

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Курченко Вікторії Олександрівни

УДК 574.24+574.52+576.7

ДИСЕРТАЦІЯ

Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius gibelio*) Запорізького
(Дніпровського) водосховища в сучасних умовах

091 Біологія

09 Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня _____ доктора філософії _____

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник (консультант) Шарамок Тетяна Сергіївна, кандидат сільсько-
господарських наук, доцент

Дніпро, 2023.

АНОТАЦІЯ

Курченко В.О. Біологічна характеристика карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 біологія. – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2023.

З кожним роком проблема забруднення водних екосистем зростає. Для оцінки стану водного середовища використовують різноманітні методи, серед яких все більшої популярності набувають методи біоіндикації, за допомогою яких можна оцінити наявність та ступінь впливу токсичних речовин. Як види-біоіндикатори часто використовують рибу, а стан їх органів та тканин застосовують як біомаркери.

Карась сріблястий зустрічається практично у всіх водоймах України. У Запорізькому (Дніпровському) водосховищі він займає перше місце в уловах. Також даний вид характеризується високою пластичністю, що дозволяє йому пристосовуватися до напружених умов існування. Однак, механізм швидкого пристосування карася до різних умов існування залишається маловивченим.

Більшість існуючих робіт присвячено дослідженню морфологічних особливостей виду, статевій структурі та динаміці промислових уловів. На сьогодні, на жаль, бракує досліджень морфо-функціональних змін карася сріблястого, які виникають за дії чинників середовища існування. Тому, метою роботи було встановити основні морфо-функціональні особливості карася сріблястого та надати біологічну характеристику виду в сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища. Для досягнення поставленої мети було визначено гідрохімічний стан дослідних ділянок, встановлено вміст важких металів у воді, визначено морфометричні показники виду, встановлено коефіцієнти вгодованості та індекси внутрішніх органів, коефіцієнти та ступені накопичення важких металів у

внутрішніх органах карася сріблястого, встановлено морфометричні параметри та патологічні зміни еритроцитів, визначено основні гематологічні та біохімічні показники крові, виявлено морфологічні зміни еритроцитів, встановлено особливості гістологічної будови гепатопанкреасу, зябер та нирок, встановлено гістологічні зміни у внутрішніх органах.

Дослідження були виконані у відповідності до норм біоетики за загальноприйнятими методами.

У ході досліджень гідроекологічного стану різних ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища виявлено, що найбільш небезпечною за вмістом важких металів є Самарська затока. У воді Самарської затоки зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій більшості важких металів: вміст купруму складав 17 ГДК, цинку 11 ГДК, нікелю 4 ГДК. Також, у воді Самарської затоки фіксуються високі показники мінералізації.

У ході досліджень статевої структури чотирирічних особин карася сріблястого виявлено тенденцію до збільшення частки самців у популяції порівняно з попередніми роками. Карась сріблястий із Самарської затоки поступається за розмірно-ваговими показниками особинам, що виловлені у нижній ділянці Запорізького (Дніпровського) водосховища. Так, середня маса у риб з Самарської затоки була меншою – на 34,1 % у самок та на 56,4 % у самців. Коефіцієнти вгодованості також були нижчими у риб із Самарської затоки.

За результатами досліджень морфометричних показників карася сріблястого з різних ділянок водосховища не виявлено достовірних відмінностей, окрім довжини хвостового стебла, пектоцентральної відстані та діаметру ока, які мали тенденцію до збільшення у риб з Самарської затоки, а саме на 10,7%, 9,8 % та 15,7 % відповідно. Меристичні ознаки карася сріблястого були у межах мінливості даного виду та достовірно не відрізнялись на дослідних ділянках водосховища. Тобто, він має невисоку фенотипічну мінливість в умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Встановлені індекси внутрішніх органів карася сріблястого. У карася з Самарської затоки виявлено зменшення індексу гепатопанкреасу у два рази, що

свідчить про несприятливі умови середовища. Також у самиць з Самарської затоки виявлено зниження індексу нирок удвічі, порівняно з самками з нижньої ділянки водосховища. Індекс зябер у карася сріблястого з обох ділянок достовірно не відрізнявся.

Щодо особливостей накопичення важких металів органами карася сріблястого, то виявлено, що першочергово накопичувались такі метали, як Zn та Fe. Відмічено надвисокий ступінь накопичення Zn для всіх досліджених органів карася сріблястого з різних ділянок водосховища. Також, визначено надвисокий ступінь накопичення Mn та Fe у зябрах, а також Cu та Fe у гепатопанкреасі карася з Самарської затоки.

Досліджено цитометричні та гематологічні показники карася сріблястого. За цитометричними показниками еритроцитів особливих відмінностей не виявлено, крім ядерно-цитоплазматичного співвідношення. Фіксували його збільшення у риб з Самарської затоки, порівняно із рибами нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, а саме – восени на 16,9 % у самок та на 14,9 % у самців, влітку – на 3,9 % та на 10,3 % у самців відповідно.

Найчисельнішу групу формених елементів крові складали зрілі еритроцити. Молоді еритроцити були представлені базофільними та поліхроматофільними нормобластами. Переважаючими клітинами білої крові риб були лімфоцити. У риб Самарської затоки виявлена тенденція до зниження кількості сегментоядерних нейтрофілів порівняно з карасем сріблястим з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища. Восени у риб з Самарської затоки кількість моноцитів була більшою у 2,5 рази у самок та майже у 2 рази у самців порівняно з даними параметрами риб з нижньої ділянки водосховища відповідно.

Виявлено морфологічні зміни еритроцитів: найбільший відсоток патологічних змін фіксували у риб із Самарської затоки. Найчастіше зустрічався пойкилоцитоз та ядерні тіні. У риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища такі патологічні зміни зустрічалися рідше.

Улітку у карася із Самарської затоки спостерігали зменшення кількості еритроцитів в середньому на 21,1 % у порівнянні із показниками карася з нижньої

ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища. Як наслідок, фіксували зменшення гемоглобіну на 43,8 % у самок та на 42,5 % у самців. Також у риб із Самарської затоки виявлено зменшення вмісту загального білка та глюкози, а активність АлАТ та АсАТ у плазмі крові риб, навпаки, збільшувався. Встановлено, що найбільш чутливими гематологічними показниками до токсичного забруднення є – зниження концентрації гемоглобіну, збільшення швидкості осідання еритроцитів та підвищення активності АлАТ та АсАТ.

Проведено гістологічні дослідження органів-мішеней: зябер, гепатопанкреасу та нирок карася сріблястого. Встановлено цитометричні показники гепатоцитів, виявлено ознаки збільшення розмірів площі гепатоцитів на фоні зменшення ядерно-цитоплазматичного співвідношення у риб Самарської затоки.

Найбільше гістологічних патологій виявлено у карася із Самарської затоки. При дослідженні гепатопанкреасу, серед гістологічних змін найчастіше фіксували жирову дистрофію у самок восени – $36,0 \pm 0,4$ %. Стосовно некрозу, то його частіше спостерігали у самців Самарської затоки восени – $8,2 \pm 0,2$ %.

Найчисельнішою патологією зябер була гіперплазія респіраторного епітелію та некроз, найбільший відсоток прояву був у риб з Самарської затоки, що складав – $85,0 \pm 0,5$ % та $25,0 \pm 0,2$ % відповідно.

При дослідженні нирок карася сріблястого також фіксували гістологічні зміни: некроз, дегенерацію ниркових каналців, кістозні новоутворення. Найчастіше зустрічалась дегенерація ниркових каналців у риб з обох ділянок, найбільше ця патологія була виявлена восени у самок з Самарської затоки – $60,0 \pm 0,1$ %. У карася з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища відсоток прояву даної патології був меншим, і складав – $40,0 \pm 0,5$ % у самок та $35,0 \pm 0,2$ % у самців. Імовірно вплив важких металів разом із високими показниками мінералізації у воді Самарської затоки призвели до появи гістологічних змін у внутрішніх органах карася сріблястого.

Встановлено, що морфофункціональні, гематологічні та гістологічні показники карася сріблястого з досліджених ділянок залежать від інтенсивності антропогенного впливу. Карась сріблястий піддається хронічному впливу комплексу

різноманітних забруднюючих речовин, насамперед, важких металів, що проявляється у вигляді патологічних змін на різних рівнях організації. Отже, враховуючи результати досліджень, карась з Самарської затоки, у порівнянні із особинами нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, знаходиться під інтенсивнішим впливом комплексу чинників, що проявляється у погіршені фізіологічного стану.

Ключові слова: риби, евтрофікація, іхтіофауна, карась сріблястий, антропогенне забруднення, токсичність, гідрохімічні показники, морфологічні показники, адаптація, Запорізьке (Дніпровське) водосховище, біомаркери, луска, розмірно-вагове співвідношення.

ABSTRACT

Kurchenko V.O. Biological characteristics of prussian carp (*Carassius gibelio*) of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir in modern conditions. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the specialty 091 biology. – Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, 2023.

The problem of contamination of aquatic ecosystems has been increasing every year. A number of various methods is used to evaluate the condition of aquatic environment, including the methods of bio-indication are becoming increasingly popular which allow to assess the presence of toxic substances and to evaluate the impact they cause. Fish are often chosen as bio-indicating species; their organs and tissues are used as biomarkers.

Prussian carp is found in nearly all water bodies of Ukraine. In the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir, the species ranks first in catches. Moreover, the species is characterised by high adaptive flexibility, which enables it to adapt to the stressful conditions of its habitat. However, the mechanism of quick adaptation of the prussian carp to different conditions of existence remains little studied.

The majority of the existing works are devoted to the study of morphological features of the species, sexual structure and dynamics of industrial catches. Today, unfortunately, there is a lack of research on the morpho-functional changes of prussian carp that occur under the influence of environmental factors. Therefore, the purpose of this work was to establish the main morpho-functional features of prussian carp and to provide the biological characteristics of the species in modern conditions of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir. To achieve the goal, the hydrochemical state of the experimental areas was determined, the content of heavy metals in the water was determined, the morphometric parameters of the species were determined, the coefficients of fatness and indexes of internal organs, and the coefficients and degrees of accumulation of heavy metals in the internal organs of prussian carp were determined, morphometric parameters and pathological changes of erythrocytes were determined, the main hematological and biochemical indicators of blood were determined, morphological changes of erythrocytes were detected, the features of the histological structure of the hepatopancreas, gills and kidneys were determined, and histological changes in internal organs were determined.

The research was carried out in accordance with the norms of bioethics according to generally accepted methods.

In the course of research of hydro-ecological status in various areas of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir it was established that the Samara Bay is the most dangerous area in terms of the content of heavy metals. Exceeding the maximum acceptable concentrations of most heavy metals was recorded in the water of the Samara Bay: the content of copper was 17 MAC, zinc was 11 MAC, and nickel was 4 MAC. Also, high levels of mineralisation are observed in the waters of the Samara Bay.

