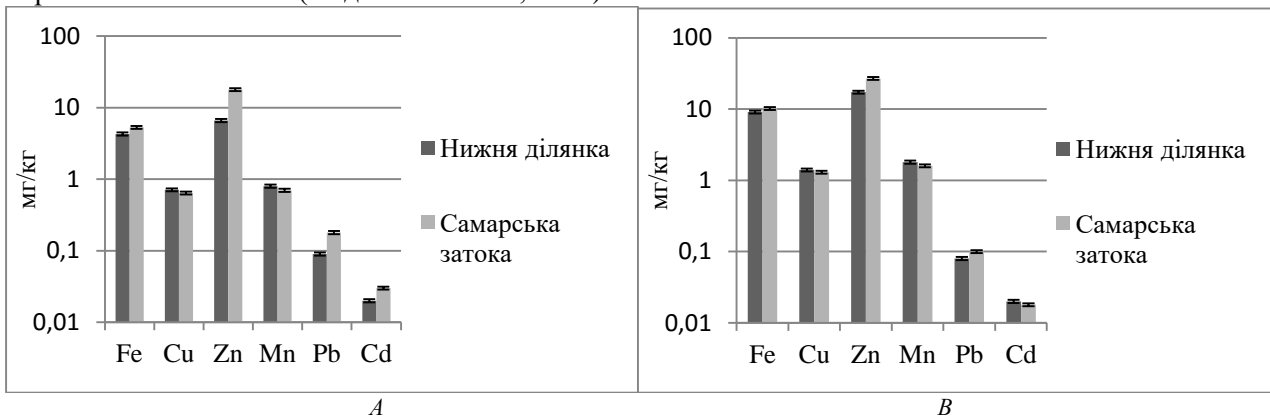


Рис. 2. Вміст важких металів в організмі плітки Запорізького водосховища: А – статевозрілі (чотирирічки); В – молодь (дворічки).

Дослідження цитометричних характеристик клітин червоної крові плітки з різних ділянок водосховища не виявили вірогідних розбіжностей у показниках (табл. 1).

Таблиця 1. Морфометричні показники еритроцитів периферійної крові молоді та статевозрілих особин плітки з різних за екологією ділянок Запорізького водосховища.

Показники	Дворічки плітки		Статевозрілі особини плітки	
	Нижня ділянка	Самарська затока	Нижня ділянка	Самарська затока
Діаметр еритроцита повздовжній, мкм	12,3±1,05	12,3±0,8	13,0±0,32	11,8±1,14
Діаметр еритроцита поперечний, мкм	8,1±0,64	8,5±0,71	8,0±0,3	7,9±1,15
Площа еритроцита, мкм ² (S)	79,5±6,38	82,4±4,90	81,8±3,08	75,2±9,07
Площа ядра еритроцита, мкм ² (s)	12,4±1,06*	15,9±0,69*	13,9±0,64	16,1±1,07
Ядерно-цитоплазматичне співвідношення (s/S)	0,16±0,027	0,19±0,02	0,18±0,006	0,22±0,056
Зрілі еритроцити, %	82,7±0,43	77,2±0,62	88,0±0,57*	76,6±0,35*
Молоді еритроцити:				
базофільні нормобласти, %	2,5±0,12*	4,2±0,36*	1,4±0,19*	3,6±0,81*
поліхроматофільні нормобласти, %	14,8±0,65*	18,6±0,37*	10,6±0,93*	19,8±1,5*
Патологія еритроцитів, %	8,2±0,44*	32,9±2,17*	6,2±0,12*	38,4±3,11*
Амітози, %	0,3±0,04*	1,1±0,06*	0,7±0,05*	2,6±0,08*
Мікроядра, %	0,2±0,03*	0,7±0,04*	0,8±0,03*	1,7±0,05*

* $p < 0,05$.

Повздовжній і поперечний діаметри еритроцитів та їх площа суттєво не відрізнялись у молоді та статевозрілих особин плітки з нижньої ділянки та Самарської затоки. Лише у молоді, що мешкала в екологічно несприятливій зоні, площа ядер еритроцитів була вище на 22 % ($p < 0,05$) порівняно з рибами умовно чистої зони водосховища.

Аналогічна залежність у показниках площі ядер спостерігалась і у старших вікових груп плітки, але різниця не досягала рівня вірогідності і становила 13 % ($p > 0,05$).