In the course of research of the sexual structure of four-year old individuals of prussian carp, a tendency to the increase the share of males in the population compared to previous years was revealed. The prussian carp of the Samara Bay is inferior in terms of size and weight indicators compared to the individuals caught in the lower area of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir. Thus, the average bodyweight of fish specimens from the Samara Bay was less by 34.1% in females and by 56.4% in male individuals. The coefficients of fatness were also lower for the fish specimens from the Samara Bay.

According to the results of research on the morphometric indicators of the prussian carp specimens from different areas of the reservoir no reliable differences were found, except for the length of the tail stem, pectoventral distance and eyeball diameter, which tended to increase in fish of the Samara Bay – namely by 10.7%, 9.8% and 15.7%, respectively. The meristic characteristics of prussian carp were within the variability of the species and did not differ reliably in the experimental areas of the reservoir. Which means that he has low phenotypic variability of the species in the conditions of Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir.

Indexes of internal organs of the prussian carp were established. A two-fold decrease in the hepatopancreas index in fish specimens of the Samara Bay was found, which indicates unfavourable environmental conditions. In addition, a decrease in the kidney index by half in female specimens from the Samara Bay was found compared to female specimens from the lower area of the reservoir. There was no reliable difference in the gill index between the prussian carp fish specimens of the two areas.

Regarding the features of the accumulation of heavy metals in the organs of prussian carp, it was found that metals such as Zn and Fe were primarily accumulated. Extra-high degree of accumulation of Zn in all studied organs of the prussian carp of different areas of the reservoir was observed. Also, extra-high degree of accumulation of Mn and Fe in the gill of the fish specimens from the Samara Bay was registered, as well as of Cu and Fe in its hepatopancreas.

Cytometric and haematological parameters of the prussian carp were studied. No reliable differences were found with regard to the cytometric parameters of erythrocytes, except for the nuclear-cytoplasmic ratio. The nuclear-cytoplasmic ratio increase was recorded in fish of the Samara Bay compared to fish of the lower part of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir, namely: in autumn – by 16.9% in females and by 14.9% in male individuals; in summer – by 3.9% in females and by 10.3% in male individuals, respectively.

Mature erythrocytes were the largest group of formed blood elements. Young erythrocytes were represented by basophilic and polychromatophilic normoblasts. The predominant white blood cells of the fish specimens were lymphocytes. The fish

specimens from the Samara Bay demonstrated a tendency to lower counts of segmented neutrophils compared to those in prussian carp specimens from the lower area of Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir. Thus, in autumn the monocyte count in fish specimens of the Samara Bay was 2.5 times greater in females and almost 2 times greater in male individuals, respectively, compared to that parameter in fish specimens of the lower area of the reservoir.

Morphological changes in erythrocytes were found: the highest percentage of pathologic changes was recorded in fish of the Samara Bay. The most common types of anomalies included poikilocytosis and nuclear shadows. Such pathologic changes were observed less often in fish specimens of the lower area of Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir.

In the summer, a decrease of red blood cell counts of prussian carp of the Samara Bay on average by 21.1% was observed compared to that parameter of fish specimens of the lower area of Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir. As a consequence, a decrease in hemoglobin by 43.8% in females and 42.5% in males was recorded. Moreover, a decrease in the total protein and glucose levels in fish specimens from the Samara Bay was recorded; while the activity of ALT and AST in the blood plasma of fish, on the contrary, increased. It was established that the changes in haematological parameters that are most sensitive to toxic contamination, are the decrease in concentration of haemoglobin, the increase of erythrocytes sedimentation rate, and the increase of ALT and AST levels.

Histological analyses of target organs of the prussian carp were carried out – namely on fish gills, hepatopancreas, and kidneys. Cytometric parameters of hepatocytes were established, signs of an increase in the area of hepatocytes against the background of a decrease in the nuclear-cytoplasmic ratio in fish of the Samara Bay were found.

The largest number of histological pathologies was registered in the prussian carp of the Samara Bay. The most frequent histological pathology registered in the process of examination of hepatopancreas was lipodystrophy in female specimens in autumn – $36.0 \pm 0.4\%$. Regarding necrosis, it was more often observed in males of the Samara Bay in autumn – $8.2 \pm 0.2\%$.

The most numerous pathology of the gills was hyperplasia of respiratory epithelium and necrosis; the highest percentage of manifestation was in fish of the Samara Bay – $85.0 \pm 0.5\%$ and $25.0 \pm 0.2\%$, respectively.

Histological changes were also recorded while examining the kidneys of the prussian carp: necrosis, degeneration of renal tubules, and cystic neoplasms. Degeneration of renal tubules was most common in fish from both areas, this pathology was most frequently detected in autumn in females from the Samara Bay – $60.0 \pm 0.1\%$. In prussian carp of the lower part of the Zaporizhzhya (Dnieper) reservoir, the percentage of the manifestation of this pathology was lower – $40.0 \pm 0.5\%$ in females and $35.0 \pm 0.2\%$ in males. Presumably, the influence of heavy metals combined with high levels of mineralisation in the water of the Samara Bay led the appearance of histological changes in the internal organs of the prussian carp.

It was established that morphofunctional, haematological, and histological parameters in prussian carp of the investigated areas depend on the intensity of anthropogenic impact. The prussian carp is chronically exposed to a complex of various pollutants, primarily heavy metals, which manifests itself in the form of pathological changes at various levels of the organization. Therefore, taking into account the results of the research, the prussian carp of the Samara Bay, in comparison with the individuals of the lower part of the Zaporizhzhya (Dnipro) reservoir, is under the more intense influence of a complex of factors, which manifests itself in a deteriorated physiological state.

Key words: fish, eutrophication, ichthyofauna, prussian carp, anthropogenic pollution, toxicity, hydrochemical indicators, morphologic characters, adaptation, Zaporizhzhia (Dnieper) reservoir, biomarkers, scale, length-weight relationship.

Список публікацій, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації.

1. **Курченко В.**, Шарамок Т., Маренков О. (2019). Вдосконалення способу фарбування мазків крові для визначення цитометричних показників крові риб. Біологічні системи, 11, 1, 15–18. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.015> (**Фахова, категорії Б**) (особистий внесок: відбір проб матеріалу та їх обробка, участь в узагальненні даних, підбір фахової літератури, написання та оформлення статті, формулювання висновків).

2. **Kurchenko V.**, Sharamok T. (2019). Hematological indices of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) from the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis, 19 (2), 141–148. https://du.lv/wp-content/uploads/2022/02/Kurchenko_19_2.pdf (Закордонне видання у країні ОЕСР) (особистий внесок: відбір матеріалу, статистична обробка результатів, узагальнення отриманих даних, підбір фахової літератури, написання і оформлення статті, формулювання висновків).

3. Шарамок Т.С., Федоненко О.В., **Курченко В.О.**, Ніколенко Ю.В. (2019). Питання біоіндикації та екології. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища, 24, 2, 137–149. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-12> (**Фахова, категорії Б**) (особистий внесок: відбір проб води, статистична обробка результатів, участь у написанні та оформленні статті, формулювання висновків).

4. **Kurchenko V.O.**, Sharamok T.S., Holub O.V. (2021). The histopathological condition of hepatopancreas of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) in the modern conditions of the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. World Scientific News, 153(2), 181–191. <http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2020/12/WSN-1532-2021-181-191-1.pdf> (Закордонне видання у країні ОЕСР) (особистий внесок: відбір проб, обробка та аналіз експериментальних даних, підбір фахової літератури, участь у написанні та оформленні статті, формулювання висновків).

5. **Kurchenko V.O.**, Sharamok T.S. (2020). The Hematological Parameters of the Prussian Carp (*Carassius gibelio*, (Bloch, 1782)) Under the Zaporizhian (Dnipro) Reservoir Conditions. Turkish Journal Fisheries and Aquatic Sciences, 20(11), 807–812. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_11_04 (**Scopus, Q3**) (особистий внесок: відбір

проб, опрацювання експериментальних даних статистичний аналіз отриманих результатів, участь у написанні та оформленні статті, формулювання висновків).

6. **Курченко В.О.,** Шарамок Т.С., Маренков О.М. (2021). Гістологічна характеристика зябер та нирок карася сріблястого з Запорізького (Дніпровського) водосховища. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету, серія біологія, 81, 1–2, 53–58. <http://doi.org/10.25128/2078-2357.21.1-2.7>. **(Фахова, категорії Б)** *(особистий внесок: відбір проб, аналіз експериментальних даних, участь у написанні та оформленні статті, формулювання висновків).*

7. **Курченко В.О.,** Шарамок Т.С., Березовська Н.О., Маренков О. М. Спосіб експрес-фарбування мазків крові риб / Патент України на корисну модель № 131323. МПК G01N 33/49 (2006.01). № u201807684, заявл. 09.07.2018 р.; опубл. 10.01.2019 р., Бюл. №1. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/609733/> *(особистий внесок: підбір та опрацювання літератури, проведення експериментальних досліджень, написання тексту Патенту, формулювання висновків).*

Список публікацій, які засвідчують апробації матеріалів дисертації

8. **Курченко В.,** Голуб О. (2019). Гісто-морфометрична структура гепатопанкреасу карася сріблястого (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер. X міжнародної наукової конференції «Zoocenosis–2019. Біорізноманіття і роль тварин в системах». Дніпро, Україна, 2019 (18–19 листопада), С. 16–17. Форма участі: заочна *(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних).*

9. **Курченко В.,** Шарамок Т. (2019). Вміст важких металів в органах та тканинах карася сріблястого (*Carassius gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер. II міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку». Херсон, Україна (24–25 жовтня), С. 358–360. Форма участі: очна *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

10. **Курченко В.**, Шарамок Т. (2019). Морфо-фізіологічні показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. XII Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Дніпро, Україна (26–28 вересня), С.116–117. *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних).*

11. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С. (2019). Сучасний токсикологічний стан (за вмістом важких металів) рибогосподарських ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища). 73-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ (3–4 квітня), С. 34–35. *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

12. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С. (2019). Біохімічні показники карася сріблястого (*Carassius Gibelio* (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища. Наукова конференція «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів». Київ (6-8 листопада), С.131–132. *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних).*

13. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С. (2020). Гематологічні показники карася сріблястого в сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер. XIII Міжнар. наук-практ. конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Харків (17–19 вересня), С. 106–110. Форма участі: заочна *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

14. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С., Голуб О.В. (2020). Гістологічні зміни зябрового апарату карася сріблястого (*Carassius gibelio*, (Bloch, 1782)). Матер. III Міжнар.наук.-практ. конференції. «Проблеми функціонування та підвищення біопродуктивності водних екосистем». Дніпро (25–27 березня), С.86–88. Форма участі: очна *(особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних).*

15. Шарамок Т.С., **Курченко В.О.**, Ніколенко Ю.В. (2020). Гідроекологічні показники Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер.74-ї Всеукр.наук.-практ. конференції. «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – Виробництво продукції – Екологічні проблеми». Київ (26–27 березня), С. 12–13. Форма участі: очна (*особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних*).

16. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С. (2021). Гістопатологічні зміни зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. 75-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ (25–26 березня), С. 54–55. Форма участі: очна (*особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

17. **Курченко В.О.**, Шарамок Т.С., Голуб О.В. (2021). Гістологічна структура нирок карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища у сучасних умовах. Біологічні дослідження–2021. Житомир, С. 158–159. Форма участі: заочна (*особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

18. Сорокін С.О., **Курченко В.О.**, Маренков О.М. (2021). Обсяги промислового вилову карася сріблястого у Запорізькому (Дніпровському) водосховищі на прикладі промислової діяльності ТОВ «Борисфен-2010». Матер. XIV Міжнар. наук-практ. конференції. «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Харків (23-25 вересня), С. 178–179. Форма участі: заочна (*особистий внесок: аналіз фахової літератури, збір та обробка експериментальних даних*).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 ЦИТО-ГІСТОЛОГІЧНІ АДАПТАЦІЇ РИБ ДО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ.....	25
1.1 Особливості біології карася сріблястого.....	25
1.2 Гістологічні зміни внутрішніх органів корокових риб під дією антропогенних чинників.....	27
1.2.1 Вплив токсичних речовин на гістологічний стан зябер прісноводних риб....	28
1.2.2 Вплив комплексного забруднення водного середовища на гістоструктуру гепатопанкреасу риб.....	29
1.2.3 Вплив токсичних речовин на гістологічну будову нирок риб.....	33
1.2.4 Вплив умов середовища існування на показники крові риб	34
Висновки до розділу.....	37
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	38
2.1 Гідроекологічні методи.....	39
2.2 Іхтіологічні методи.....	40
2.3 Гематологічні методи.....	42
2.4 Гістологічні методи.....	45
РОЗДІЛ 3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ...	47
3.1 Характеристика Запорізького (Дніпровського) водосховища.....	47
3.2 Гідроекологічні умови дослідних ділянок.....	49
Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 4 МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО В УМОВАХ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА.....	54
4.1 Морфологічні особливості та сучасний стан статевої структури карася сріблястого.....	55
4.2 Морфо-фізіологічні показники карася сріблястого.....	58

4.3 Розподіл важких металів в органах карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища.....	60
Висновки до розділу.....	65
РОЗДІЛ 5 ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОХОВИЩА	68
5.1 Морфопатологічні зміни еритроцитів карася сріблястого.....	68
5.2 Цитометричні показники червоної крові карася сріблястого.....	71
5.3 Гематологічний профіль карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища.....	73
Висновки до розділу.....	80
РОЗДІЛ 6 ОСОБЛИВОСТІ ГІСТОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІВ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО В УМОВАХ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА.....	83
6.1 Гістологічна структура гепатопанкреасу карася сріблястого.....	83
6.2 Гістологічні зміни зябер карася сріблястого.....	87
6.3 Гістологічні особливості будови нирок карася сріблястого.....	90
Висновки до розділу.....	93
РОЗДІЛ 7 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	96
ВИСНОВКИ.....	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106
ДОДАТОК А УЧАСТЬ У НДР ТА ВПРОВАДЖЕННЯ.....	125
ДОДАТОК Б СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	130

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АсАТ – аспартатамінотрансфераза

АлАТ – аланінамінотрансфераза

ВМ – важкі метали

ГЕС – гідроелектростанція

ГДК – гранично допустима концентрація

Кз – коефіцієнт запасу

НПР – нормальний підпорний рівень

НПГ – нормальний підпорний горизонт

ПОВ – перманганатна окиснюваність

ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів

А – число променів у анальному плавці

aD – антедорзальна відстань

С – число променів у хвостовому плавці.

D – великий повздовжній діаметр

d – малий повздовжній діаметр

D – число променів у спинному плавці

do – горизонтальний діаметр ока

H – найбільша висота тіла

h – найменша висота тіла

hD – висота спинного плавця

l – іхтіологічна довжина

l. l. – число лусок у бічній лінії

lc – довжина голови (від вершини риля до найвіддаленішої точки зябрової кришки)

ID – довжина основи спинного плавця

IP – довжина грудного плавця

lr – довжина риля

m – маса риби

P – число променів у грудному плавці

pD – постдорзальна відстань

pl – довжина хвостового стебла

po – позаочна відстань

PV – пектровентральна відстань

$Q(k)$ – коефіцієнт вгодованості за Кларк

$Q(\phi)$ – коефіцієнт вгодованості за Фультаном

S – площа клітини

s – площа ядра

s/S – ядерно-цитоплазматичне співвідношення

V – число променів у черевному плавці

pH – водневий показник

ВСТУП

Актуальність теми. Наразі існує вагома проблема забруднення водних об'єктів України, які знаходяться під впливом різного рівня антропогенного навантаження [7]. Водні екосистеми постійно знаходяться під впливом токсичних речовин, які є у більшості випадків результатом виробничої діяльності людини [101]. Токсичні речовини, переважно, потрапляють у водне середовище разом зі стічними водами різноманітних підприємств та стоком із сільськогосподарських полів. Найбільш розповсюдженими забруднювачами водних екосистем України є важкі метали [38]. Особливо, це стосується регіонів які є лідерами у промисловій діяльності, серед яких знаходиться Дніпропетровська область.

Дніпропетровщина – потужний промисловий регіон України. В області нараховується понад чотири тисячі промислових підприємств. У 2021 році Дніпропетровська область стала лідером за обсягом реалізованої промислової продукції у країні, де у загальному обсязі реалізованої промислової продукції найбільші частки припадають на: металургійне виробництво та металообробку (34,2 %), харчову промисловість (6,6 %), виробництво гумових та пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції (3,7 %), випуску хімічних речовин та хімічної продукції (3,6 %) [20].

Вміст важких металів у воді Запорізького (Дніпровського) водосховища зростає з кожним роком [68, 70]. Враховуючи розповсюдження важких металів та інших токсичних речовин у водоймі, необхідно проводити постійний моніторинг стану гідроекосистем. Протягом останніх десятиріч все більшої популярності набувають біологічні методи моніторингу стану водних екосистем, які базуються на використанні біологічних об'єктів та на оцінці реакції організму, органів чи клітин на вплив факторів середовища існування організму [51]. Основними показниками для риб, які рекомендують використовувати як біоіндикатори якості водного середовища є зміна у їх лінійно-вагових показниках, співвідношення статей, плодючість, видове, трофічне, таксономічне різноманіття та інші [3, 5, 86].

Для виявлення механізмів негативного впливу токсикантів на живі організми використовують різні види риб [35, 144]. Серед об'єктів для дослідження механізмів

впливу токсикантів на іхтіоценози рекомендують використовувати прісноводних риб, до яких належить і карась сріблястий [47]. Екологічний стан водного середовища оцінюють за такими показниками риб: ріст, поведінка, виживаність риб, морфологічні та цитологічні показники крові, а також зміни гепатопанкреаса і зябер [6, 144].

Для об'єктивної оцінки екологічного стану водних екосистем використовують методи патофізіологічних досліджень: клінічні, патологоанатомічні, гістологічні, цитогенетичні та біохімічні дослідження. Фізіолого-біохімічні показники, які змінюються в риб у відповідь на дію забруднювачів води, рекомендовані як критерії для оцінювання екологічного стану водойм [47].

Карась сріблястий лідирує у промисловому вилові Запорізького (Дніпровського) водосховища. Цей вид характеризується досить високою пластичністю. Більшість досліджень присвячено динаміці промислових уловів, змінам вікової структури та показникам плодючості виду [9, 48, 73, 77], також існують окремі дослідження гематологічних показників даного виду [80]. Однак, наявні дослідження мають здебільш фрагментарний характер, при цьому дослідний вид не розглядається на глибокому цитологічному та гістологічному рівнях, що дозволило б у свою чергу надати реальну оцінку фізіологічного стану виду в умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Тому, виникає необхідність у комплексному та поглибленому дослідженні карася сріблястого в сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища для виявлення адаптаційних механізмів виду. Дослідження морфо-функціональних особливостей карася сріблястого відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки України і є актуальною науковою проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана протягом 2018–2022 років у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара на кафедрі загальної біології та водних біоресурсів та в Науково-дослідній лабораторії гідробіології, іхтіології та гідробіології Науково-дослідного інституту біології Науково-дослідної частини

Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в межах наступних держбюджетних науково-дослідних робіт та грантових програм: «Оцінка фізіолого-біохімічного та цитологічного статусу аборигенних і чужорідних гідробіонтів за умов антропогенної трансформації водних екосистем» (№ держреєстрації 0117U006751), «Екологічні засади раціонального ресурсовикористання та розвитку агропромислового комплексу Придніпров'я в галузі аквакультури, рибництва та рибальства» (№ держреєстрації 0119U100445), «Сучасні біоперешкоди і розробка нових екологічно безпечних методів біомеліорації водних екосистем штучних водойм стратегічного призначення» (№ держреєстрації 0121U108051). Грант ДФФД №Ф75/1422018 «Репродуктивний потенціал інвазійних гідробіонтів водойм Придніпров'я та їх вплив на формування біопродуктивності» (№ 0118U002151).

Мета і завдання дослідження.

Мета: визначення основних морфо-функціональних особливостей карася сріблястого в сучасних екологічних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Для досягнення мети необхідно було розв'язати наступні завдання:

1. Встановити якість поверхневих вод дослідних ділянок за ступенем їх чистоти (забрудненості);
2. Визначити морфо-фізіологічні особливості дослідного виду у ділянках водосховища з різним рівнем антропогенного навантаження;
3. Встановити закономірності накопичення важких металів внутрішніми органами риб;
4. Виявити зміни гематологічних показників виду з різних за ступенем забруднення ділянок водосховища;
5. Встановити закономірності прояву цитометричних та гістопатологічних змін внутрішніх органів риб.

Об'єкт дослідження – карась сріблястий *Carassius gibelio* (Bloch, 1782).

Предмет дослідження – морфо-фізіологічні і цитометричні зміни у карася сріблястого в природних умовах з різною інтенсивністю антропогенного навантаження.

Методи дослідження: гідроекологічні, іхтіологічні, цитологічні, гістологічні, біохімічні, гематологічні, статистичні.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- встановлено гістопатологічні зміни внутрішніх органів карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища;
- визначено гематологічні показники карася сріблястого;
- виявлено закономірності прояву тих чи інших змін у тканинах та органах карася сріблястого, залежно від ступеню токсичного забруднення;
- визначено особливості накопичення важких металів (Fe, Zn, Cu, Ni, Mn, Pb, Cd) тканинами та органами досліджуваного виду.