Ядерно-цитоплазматичне співвідношення у молоді та статевозрілих особин, які мешкали в умовах забрудненого водного середовища, мало тенденцію до збільшення, хоча різниця в показниках не була вірогідною.

Відомо, що накопичення ядерної маси звичайно пов'язано з початком амітотичного поділу клітин. Підтвердженням цьому було вірогідне збільшення амітозів серед еритроцитів молоді та дорослих риб Самарської затоки (майже на 70 %, $p < 0,05$).

В умовах забрудненого середовища спостерігалось зменшення відносної частки зрілих еритроцитів і збільшення молодих баластних форм еритроцитів. Ця залежність була характерна як для молоді, так і для статевозрілих особин плітки. У дволіток плітки, що мешкали в Самарській затоці, відносна кількість базофільних нормобластів (БН) зростала на 40 %, поліхроматофільних нормобластів (ПН) – на 20 %. Зростання частки нормобластів різного ступеню зрілості добре помітно в мазках крові молоді плітки з різних ділянок водосховища (рис. 3).

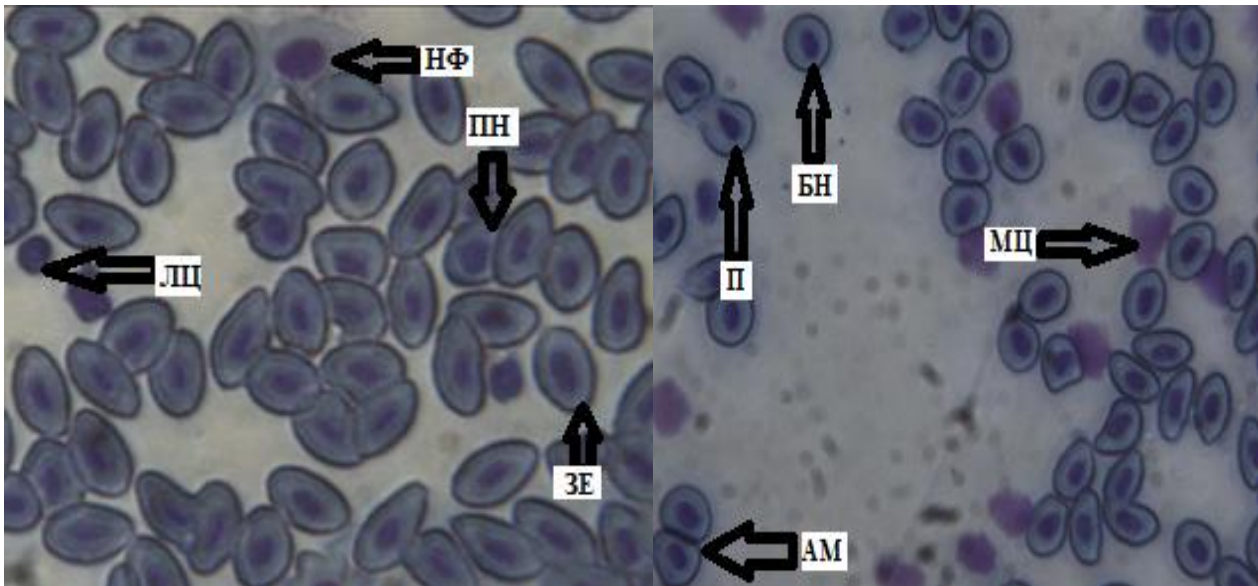


Рис. 3. Картина крові молоді плітки з нижньої ділянки Запорізького водосховища (зліва) та Самарської затоки (справа). Умовні позначки: ЗЕ – зрілі еритроцити, БН – базофільні нормобласти, ПН – поліхроматофільні нормобласти, ЛЦ – лімфоцити, НФ – нейтрофіли, МЦ – моноцити, П – патологія еритроцита, АМ – амітоз.

У статевозрілих особин плітки перерозподіл між зрілими та молодими формами еритроцитів проявлявся ще в більшій мірі: відносна кількість БН зростала на 60 %, ПН – на 47 %.

Відомо, що у риб синтез гемоглобіну в клітинах еритроїдного ряду починається зі стадії поліхроматофільного нормобласту (Іванова, 1983). Тобто зменшення частки зрілих еритроцитів і збільшення незрілих форм еритроцитів свідчить про пригнічення інтенсивності окислювально-відновних процесів в організмі риб під впливом антропогенного забруднення.