Удосконалено та доповнено:

- дані щодо розмірно-вагових показників та статеві структури ядра популяції карася сріблястого у сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища;
- поняття про токсичний вплив важких металів на гістоструктуру внутрішніх органів та цитометричні показники корокових риб;
- методи виготовлення мазків крові риб з використанням способів фарбування у власній модифікації.

Набуло подальшого розвитку:

- концепція адаптаційних механізмів корокових риб.

Практичне значення одержаних результатів. Пропонується використання цитологічних та гістопатологічних показників карася сріблястого для оцінки ступеня впливу антропогенних чинників водного середовища, насамперед важких металів. Морфо-функціональні показники дослідного виду можуть бути використані для біоіндикації природних водойм. Гематологічні та гістологічні показники карася сріблястого також можна використовувати при проведенні біомоніторингу водних екосистем.

Результати дисертаційних досліджень лягли в основу «Біологічного обґрунтування показників проведення робіт зі штучного відтворення (зариблення)

водних біоресурсів у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі (на період 2022 р.)», яке надано до Управління Державного агентства меліорації рибного господарства у Дніпропетровській області та впроваджені у роботу Управління. Також результати роботи лягли в основу «Науково-біологічного обґрунтування спеціального використання водних біоресурсів на Самарській затоці Дніпровського (Запорізького) водосховища (на період 2021–2025 рр.)», яке впроваджено в практичну діяльність ПП «Форощук В.В.».

Результати дисертації впроваджено в освітній процес кафедри загальної біології та водних біоресурсів ДНУ за освітньою програмою «Системна біологія та гідробіоресурси» при викладанні дисциплін «Загальна та спеціальна іхтіологія», «Порівняльна гістологія», «Адаптогенез у біологічних системах».

Також основні отримані результати можуть бути використані при викладанні навчальних дисциплін: «Гістологія», «Цитологія», «Іхтіологія» у закладах вищої освіти для студентів природничих спеціальностей.

Особистий внесок здобувача. Здобувачкою особисто опрацьовано фахову наукову літературу, відібрано та опрацьовано іхтіологічний матеріал та проби води з дослідних ділянок. Проведено іхтіологічні, цитологічні, гематологічні та гістологічні дослідження за загальноприйнятими методами, проведено статистичний аналіз. Підготовлено та опубліковано наукові публікації, проведено патентний пошук та отримано Патент України на корисну модель. Авторкою проведено аналіз отриманих даних, сформовано основні положення та висновки дисертаційної роботи.

Апробація результатів роботи. Основні результати, що представлені у дисертації, доповідалися на 11 конференціях: X міжнародна наукова конференція Zoocenosis–2019. Біорізноманіття і роль тварин в системах (Дніпро, Україна, 18–19 листопада 2019); II міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (Херсон, Україна, 24–25 жовтня, 2019); VII регіональна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Сучасні науково-технічні дослідження у контексті мовного простору» (Дніпро, Україна, 11–12 квітня,

2019); V всеукраїнський форум студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, Україна, 25–26 квітня, 2019); XII Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Дніпро, Україна, 26–28 вересня, 2019); 73-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми» (Київ, Україна, 3–4 квітня, 2019); наукова конференція «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів» (Київ, Україна, 6–8 листопада, 2019); XIII міжнародна науково-практична конференція (17–19 вересня 2020 р., Харків, Україна); III міжнародна науково-практична конференція (25–27 березня 2020 р., Дніпро, Україна); 74-а всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – Виробництво продукції – Екологічні проблеми» (26–27 березня 2020 р., Київ, Україна); 75-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми» (Київ, Україна, 25–26 березня, 2021); Біологічні дослідження-2021 (Житомир, Україна); XIV міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (23–25 вересня 2021 р., Харків, Україна).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 18 – наукових праць, з яких 3 – у вітчизняних фахових виданнях категорії Б, 2 – у закордонному виданні країни ОЕСР, 1 – у наукометричній базі Scopus – 3-ий квартиль, 1 – патент України на корисну модель, 11 – у матеріалах та тезах конференцій.

Структура та обсяг роботи.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, огляду літератури, розділу матеріали та методи досліджень та чотирьох розділів власних досліджень з обговоренням результатів, висновків та списку використаної фахової літератури. Загальний обсяг дисертації становить 133 сторінки. Текст ілюстрований 21 рисунком та 12 таблицями. Список використаної фахової літератури містить 183 джерела із них 96 іншомовних.

РОЗДІЛ 1 ЦИТО-ГІСТОЛОГІЧНІ АДАПТАЦІЇ РИБ ДО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

Велика кількість біологічних досліджень іхтіофауни водойм України за останні десять років свідчать, що основним масовим видом іхтіофауни за чисельністю та за іхтіомасою, є карась сріблястий [9, 74, 68].

Батьківщиною карася сріблястого вважають водойми Китаю та Японії. У Європу він був завезений на початку XX століття, звідки він потрапив у ставки Львівської та Вінницької областей. Пізніше його неодноразово завозили в Україну з інших суміжних країн [45].

До кінця 1960-х років іхтіофауна Дніпровського водосховища налічувала 43 види риб [10]. Під час рибогосподарських робіт у 1970-х роках разом із зарибком сазана європейського у водосховище були вселені білий амур та карась сріблястий [11]. Наразі, цей вид зустрічається у басейнах практично всіх великих річок, озерах та водосховищах України [45].

Карась сріблястий за останні роки зайняв одне з провідних місць серед промислових видів риб у Запорізькому (Дніпровському) водосховищі. Рибопродуктивність Запорізького (Дніпровського) водосховища у 2019 році становила 28,37 кг/га. За статистичними даними Управління Державного агентства меліорації та рибного господарства у Дніпропетровській області у 2019 році в Запорізькому (Дніпровському) водосховищі вилучено 1163,357 т водних біоресурсів, що на 3 т менше, ніж показник 2018 року. Серед них найбільша частка припала на карася сріблястого – 51,8 % [41].

Феномен стрімкого розвитку даного виду в умовах водосховища проявляється у його високій пластичності та здатності до адаптації у різних умовах існування [69].

1.1 Особливості біології карася сріблястого

В Україні карась сріблястий у результаті пристосованості до різних умов існування є поширеним та чисельним. Тому його відносять до категорії видів-

еврибіонтів, він мешкає практично у всіх типах водних біотопів: річках, водосховищах, гідротехнічних каналах, озерах. Трапляється у стоячих, слабопроточних і заболочених водоймах, зареєстрований у зонах надходження побутових стічних вод [76].

Завдяки природній невибагливості до умов існування цей вид освоїв практично всі вільні екологічні ніші, незайняті іншими лімnofільними видами і за невеликий проміжок часу він почав лідирувати за обсягом промислового вилову на дніпровському каскаді, й, на відміну від інших масових промислових видів, збільшує свою чисельність [76].

Багато дослідників вважають карася сріблястого еврифагом. Дослідження авторів свідчать, що у водосховищах дніпровського каскаду він бентофаг. До складу харчових грудок можуть входити різні організми бентосу та водяні рослини, планктон, детрит, водорості, личинки комах, хробаки, інші безхребетні [76].

Статева зрілість самців цього виду настає залежно від температурного режиму водойми у віці 2–4 роки, а самок, як правило, на рік пізніше. Абсолютна плодючість коливається від 35 тис. ікринок до 430 тис. ікринок. Нерест порційний, розтягнутий упродовж вегетаційного періоду. Починається у травні. Стабільно спостерігається відкладання двох і навіть трьох порцій ікри, що спричиняє наявність двох-трьох груп молоді з різними розмірно-ваговими показниками [76]. Нереститься на мілководних, теплих берегах на затопленій рослинності – фітофіл [136]. Популяції зазначеного виду можуть мати різну статеву структуру: бувають двостатеві популяції, де співвідношення самок і самців варіює від 1 : 1 до 1 : 3, а також одностатеві – представлені триплоїдними самками, які беруть участь у нересті з самцями інших видів корошових риб. Здатний до розмноження з незапліднених яєць (гіногенез) [76]. У результаті у потомстві виходять одні самки, генетично ідентичні материнським.

Загалом, можна підсумувати, що карась сріблястий досить добре адаптований вид, однак для повного розуміння стану популяції необхідно дослідити морфо-функціональні, фізіологічні, гематологічні та гістологічні показники, щоб виявити механізм швидкої адаптації карася до різних умов існування.

1.2 Гістологічні зміни внутрішніх органів корокових риб під дією антропогенних чинників

У вітчизняній та світовій науці надається велика увага вивченню питань впливу токсикантів різної природи та інших чинників водного середовища на гідробіонтів, серед яких риби займають одне з перших місць [50, 80, 88, 109, 113, 139, 159, 168].

Відомо, що гідробіонти реагують на присутність у воді токсичних речовин по-різному. Це залежить від виду, віку, статі, функціонального стану організму, чисельності популяції, гідрохімічних показників водного середовища та багатьох інших факторів [70]. Виявити присутність небезпечної забруднюючої речовини у водоймищі можна за допомогою проявів її токсичного ефекту на рибах.

Для визначення фізіологічного стану організму риб у забрудненому середовищі існування важливо виявити індикатори, які б дали можливість визначити токсичні ефекти та оцінити їх наслідки для організму [36].

Гістологічний метод є досить широко розповсюдженим, він дозволяє оцінити наскільки глибоко на тканинному і клітинному рівнях зайшов патологічний процес в організмі. Гістопатологічні дослідження є інтегральним результатом різноманітних біохімічних і фізіологічних змін [127, 129, 181].

Риби є зручними об'єктами для біомоніторингу забруднення водних екосистем. Згідно з дослідженнями більшості вчених, гістопатологічні зміни внутрішніх органів риб можуть виступати як біоіндикатори біологічного ефекту впливу навколишнього середовища на організм [112, 116, 122, 139].

Гістологічні зміни рідко можуть бути пов'язані з впливом однієї конкретної речовини, як правило, вони є сумарною відповіддю на дію усього комплексу токсикантів у навколишньому середовищі [116]. Часто ураження органів та тканин риб може спостерігатися при відсутності візуальних симптомів інтоксикації. При токсичній дії важких металів на водні організми відбувається порушення діяльності нервової, травної, дихальної систем у риб, оскільки порушуються їх будова тканинних клітин [70].

Біомаркери, які використовують для надання оцінки здоров'ю риб, можна пов'язувати з інтегральними показниками водного середовища. Вплив забруднюючих речовин та інших шкідливих факторів середовища існування відображається на морфофункціональному стані організму. Гістологічні біомаркери показали себе відмінними інструментами моніторингу балансу водної екосистеми, тому вони дають змогу оцінити стан здоров'я риб, що піддаються впливу важких металів та інших токсикантів як в лабораторних, так і в польових умовах [145, 157].

1.2.1 Вплив токсичних речовин на гістологічний стан зябер прісноводних риб

Існують дослідження, що демонструють гістопатологічні зміни у зябрах риб, які перебувають під впливом широкого діапазону токсикантів органічної і неорганічної природи. Зябра є однією з мішеней розчинених у воді токсикантів та основним місцем їх поглинання, внаслідок чого порушуються їх фізіологічні процеси, що ведуть до змін у структурі зябрового апарату [36, 147, 175].

Експериментальні дослідження підтверджують негативний вплив сирої нафти і нафтопродуктів на зябра риб, який проявляється у вигляді гіперплазії респіраторного епітелію, застійних явищ в капілярах (аневризми та інші), відшаруванням дихального (респіраторного) епітелію з поверхні вторинних ламел [156], їх викривленням, появою некрозу. Дослідження зарубіжних авторів показують, що при інтоксикації важкими металами, а саме цинком у зябрах відзначається гіперплазія, злиття ламел, аневризма, деструкція ламел, розрив мембран клітин [155].

Деструктивні зміни в зябрах риб виникають за впливу токсичних речовин, розчинених у воді. Реакція зябрового епітелію на різного роду токсичні речовини, у тому числі і важкі метали, має досить широкий спектр. Це залежить як від концентрації самої речовини, так і від фізіологічного стану риби. Таким чином, ці зміни можуть розглядатися як відображення узагальненої реакції на стрес [126]. Вважається, що гіперплазія призводить до скорочення дихальної поверхні та підняття епітелію, а це, у свою чергу, може призвести до порушення дихання.

Дегенеративні зміни у зябрах можуть бути наслідком прямого впливу високих концентрацій ксенобіотиків.

Відомо, що солі важких металів представляють собою суттєвий компонент забруднення прісних водойм [80, 104]. Один з основних шляхів потрапляння їх в організм риб лежить через зябровий епітелій. Накопичуючись, у епітеліальній тканині або просто проходячи через неї, іони металів здатні змінювати респіраторні та іонообмінні функції зябер та їх макро- та мікроструктуру. Високі концентрації металів у воді можуть призвести до розвитку серйозних патологій у зябрах риб, аж до їх повного руйнування. Гіпертрофія та гіперплазія епітелію за дії металів, призводить до деформації зябрових пелюсток, а потім до їх зростання [104].

Дія на риб пестицидів хлор- та фосфорорганічної природи, які застосовуються у сільському господарстві, викликає розвиток стресових реакцій на всіх рівнях організації зябер, які нагадують реакції на дію кислот та солей металів. Неспецифічні зміни – гіпертрофія та деформація зябрових пелюсток, скорочення кількості респіраторних ламел та інші [104].

Отже, аналізуючи існуючі дослідження, можна констатувати, що забруднення водного середовища солями важких металів та пестицидами викликають у зябрах риб неспецифічні стресорні реакції. Ці зміни, як правило, є сумарною відповіддю на вплив усього комплексу чинників середовища існування. Існує необхідність у більш детальному дослідженні даного впливу.

1.2.2 Вплив комплексного забруднення водного середовища на гістоструктуру гепатопанкреасу риб

Серед компонентів травної системи риб як біоіндикатор часто виступає печінка – складна залоза, яка виконує низку життєво важливих функцій. У печінці відбуваються такі важливі процеси, як обмін білків, вуглеводів, ліпідів, мінеральних речовин, гормонів, вітамінів, білірубину, знешкодження шкідливих речовин екзогенного та ендогенного походження [84]. У корошових риб печінка представлена гепатопанкреасом. При впливі різних факторів у гепатоцитах відбуваються зміни, що дозволяють адаптувати його функціонування відповідно до

потреб організму: розширення просторів Діссе, зміна характеру міжклітинних контактів, посилення секреторної активності, накопичення ліпідних включень, глікогену. Відомо, що під дією фізичних та хімічних факторів виникають структурно-функціональні зміни у печінці риб, які можуть характеризуватися зернистою дистрофією, вакуолізацією цитоплазми гепатоцитів, некробіозом та іншими порушеннями [1]. Форма печінкових часточок, розміри печінкових пластинок, щільність розташування гепатоцитів у риб різних видів мають суттєві відмінності [54].

Порівняльний аналіз змін тканин печінки різних видів риб показав, що її реакції як в умовах експерименту, так і при натурних дослідженнях багато в чому стереотипні і часто не залежать від особливостей впливу [33].

За даними деяких науковців некроз у печінці риб зустрічається досить часто і є або результатом забруднення вод важкими металами чи іншими забруднювачами, або наслідком паразитарних інвазій [120].

Інтоксикація солями купруму призводить до змін у гістоструктурі печінки риб: лізис ядер гепатоцитів, поява жирових включень у клітинах, зміна ядерно-цитоплазматичного співвідношення, розростання сполучної тканини [120].

При впливі на риб гербіцидів (сімазин) у печінці коропа виявлено некроз [153], а після тривалого впливу на риб розчином трихлороцтової кислоти у печінці відзначались зміни паренхіми та утворення кіст [96].

У цілому спектр цих змін такий: компенсаторно-приспосувальні реакції тканин; порушення мікроциркуляції крові; дистрофічні і некробіотичні зміни; деструкція паренхіми. Ранні компенсаторно-приспосувальні зміни гепатоцитів починаються з їх гіперфункції. Зовнішнім проявом гіперфункції може бути гіпертрофія клітин [14].

Розрізняють три форми клітинної гіпертрофії: збільшення розміру клітин, пов'язане з підготовкою до мітозу або збільшення їх плоїдності; збільшення маси цитоплазми та об'єму ядер без відповідного збільшення плоїдності клітини, що спостерігається при підвищеній функціональній активності клітин; збільшення

розмірів клітин та ядер внаслідок функціонального набухання в умовах патології [14].

Гіпертрофовані гепатоцити можуть характеризуватися не тільки збільшенням розміру клітини в порівнянні з нормою, а й збільшенням розміру ядра. Збільшення розмірів ядра і клітини часто супроводжуються збільшенням кількості ядерців. Слід зазначити, що ранні компенсаторні зміни гепатоцитів морфологічно майже не відрізняються від деяких процесів адаптивної мінливості клітин і тканин [33].

Так, своєрідною формою прояву функціональної адаптації служить дедиференціювання клітин, яке спостерігається як в нормальних умовах розвитку тканини, так і при дії різних факторів [29].

В основі дедиференціювання лежать процеси адаптаційної перебудови клітин. Цей процес характеризується структурною реорганізацією клітин, що супроводжується збільшенням відносних об'ємів ядра і ядерців, збільшенням вмісту гранулярного компонента ядерця та інших ультраструктурних перетворень [64].

У звичайних умовах печінці властива висока реактивність і великий резерв функціональної здатності. В умовах патології функції печінки порушуються, а морфологічною ознакою цих порушень часто служать дистрофії. У печінці дистрофічні зміни охоплюють, як правило, тільки паренхіматозні структури [64], це підтверджується дослідженнями на рибах [1]. Найбільш часто в патології печінки риб спостерігаються зерниста, гідропічна і жирова дистрофії гепатоцитів. При зернистій та гідропічній дистрофії білки клітини за своїми фізико-хімічними і морфологічними характеристиками змінюються [87].

При зернистій дистрофії розміри гепатоцитів збільшені, вони виглядають набряклими. Цитоплазма світла, зерниста. Ядро при цьому не змінюється, воно може бути зміщено до периферії клітини. Видима при світловій мікроскопії зернистість цитоплазми обумовлюється відкладенням секрету (білка) в розширених цистернах ендоплазматичного ретикулуму, а також появою великої кількості великих мітохондрій [87].

Прогрес зернистої дистрофії та подальша гідратація сприяє появі гідропічної дистрофії. При цьому виді дистрофії у цитоплазмі відзначаються оптичні пустоти.

Гепатоцити збільшені в об'ємі, у них відзначається прозора цитоплазма, чітко виражені контури мембрани. Залишки слабозернистої цитоплазми розміщуються навколо ядер або уздовж клітинних мембран. Ядра поліморфні, зазвичай забарвлюються блідо, у них спостерігається ущільнення хроматину. Змінені гепатоцити можуть розташовуватися серед нормальних клітин [87].

При жировій дистрофії в цитоплазмі гепатоцитів видно світлі незабарвлені вакуолі, які можуть бути різної величини. Дрібні вакуолі можуть зливатися, утворюючи більші, а потім і одну велику вакуоль, яка займає всю цитоплазму і зміщує ядро до периферії клітини. Власне цитоплазма таких клітин являє собою вузьке коло по периферії плазматичної мембрани. Найчастіше ядра зникають і утворюються великі ділянки без'ядерних клітин. Жирові вакуолі декількох клітин або самі клітини при злитті утворюють жирові кісти. Залежно від розмірів жирових включень розрізняють дрібнокрапельну, середньокрапельну і крупнокрапельну жирові дистрофії. Дрібні крапельки жиру виявляються і в нормальних печінкових клітинах, однак при патологіях кількість видимого жиру різко збільшується [33].

Підвищений вміст жиру в печінці може бути наслідком порушення обмінних процесів як в результаті порушення кровотоку на обмеженій ділянці органу, так і при дії токсичних речовин (фосфор- і хлорорганічні пестициди, важкі метали та ін.). Некрози печінки виникають при різних ураженнях, найчастіше хронічних. Наявність некрозів завжди свідчить про важкий, зазвичай прогресуючий перебіг патологічного процесу. Мікроскопічними ознаками некрозу є зміни як клітинного ядра, так і цитоплазми. Зміни ядра виявляються у вигляді каріопікнозу, каріорексису і каріолізису [33].

Каріолізис – найбільш достовірний ознака некрозу [52]. Іншою такою маркерною зміною є каріопікноз – зморщування і гіперхромність ядра, викликані конденсацією ДНК, третьою ознакою служить каріорексис – фрагментація, або розрив, ядра на грудочки [52].

На теперішній час, дослідження структурно-функціональних змін у печінці риб набувають вагомого значення для оцінки їх здоров'я. Проведена значна кількість досліджень, які демонструють гістопатологічні зміни в печінці риб, що

знаходяться під впливом широкого діапазону токсикантів органічної і неорганічної природи, більшість з них проводились в експериментальних умовах, тому існує необхідність у дослідженні цих змін у природних умовах.

1.2.3 Вплив токсичних речовин на гістологічну будову нирок риб

Нирки риб виконують безліч функцій, таких як регуляція водного обміну, кількості і складу електролітів, підтримання кислотно-лужного та сольової рівноваги в організмі [98, 156], виведення токсичних сполук і продуктів їх метаболізму, участь у кровотворенні, тому їх пошкодження або зміна функціонального стану дуже важливі для індикації здоров'я організму [106].

Неодноразово відмічалось, що після аварійних розливів нафти протягом декількох тижнів у риб відмічаються гістопатологічні зміни у тканині нирок [103].