В крові риб, які мешкали в Самарській затоці, збільшувалась кількість еритроцитів з різними патологічними відхиленнями: зміна форми ядер еритроцитів, анізоцитоз, гіпохромія, цитоліз, руйнування клітинної оболонки, каріолізіс, каріопікноз (рис. 4).

У деяких мазках виявлені мікроядра в еритроцитах (тільки Жоллі). У плітки Самарської затоки таких клітин крові з патологією було майже в 4–6 разів більше, ніж у риб нижньої ділянки водосховища, що говорить про суттєві порушення еритропоезу.

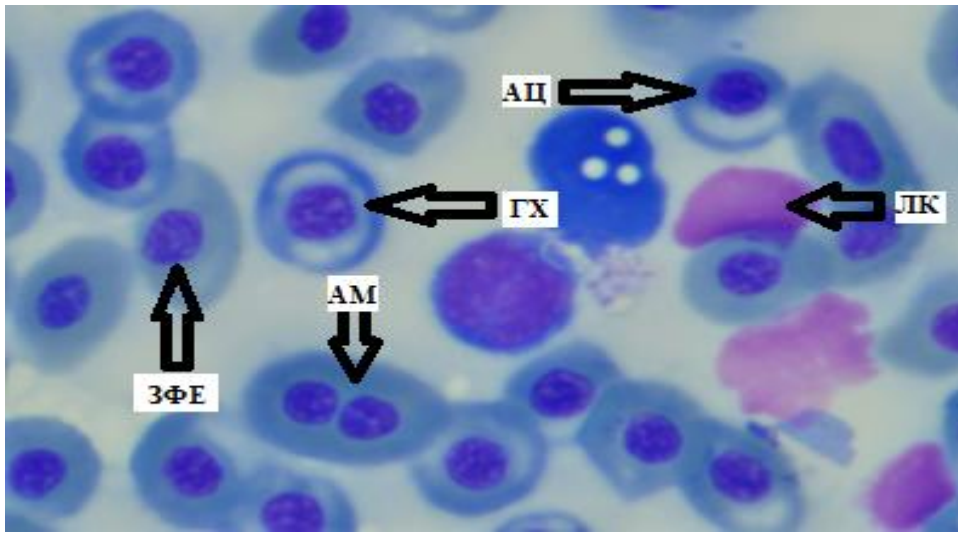


Рис. 4. Патологія формених елементів крові статевозрілої плітки із Самарської затоки: зміна форми ядер еритроцитів (ЗФЕ), анізоцитоз (АЦ), амітоз (АМ), гіпохромія (ГХ), лейколіз (ЛК).

При дослідженні клітин білої крові (лейкоцитів) була виявлена наступна закономірність: у крові плітки, яка знаходилась в умовах забруднення водного середовища, майже на 30 % знижувалась частка лімфоцитів (рис. 5).