Різноманітні пестициди, що потрапляють у воду, також здатні викликати різні патологічні зміни тканин нирок у риб. Так, пестицид ліндан викликав у риб характерні ознаки гострої інтоксикації: ураження нирок, вакуолізацію та гіпертрофію епітелію звитих канальців, їх деструкцію, зморщування клубочків [146].

У нирках риб виділяють наступні адаптивні реакції: зміни в канальцевому епітелії, атипова форма канальців, збільшення діаметра канальців як компенсація зменшеної фільтрації в клубочках, зміна судин системи кровопостачання і особливо потовщення їх стінок, збільшення (гіпертрофія) розмірів і зміна форми одних клубочків і дисфункціонування інших [62].

У нирці під дією забруднюючих речовин може розвиватися гіперемія і дистрофічні зміни в епітелії канальців і капсул, часто ускладнені некробіозом в боуменових капсулах і епітелії звивистих канальців. Найбільш часто зустрічається захворювання нирок риб, які перебувають під впливом токсичних речовин – нефрокальцитоз, гломерулонефрит і сполучнотканинні розростання (фіброеластоз або інтерстиціальний нефрит) всередині паренхіми нирки. На гістологічних зрізах нирки з ознаками нефрокальцитозу спостерігаються виразні зміни її цитоморфологічної структури [47, 62].

Серед гемопоетичної паренхіми видно кістозні утворення з білковою масою всередині, інкапсульовані некротичні ділянки, капсули із сполучної тканини, що розрослася. Сполучнотканинні розростання виявляються також навколо капсул Боумена, кровоносних судин. Навколо звивистих каналців видно розростання сполучної тканини, а всередині сторонні включення темно-сірого кольору – відкладення солей [46].

Гломерулонефрит являє собою розширення і розростання судинних клубочків і може свідчити про підвищене осмотичне навантаження на тканини нирок. Фіброеластоз нирок може бути візуально визначений за зернисто-волокнистою будовою нирки. На гістологічних зрізах при цьому відзначаються сполучнотканинні розростання всередині паренхіми [39].

За попередніми дослідженнями [106] виявлена пряма залежність різноманіття виявлених у риб типів гістопатологій нирок від рівня впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на окремих особин та їх популяції в цілому у водоймі з високим рівнем антропогенного забруднення. Чим сильніший прес негативних факторів серед риб, тим більше виражено різноманіття виявлених гістопатологій і тим вище у популяціях окремих видів риб частка особин з тим чи іншим типом патології. Однак, зустрічність найбільш масових типів ниркових гістопатологій, як у випадку з патологіями інших внутрішніх органів, не залежить від видової належності особин, що є доказом неспецифічності даних порушень [106]. Дія різноманітних токсичних речовин в природних умовах може підсилюватися чи послаблюватися. Тому, результати досліджень морфофункціональних порушень у нирках костистих риб в природних умовах може слугувати індикатором несприятливих змін середовища існування, які призводять до регресивного стану популяцій риб.

1.2.4 Вплив умов середовища існування на показники крові риб

Кров є чутливим та досить інформативним індикатором стану організму, який швидко реагує на зміни умов середовища існування і відображає їх вплив як на окрему особину, так і на популяцію в цілому [28].

При будь-якій зміні умов середовища змінюється форма і склад клітин крові. Було встановлено, що морфологічні особливості клітин крові, особливо еритроцитів, у великій мірі піддаються змінам під впливом середовища існування риб. При несприятливих умовах підвищується частка патологічно змінених клітин крові. Дуже часто спостерігається порушення клітинного метаболізму і некроз формених елементів крові при інтоксикації, з'являються різні види змін еритроцитів: пойкилоцитоз, анізоцитоз, гемоліз, шистоцитоз, поліхромазія та інші [89, 105, 137, 177].

При впливі важких металів на кров риб відмічено, що найбільша кількість еритроцитарних патологій спостерігалась під дією свинцю та цинку, а найменша – кадмію та купруму. Більшість досліджень присвячено токсичному впливу солей кадмію. У коропа при дії сублетальних концентрацій кадмію відмічалась поява у крові еритроцитів з клітинними та ядерними деформаціями [178, 179].

Лейкоцити відіграють важливу роль у захисті організму від чужорідних тіл, забезпечуючи нормальний функціонально-фізіологічний стан риб. Лейкоцити різноманітні за формою і функціями, тому вони беруть участь в адаптаційному процесі риб до різних факторів середовища існування [111, 174].

До складу білої крові риб входять наступні типи клітин: лімфоцити, моноцити, нейтрофіли, еозинофіли і базофіли [148, 158, 183]. У сучасній літературі ретельно вивчені функції клітин лейкоцитарного ряду і їх складу не тільки у риб, що мешкають в природних водоймах, а й у тих, які вирощені в штучних умовах. Також добре вивчений груповий склад лейкоцитів у різних екологічних груп риб [111, 174, 148].

Згідно з дослідженнями, лейкоцити риб дуже чутливі до змін інтенсивності лейкопоезу, що викликає зміни у складі і кількості окремих типів лейкоцитів. У свою чергу, інтенсивність лейкопоезу залежить від гідрохімічних показників води і піддається впливу біотичних і абіотичних стрес-факторів [17, 80].

Гематологічні дослідження необхідні для характеристики фізіологічного стану риб. Вони допомагають виявити порушення, які можуть виникати в організмі за дії різноманітних чинників умов існування [171].

Відомо, що гемоглобін – це дихальний пігмент крові, який виконує, в основному, роль переносника молекулярного кисню від органів дихання до тканин. В еритроцитах гемоглобін знаходиться у вільному стані і у вигляді біохімічних комплексів з білками або фосфатидами [16, 40]. Поряд із зниженням кількості еритроцитів, у крові хворої риби також зменшувався вміст гемоглобіну. Кількість гемоглобіну може змінюватися під впливом таких факторів, як сезон, гідрохімічний режим водойми (чим нижче рН водного середовища, тим більше гемоглобіну у крові), температура води [32].

Кольоровий показник показує ступінь насичення еритроцитів гемоглобіном. Він необхідний для діагностики заморів риб, при порушенні гідрохімічного режиму у водоймі [16].

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) – відомий, але неспецифічний показник; він залежить від властивостей білків плазми та заряду мембрани еритроцитів, змін у складі білкових фракцій крові, співвідношення холестерину і лецитину, від кількості еритроцитів у крові. Його показники використовуються для діагностики захворювань риб різноманітного генезу [32].

Досить вагоме значення має білковий коефіцієнт та вміст загального білка у плазмі крові, високий вміст білка в межах фізіологічних норм є сприятливою ознакою, значні втрати білка пов'язані зі зниженням життєстійкості і можуть супроводжуватися загибеллю риб [2]. Підвищення активності АлАТ та АсАТ у плазмі крові риб є маркерами, які вказують на пошкодження м'язів, печінки та інших внутрішніх органів і, взагалі, є маркерними індексами [154].

Концентрація глюкози у крові є лабільним показником, яка може збільшуватися при гострих стресових реакціях, таких як вплив важких металів на організм [26]. Дослідження крові риб у природних і штучних умовах дозволяють швидко і об'єктивно оцінити фізіологічний стан риб, а значить з'ясувати ступінь відхилень від норми і характер гематологічних адаптацій [80, 81, 177].

Вивчення крові дозволяє визначити адаптаційні можливості риб в умовах конкретних водойм, а картину крові можна використовувати як еталон еколого-фізіологічного стану риб в період активного антропогенного впливу на водойми [16]. Динаміка біохімічних показників може слугувати маркером стану організму риб в штучних і природних водоймах, характеризувати якість і кількість харчування, щільність заселення, адаптивну здатність риб, інтенсивність дії антропогенних факторів [55, 56].

Висновки до розділу

Аналіз літературних джерел показує, що проблема забруднення водного середовища є першочерговою як в Україні, так і в усьому світі. Різноманітні забруднювачі у воді негативно впливають на гідробіонтів та їх фізіологічний стан. Деякі популяції адаптуються під дією антропогенних факторів, серед таких популяцій знаходиться карась сріблястий, який через тривале перебування у забрудненому середовищі може досить швидко пристосовуватися, однак механізми його адаптації недостатньо вивчені.

Морфо-фізіологічні показники риб та їх зміни дають можливість надати оцінку загального стану дослідного організму та умов його середовища існування. Наразі, необхідно проводити дослідження, які могли б надати можливість прогнозувати зміни, що можуть відбуватися під впливом токсичного забруднення як на рівні одного організму, так і на рівні популяції в цілому. Нажаль, досліджень функціонального стану організму карася сріблястого на тканинному та клітинному рівнях проведено не достатньо, більшість з них мають фрагментарний характер, а деякі взагалі відсутні. Тому, існує необхідність провести комплексні та поглиблені дослідження даного виду.

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились протягом 2018–2022 років на кафедрі загальної біології та водних біоресурсів та в Науково-дослідній лабораторії гідробіології, іхтіології та гідробіології Науково-дослідного інституту біології Науково-дослідної частини Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Проби для проведення досліджень відбирали на ділянках акваторії Запорізького (Дніпровського) водосховища, а саме: нижня ділянка (поблизу с. Військове) та Самарська затока (поблизу с. Одиноківка), що відрізняються за екотоксикологічним режимом.

Об'єктом дослідження були чотирирічні особини карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) обох статей (рис. 3.1). Лов здійснювали стандартними ставними сітками з кроком вічка 30–45 мм відповідно до діючого законодавства та на підставі розробленого біологічного обґрунтування застосування дрібновічкових ставних сіток на акваторії Самарської затоки Запорізького (Дніпровського) водосховища.



Рисунок. 3.1 Об'єкт дослідження: карась сріблястий *Carassius gibelio* (Bloch, 1782). Фото: Курченко В.О.

2.1 Гідроекологічні методи

Проби води відбирали синхронно у літньо-осінній період. Уього було відібрано та проаналізовано 15 проб води. Під час проведення досліджень визначали температуру води за допомогою ртутного термометра, величину водневого показника за допомогою рН-метра, вміст розчиненого кисню, аміаку, кількість розчиненої органічної речовини за показниками перманганатної окиснюваності за загальноприйнятими методиками [5].

Для визначення амонійного азоту в поверхневих водах використовували фотометричний метод з реактивом Неслера. Суть методу полягає в тому, що у лужному середовищі аміак взаємодіє з тетраїодомеркуратором (II) калію, утворюючи жовто-коричневі сполуки, які випадають в осад або переходять у колоїдний стан [5].

Для визначення нітритів (NO_2^-) у поверхневих водах використовували фотометричний метод з сульфаніловою кислотою та α -нафтиламіном (реактив Гріса). Зазначений метод базується на діазотуванні сульфанілової кислоти нітритами та взаємодії одержаної солі з α -нафтиламіном. Оптимальне значення рН для цієї реакції становить 2,5–3,0. Світлопоглинання вимірюють із світлофільтрами, близькими до $\lambda = 520$ нм [5].

Нітрати (NO_3^-) визначали фотометричним методом з саліциловою кислотою. Суть методу полягає в тому, що в сірчанокислотному середовищі нітрат-іони утворюють з саліцилатом натрію суміш 3- та 5-нітросаліцилових кислот, солі яких у лужному середовищі мають жовтий колір. Світлопоглинання вимірюють при $\lambda=410$ нм, користуючись кюветами з товщиною шару 2 см [5].

Для визначення фосфору фосфатів застосовували фотометричний метод з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Внаслідок взаємодії ортофосфатів з молібдатом амонію у кислому середовищі (рН 0,80–0,95) у присутності аскорбінової кислоти утворюється сполука інтенсивного синього кольору. Ця реакція відбувається при нагріванні [5].

Вміст розчиненого кисню у воді визначали методом Вінклера, який ґрунтується на взаємодії кисню з гідроксидом мангану у лужному середовищі [5].

Перманганатну окисність води визначали методом, який ґрунтується на окисненні речовин, що знаходяться в пробі води, 0,002 моль/дм³ розчином перманганату калію в сірчаноокислому середовищі при кип'ятінні [5].

Для визначення вмісту важких металів у воді, її спочатку фільтрували через мембранний фільтр для відділення зважених речовин, підкисляли особливо чистою соляною кислотою до рН 2,5 і зберігали до подальшої обробки. Надалі 1 л проби води випаровували насухо, після чого залишок розчиняли в 1н азотній і 1н соляній кислотах. Вміст важких металів в пробі визначали на спектрофотометрі С-115М1 [79]. Показники хімічного складу води порівнювали з нормативними критеріями якості води для рибогосподарських потреб (СОУ 05.01-37-385:2006; ДСТУ 2284:2010).

Для визначення вмісту важких металів в органах та м'язах риб, зразки відбирали та висушували при температурі 105°C до постійної маси, а потім за температури 450°C спалювали до отримання білої золи, яку потім обробляли 1н азотною та 1н соляною кислотою. Отриманий розчин фільтрували через фільтр «синя стрічка» та переносили до ємностей, доводячи об'єм до 10 мл. Вміст важких металів в пробі визначали на спектрофотометрі С-115М1 [79].

Коефіцієнт накопичення важких металів у органах карася сріблястого обчислювали за формулою (3.1):

$$K = \frac{C_s}{C_w}, \quad (3.1)$$

де К – коефіцієнт накопичення; C_s – концентрація важких металів у тканинах або органах риб, мг/дм³; C_w – концентрація важких металів у воді, мг/дм³ [79].

2.2 Іхтіологічні методи

При дослідженні було використано класичні іхтіологічні методи визначення віку, статі, маси тіла (загальну та без нутроців) та маси внутрішніх органів риб для подальшого розрахунку їх індексів. Морфометричний аналіз іхтіологічного матеріалу було проведено за схемою на рисунку 3.2. [49, 138]. За весь період досліджень було відібрано та проаналізовано 1200 особин карася сріблястого.

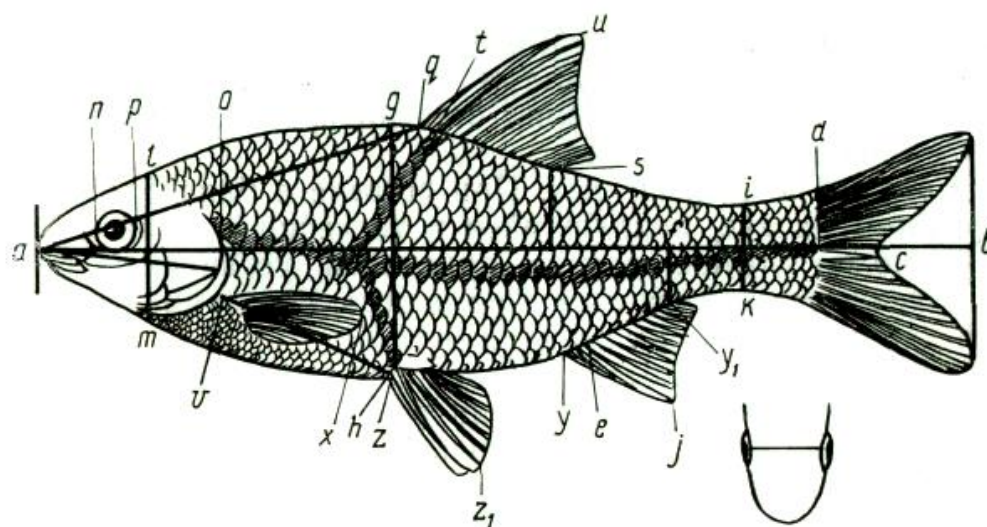


Рис.3.2 Схема проміру корошових риб [49].

Примітка: ab (L) – абсолютна довжина риби; ad (l) – іхтіологічна довжина; ao (lc) – довжина голови (від вершини рила до найвіддаленішої точки зябрової кришки); gh (H) – найбільша висота тіла; ik (h) – найменша висота тіла; aq (aD) – антедорзальна відстань; sd (pD) – постдорзальна відстань; ud (pl) – довжина хвостового стебла; vz (PV) – пектровентральна відстань; qs (lD) – довжина основи спинного плавця; gu (hD) – висота спинного плавця; vx (lP) – довжина грудного плавця; pr (do) – горизонтальний діаметр ока; po (po) – позаочна відстань; an (lr) – довжина рила. Меристичні ознаки: 1. 1. – число лусок у бічній лінії, D – число променів у спинному плавці, A – число променів у анальному плавці, P – число променів у грудному плавці, V – число променів у черевному плавці, C – число променів у хвостовому плавці [49].

Індекси зябер, печінки та нирок розраховували за загальноприйнятими методиками, порівнюючи масу органів до маси тіла риб. За весь період дослідження для визначення індексів внутрішніх органів риб було відібрано 300 особин карася сріблястого. Вгодованість риб розраховували за Фультоном (3.2) та Кларк (3.3) за допомогою формул: [5].

$$K_e = m / l^3 \times 100\%, \quad (3.2)$$

де, K_e – коефіцієнт вгодованості за Фультоном; m – маса тіла риби, г; l – стандартна довжина риби, см.

$$K_e = (m - m_l) / l^3 \times 100\%, \quad (3.3)$$

де, K_e – коефіцієнт вгодованості за Кларк, m – маса тіла риби, г; m_l – маса нутрощів риби, г; l – стандартна довжина риби, см.

Вік риби визначали за річними кільцями луски [49].

2.3 Гематологічні методи

Кров відбирали з хвостової вени. Невелику краплю взятої від риби крові наносили на предметне скло на відстані 1–1,5 см від його кінця. Потім ковзним рухом шліфованого скла вперед кров рівномірно розподіляли у вигляді мазка по предметному склі. Готовий мазок підсушували на повітрі. Далі мазки фіксували у фіксаторі Май-Грюнвальда (2–3с.) Фіксовані мазки фарбували за модифікованим способом (рис. 3.3) [37]. Цей спосіб заснований на класичному способі фарбування за Папенгеймом, але відрізняється інтервалом часу відведеного на фарбування у розчині барвника Романовського. Сутність цього способу полягає у тому, що вже на фіксований мазок крові у барвнику-фіксаторі Май-Грюнвальда наносять розчин барвника Романовського і залишають на 5 хв. Після закінчення фарбування, фарбу змивають сильним струменем дистильованої води і залишають мазки вертикально у штативі для просушування. Таким чином, час на фарбування мазків крові у розчині барвника Романовського скоротився у 3 рази без втрати якості фарбування [37].

Ідентифікацію формених елементів крові проводили за допомогою атласу [27]. Фотографії препаратів робили за допомогою цифрової фотокамери «SciencelabT500 5.17M», яка підключалася до мікроскопу Ulab XY-B2TLED при збільшені 400х.

Протягом усього долідження було проаналізовано 1200 еритроцитів карася сріблястого. При морфометричному аналізі еритроцитів визначали наступні показники: великий повздовжній (D) та малий поперечний (d) діаметри зрілих

еритроцитів, площу еритроцита (S), площу ядра еритроцита (s), ядерно-цитоплазматичне співвідношення розраховували за формулою (3.4):

$$ЯЦС = s/S, \quad (3.4)$$

де, s – площа ядра еритроцита, мкм^2 ; S – площа еритроцита, мкм^2 .

Обчислення проводили за допомогою ліцензійного програмного забезпечення ScienceLabView7.

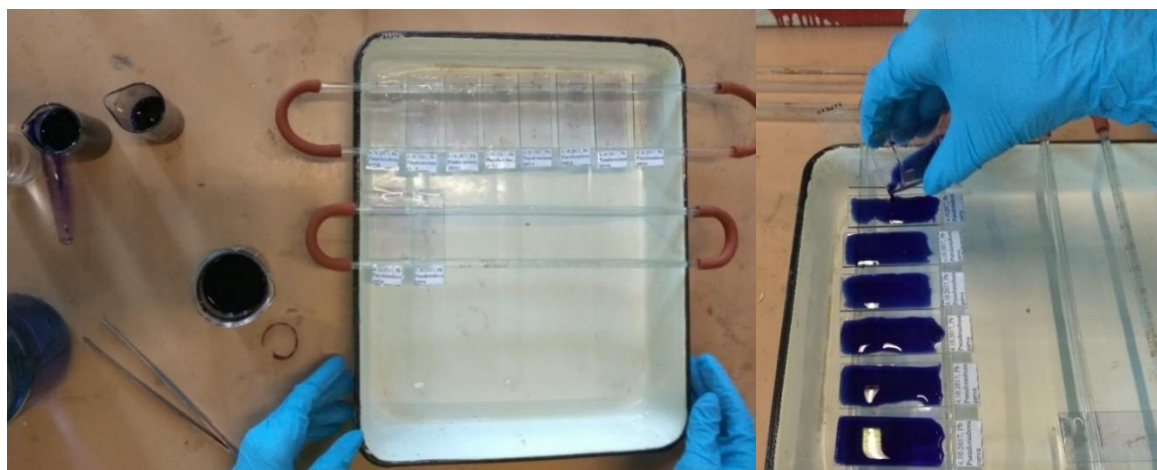


Рисунок 3.3 Процес виготовлення та фарбування мазків крові риб. Фото: Курченко В.О.

Гематологічні та біохімічні дослідження проводили за класичними методиками [16]. За весь період для даних досліджень було відібрано 120 особин карася сріблястого. Визначалися наступні показники: загальна кількість еритроцитів (метод пробірок у камері Горяєва), гемоглобін (метод визначення гемоглобіну по Салі), кольоровий показник, швидкість осідання еритроцитів (мікрометод Панченкова), загальна кількість лейкоцитів (непрямий метод підрахунку кількості лейкоцитів).