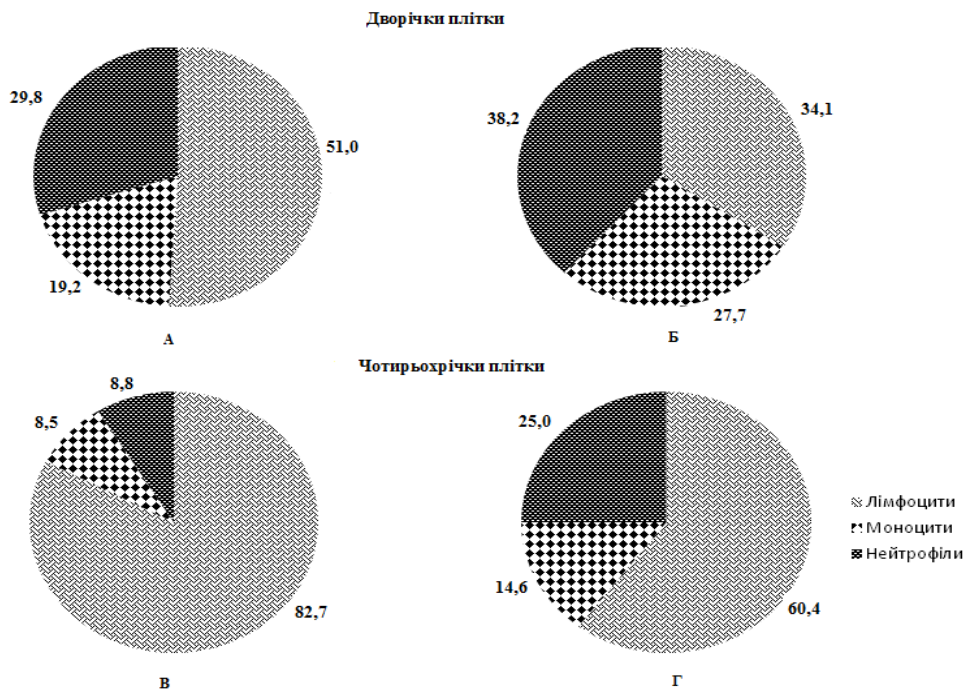


Рис. 5. Відносний вміст лейкоцитів периферійної крові плітки з різних ділянок Запорізького водосховища: А, В – нижня ділянка; Б, Г – Самарська затока.

Іншою характерною особливістю лейкоцитарної формули риб із забруднених акваторій було вірогідне збільшення фагоцитних клітин – нейтрофілів (НФ) та моноцитів (МЦ). У молоді плітки, що мешкала на ділянках з різним рівнем забруднення, різниця в даних показниках становила: НФ – 22 %, МЦ – 31 %; у дорослих особин – відповідно 65 % та 42 %. Аналогічні зміни в лейкоцитарній формулі молоді плітки при акумуляції ртуті відмічали також інші автори (Талкіна и др., 2004).

При порівнянні лейкоцитарної формули різновікових груп плітки помітне переважання частки лімфоцитів у статевозрілих особин (на 38 %). Навпаки, частка НФ і МЦ у дорослих риб у 2 – 3 рази нижче, ніж у риб молодшої вікової групи. Очевидно, що при досягненні статевої зрілості у риб зростає імунний потенціал за рахунок перерозподілу лейкоцитарних клітин у бік збільшення лімфоцитів.

Інформативним показником фізіологічного стану риб є індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛ). Зсув цього показника в ту чи іншу сторону від норми є ознакою захворювання або негативного впливу навколишнього середовища. За нашими розрахунками, ІЗЛ у молоді плітки в умовно чистій зоні (нижня частина водосховища) становив $0,42 \pm 0,03$; у статевозрілих риб – $0,1 \pm 0,02$. У забрудненій зоні (Самарська затока) ІЗЛ збільшувався в молоді на 32 %, у статевозрілих риб – на 70 %. Наші дані погоджуються з даними інших авторів, які відмічають зростання ІЗЛ у плітки Саратовського водосховища, яке характеризується надмірним забрудненням фенолами, сполуками міді та іншими поллютантами (Минеев, 2012).

ВИСНОВКИ

Згідно токсикологічного аналізу (за вмістом важких металів) у воді двох основних рибогосподарських ділянок Запорізького водосховища – нижній частині (близько с. Військове) та Самарської затоки було виявлено високу концентрацію міді (7–8 рибогосподарських ГДК). У воді Самарської затоки встановлено перевищення вмісту марганцю, свинцю та кадмію у 1,7; 1,5 та 2 рази відповідно.

Вміст важких металів не перевищував допустимі концентрації для риби як харчового продукту. В організмі у статевозрілої плітки Самарської затоки вміст цинку, свинцю та кадмію достовірно вищий порівняно з нижньою ділянкою водосховища. У молоді риб з обох ділянок достовірні розбіжності не виявлені. Між різновіковими рибами встановлена статистично достовірна різниця у біоаккумуляції есенціальних елементів (цинку, марганцю, заліза та міді).

Характерною особливістю формених елементів крові дворічок і чотирирічок плітки з екологічно небезпечної Самарської затоки водосховища було зменшення відносної кількості зрілих форм еритроцитів і вірогідне збільшення незрілих нормобластів, особливо базофільних нормобластів (на 40–60 %), що свідчить про пригнічення процесів еритропоезу в організмі риб. Виявлено вірогідне збільшення патології еритроцитів різного характеру (анізоцитоз, гіпохромія, цитоліз, руйнування клітинної оболонки, каріолізіс, каріопікноз тощо) у плітки Самарської затоки. Морфо-цитометричні дослідження еритроцитів не показали вірогідних розбіжностей у риб двох досліджених ділянок, за винятком площі ядер еритроцитів, яка збільшувалась у молоді плітки Самарської затоки внаслідок нарощування ядерної маси при активації амітотичного ділення клітин. При дослідженні клітин білої крові встановлено збільшення фагоцитних клітин – нейтрофілів та моноцитів, і майже на 30 % зменшення частки лімфоцитів, що вказує на зниження імунного потенціалу риб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. СОУ –05.01.-37-385:2006. Стандарт Мінагрополітики України. - Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006. – 14 с.
- Єсіпова Н.Б. Особливості морфоструктури еритроцитів молоді різних видів риб в умовах гіпоксії / Н. Б. Єсіпова, Ю.О. Сулова // Матеріали VIII Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції. – Херсон: Грінь Д. С., 2015. – С. 71–74.
- Іванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб / Иванова Н. Т. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 186 с.
- Курамшина Н.Г. Эколого-физиологическое состояние ихтиофауны малых рек южного Урала / Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова, А.Ю. Матвеева // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2015. - № 4. – Вып. 179. – С. 20–24.
- Минеев А.К. Неспецифические реакции у рыб из водоемов средней и нижней Волги / А.К. Минеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013. – № 3–7, Т. 15. – С. 2301–2318.
- Минеев А.К. Особенности лейкоцитарной формулы у плотвы (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) из водоемов разного типа (на примере Саратовского водохранилища и малых рек республики Удмуртия) / А.К. Минеев, Е.А. Калинин // Известия самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 213–217.
- Парфенова И.А. Функциональная морфология циркулирующих эритроцитов бычка-кругляка в условиях экспериментальной гипоксии / И. А. Парфенова, А. А. Солдатов // Морской экологический журнал, 2011. – № 2, Т. X. – С. 59–67.

- Риба жива. Загальні технічні вимоги : ДСТУ 2284:2010. — К. : Держспоживстандарт України, 2012. — 16 с.
- Серпунин Г. Г. Гематологические показатели адаптаций рыб / дисс. д-ра биол. наук, Калининград, 2002 г., 2002. — 482 с.
- Сошников Н.М. Физиологическая характеристика белого и пестрого толстолобиков в биогеохимических условиях западно-подступных ильменей дельты р. Волги / Автореф. дис. канд. биол. наук. — Астрахань, 2010. — 19 с.
- Талкина М.Г. Комплексная оценка длительного воздействия ртути на молодь плотвы в экспериментальных условиях / М. Г. Талкина, В. Т. Комов, Ю. В. Чеботарёва, В. А. Гремячих // Вопр. ихтиол., — 2004. — Т. 44, № 6. — С. 847–852.
- Федоненко О.В. Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище / О.В. Федоненко, Н.Б. Єсіпова, Т.С. Шарамок, Т.В. Ананьєва, В.О. Яковенко. — Дніпропетровськ: ЛІРА, 2012. — 279 с.
- Шарамок Т.С. Вплив антропогенних факторів на гематологічні показники риб / Т.С. Шарамок, Н.Б. Єсіпова // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету, 2015. — Т. 64. — С. 722–726.
- Шейна Т.А. Состав крови и содержание тяжелых металлов в органах и тканях трех видов рыб в бассейне реки Камы / Автореф. дис. канд. биол. наук. — Пермь, 2014. — 22 с.
- Fedonenko O. The Accumulation of Heavy Metals and Cytometric Characteristics Features of Red Blood Cells in Different Ages of Carp Fish from Zaporozhian Reservoir / O. Fedonenko, N. Esipova, T. Sharamok // International Letters of Natural Sciences, 2016. — Vol. 53. — P. 72–79.
- Gayatri A. The morphometrical characterisation of normal blood cells of two airbreathing fishes, *Clarias batrachus* and *Anabas testudineus* / A. Gayatri, M. Prafulla // International Research Journal of Biological Sciences, 2014. — Vol. 3(11). — P. 37–41.
- Kumar B. G. Copper Toxicity: haematological and histopathological changes and prophylactic role of vitamin C in the fish, *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) / Kumar B. G., Nandan S. B. // The Journal of Zoology Studies, 2014. — 1(3). — P. 4–13.
- Rey V'azquez G. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes) / G. Rey V'azquez G. A. // Guerrero Tissue and Cell, 2007. — № 39. — P. 151–160.
- Velcheva I. A study on some physiological parameters of three hydrobiotic species under the influence of copper / I. Velcheva, A. Arnaudov // Pešić, V. & Hadžiablahovic, S. (Eds.) Proceedings of II International Symposium of Ecologists of Montenegro. Kotor, 2006. — P. 155–160.

REFERENCES

- Esipova, N.B., Surova, Ju.O. (2015). *Osoblivosti morfostrukturi eritrocitiv molodi riznih vidiv rib v umovah gipoksii*. Proceed. VIII Int. Conf. Herson: Grin' D. S. (in Ukrainian)
- Fedonenko, O., Esipova, N., Sharamok, T. (2016). The Accumulation of Heavy Metals and Cytometric Characteristics Features of Red Blood Cells in Different Ages of Carp Fish from Zaporozhian Reservoir. *International Letters of Natural Sciences*, 53, 72–79.
- Fedonenko, O.V., Esipova, N.B., Sharamok, T.S., Ananyeva, T.V., Yakovenko, V.O. (2011). *Suchasni problemi gidrobiologii: Zaporiz'ke vodoshovishhe*. Dnipropetrovs'k: LIRA (in Ukrainian)
- Gayatri, A., Prafulla, M. (2014). The morphometrical characterisation of normal blood cells of two airbreathing fishes, *Clarias batrachus* and *Anabas testudineus*. *International Research Journal of Biological Sciences*, 3(11), 37–41.
- Ivanova, N.T. (1983). *Atlas kletok krvi ryb*. Moscow: Legkaja i pishhevaja promyshlenost'. (in Russian)
- Kumar, B.G., Nandan, S.B. (2014). Copper Toxicity: haematological and histopathological changes and prophylactic role of vitamin C in the fish, *Anabas testudineus* (Bloch, 1792). *The Journal of Zoology Studies*, 1(3), 4–13.
- Kuramshina, N.G., Nurtdinova, J.J., Matveeva, A.J. (2015). Ecological and physiological state of fish fauna small rivers of the Southern Urals. *Vestnik Orenburgskogo universiteta*, 4(179), 20–25. (in Russian)
- Mineev, A.K. (2013). Nespecificheskie reakcii u ryb iz vodoemov srednej i nizhnej Volgi. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 3–7(15), 2301–2318. (in Russian)
- Mineev, A.K., Kalinin, E.A. (2012). Osobennosti lejkocitarnoj formuly u plotvy (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) iz vodoemov raznogo tipa (na primere Saratovskogo vodohranilishha i malyh rek respubliki

- Udmurtija). *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 14(1), 213–217. (in Russian)
- Parfenova, I.A., Soldatov, A.A. (2011). Funkcional'naja morfologija cirkulirujushhijh jeritrocytov bychka-krugljaka v uslovijah jeksperimental'noj gipoksii. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2(10), 59–67. (in Russian)
- Rey V'azquez, G. (2007). Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Guerrero Tissue and Cell*, 39, 151–160.
- Serpunin, G.G. (2002). *Gematologicheskie pokazateli adaptacij ryb*. Thesis of Doctoral Dissertation. Kaliningrad (in Russian)
- Soshnikov, N.M. (2010). *Fiziologicheskaja harakteristika belogo i pestrogo tolstolobikov v biogeohimicheskijh uslovijah zapadno-podstepnyh il'menej del'ty r. Volgi*. Thesis of Doctoral Dissertation. Astrahan' (in Russian)
- Talkina, M.G., Komov, V.T., Chebotarjova, J.V., Gremjachih, V.A. (2004). Kompleksnaja ocenka dlitel'nogo vozdeystvija rtuti na molod' plotvy v jeksperimental'nyh uslovijah. *Voprosy ikhtiologii*, 44(6), 847–852. (in Russian)
- Sharamok, T.S., Esipova, N.B. (2015). Vpliv antropogennih faktoriv na gematologichni pokazniki rib. *Naukovi zapiski Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universiteta*, 64, 722–726. (in Ukrainian)
- Sheina, T.A. (2014). *Sostav krovi i sodержanie tjazhelyh metallov v organah i tkanjah treh vidov ryb v bassejne reki Kamy*. Thesis of Doctoral Dissertation. Perm' (in Russian)
- Velcheva, I.A., Arnaudov, A. (2006). *Study on some physiological parameters of three hydrobiotic species under the influence of copper*. Proceed. II International Symposium of Ecologists of Montenegro. Kotor.
- Voda ribogospodars'kih pidpriemstv. Zagal'ni vimogi ta normi. Standart Minagropolitiki Ukraïni*. (2006). Kïiv: Ministerstvo agrarnoï politiki Ukraïni (in Ukrainian)