Визначення кількості еритроцитів методом пробірок у камері Горяєва. Градуйованою піпеткою у пробірку наливали 4 мл розчину Хендрикса. У капілярну піпетку від гемометра Салі набирали кров до мітки 20 мкл і видували у пробірку, обережно промиваючи капіляр декілька раз. Покривне скло притирали у камері

Горяєва до появи кілець Ньютона. Вміст пробірки перемішували і за допомогою пастеровської піпетки заповнювали камеру Горяєва. Через 1–2 хв. починали підрахунок числа еритроцитів під мікроскопом у 5 великих та 80 малих квадратів, розташованих по діагоналі. Для визначення кількості еритроцитів в 1 мкл достатньо помножити отримане при підрахунку число еритроцитів на 10000 [16].

Метод визначення гемоглобіну по Салі. У градуйовану піпетку гемометра Салі до мітки «2» піпеткою наливали децинормальний розчин соляної кислоти. У капілярну піпетку від гемометра Салі набирали кров до мітки 20 мкл і видували її в розчин соляної кислоти. Отриману суміш перемішували скляною паличкою і залишали на 10 хв. Потім у пробірку по краплинам доливали дистильовану воду, перемішуючи скляною паличкою, підбирали колір робочого розчину, щоб він співпадав з кольором рідини у стандартних пробірках. Кількість гемоглобіну підраховували за нижньою межею робочого розчину на градуйованій пробірці, 1 г % дорівнює 10 г/л [16].

Визначення швидкості осідання еритроцитів. Попередньо змочували капіляр апарату Панченкова до верха 5% розчином лимоннокислого натрію, набираючи цей розчин до мітки реактиву (до 50 мм) і спускали його у скляну пробірку, потім піпеткою набирали два рази кров до мітки К (до верха), спускали у ту ж саму ємність, змішували, набирали у капіляр до 0 і ставили у штатив, співвідношення виходить – 1:4. Через годину підраховували у міліметрах висоту утвореного стовпчика плазми [16].

Визначення загальної кількості лейкоцитів непрямим методом. Визначають число лейкоцитів, що зустрічаються при підрахунку 1000 еритроцитів у мазку крові, а потім перераховують їх кількість на 1 мкл за формулою (3.5):

$$X=(A \times B) /1000, \quad (3.5)$$

де, X – загальна кількість лейкоцитів в 1 мкл крові; A – число еритроцитів в 1 мкл крові, визначено за допомогою камери Горяєва, шт.; B – число лейкоцитів, визначене при підрахунку 1000 еритроцитів у мазку крові, шт.

Визначення активності аланін-амінотрансферази (АлАТ), аспартат-амінотрансферази (АсАТ), вміст загального білка, білкового коефіцієнта, вміст глюкози проводили на автоматичних аналізаторах OLYMPUS AU400 та AU480 Beckman Coulter (США), реактивами Beckman Coulter у лабораторії (м. Дніпро).

2.4 Гістологічні методи

Внутрішні органи для гістологічних досліджень відбирали від свіжовиловленої риби шляхом анатомічного розтину. Для фіксації відбирали фрагменти органів розміром 0,3–0,5 см. Фіксацію матеріалу для гістологічних досліджень проводили в 10%-ому водному розчині нейтрального формаліну впродовж 24 год. при кімнатній температурі. Після фіксації матеріал промивали впродовж 24 год. проточною водопровідною водою. Далі виготовляли парафінові блоки з послідовним виготовленням зрізів. Для заливки у парафін промитий матеріал зневоднювали у спиртах зростаючої концентрації, просвітляли у ксилолі при температурі 37 °С та заливали у парафін у декілька етапів [133]. За допомогою автоматичного мікротому РМ100А виготовляли гістологічні зрізи товщиною 2–3 мкм, далі їх фіксували та фарбували гематоксилін-еозином. За весь період для гістологічних досліджень було відібрано 300 особин карася сріблястого, виготовлено та проаналізовано по 180 гістологічних препаратів гепатопанкреасу, зябер, нирок.

Отримані гістологічні препарати досліджували за допомогою бінокулярного мікроскопа Ulab XY-B2TLED при збільшенні 400х та 200х. Мікрофотографії робили за допомогою цифрової фотокамери «SciencelabT500 5.17М», під'єднаної до мікроскопа. При цьому визначали наступні цитометричні показники для гепатоцитів: великий повздовжній (D) та малий поперечний (d) діаметри зрілих еритроцитів, площу еритроцита (S), площу ядра еритроцита (s), ядерно-цитоплазматичне співвідношення (s/S). Обчислення проводили за допомогою ScienceLabView7. Усього було проаналізовано 1200 гепатоцитів.

Статистичне опрацювання отриманих результатів проводили із використанням пакетів прикладних програм Microsoft Excel 2018 та STATISTICA

6.0 (StatSoft Inc., 2001). Достовірність розбіжностей між вибірками встановлено за t -критерієм Стюдента.

Під час проведення досліджень біоетичні норми не було порушено. Дослідження було виконано згідно правил біоетики із дотриманням Європейської Конвенції «Про гуманне ставлення до лабораторних тварин», «Загальних принципів експериментів на тваринах» та відповідно до «Положення про використання тварин в біомедичних експериментах» [53, 75, 108, 115].

Список праць, опублікованих за розділом

1. Курченко В., Шарамок Т., Маренков О. (2019). Вдосконалення способу фарбування мазків крові для визначення цитометричних показників крові риб. Біологічні системи, 11, 1, 15–18. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.015>
(Фахова, категорії Б)

2. Курченко В.О., Шарамок Т.С., Березовська Н.О., Маренков О. М. Спосіб експрес-фарбування мазків крові риб / Патент України на корисну модель № 131323. МПК G01N 33/49 (2006.01). № u201807684, заявл. 09.07.2018 р.; опубл. 10.01.2019 р., Бюл. №1. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/609733/>

РОЗДІЛ 3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Характеристика Запорізького (Дніпровського) водосховища

Запорізьке (Дніпровське) водосховище (рис.2.1) розташоване у межах Дніпропетровської та Запорізької областей України. Основна його орієнтація – з півночі на південь. Водосховище було споруджене на порожистій та середній частинах р. Дніпро у 1931 – 1934 рр. У воєнні роки (1941 р. було зруйновано греблю Дніпрогес) водосховище перетворилося на ділянку річки.

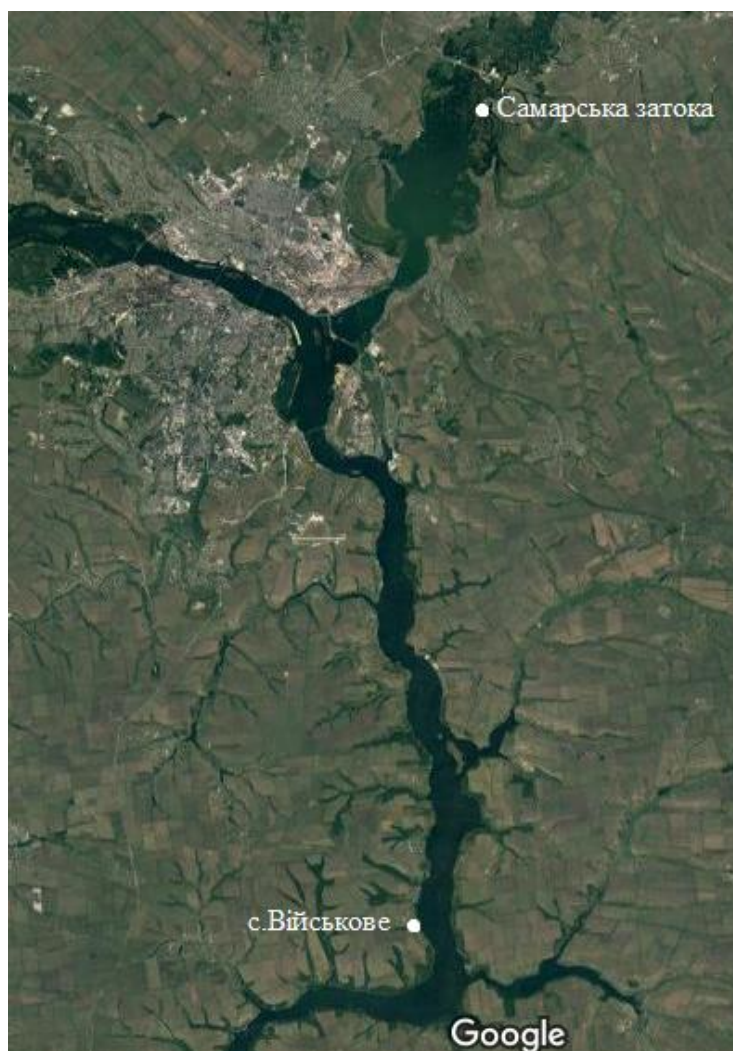


Рисунок 2.1 Схеми Запорізького (Дніпровського) водосховища (космічний знімок, Google maps)

У 1947 греблю було знову споруджено, а водосховище заповнено. Знизу водосховище обмежене греблею Дніпрогесу у м. Запоріжжя, зверху – греблею Кам'янської ГЕС м. Кам'янське [72].

Запорізьке (Дніпровське) водосховище відноситься за генезисом і розташуванням до рівнинно-річкових; по конфігурації – руслове; за об'ємом і площею до категорії великих; за глибиною – середньоглибоке; за водообміном – з дуже великим обміном [18].

Площа водозбору водосховища дорівнює 463000 км². Довжина водосховища – 128,5 км, мінімальна ширина – 600 м, максимальна – 4,5 км, площа при нормальному підпорному рівні (НПР) дорівнює 28,838 км². Максимальна глибина водосховища (біля греблі Дніпрогесу) – 60 м, середня – 8 м. Висота НПГ (нормального підпорного горизонту) – 51,4 м, добові та тижневі коливання рівня – до 0,7 м [8].

Водообмін Запорізького (Дніпровського) водосховища характеризується величинами: повний об'єм 3,3 км³, корисний об'єм – 0,84 км³, середній річний стік – 51,8 км³, водообмін – 15,7 разів в рік.

Свиренко Д. О. та інші автори виділяють на Запорізькому (Дніпровському) водосховищі дві частини, що різко відрізняються: верхню (від м. Кам'янське до гирла р. Самари) з широкою терасованою долиною та розвинутою придатковою системою річки (велика кількість рукавів, озер та ін.) і нижню (від гирла р. Самара до м. Запоріжжя) – каньйоноподібної, де р. Дніпро протікає розломом Українського кристалічного щита завширшки 1,5–2,5 км [63].

Водосховище характеризується асиметричною будовою котловини і значно витягнуте у повздовжньому напрямі на 129,7 км, має багато заток в гирлах приток. Найбільша з приток – р. Самара [24].

Основними джерелами живлення водосховища є талі води в період весняної повені, у меншій мірі – осінні та літні дощі, частково – ґрунтові води. Підйом води у водосховищі в період весняної повені найбільш інтенсивний спочатку березня і до кінця квітня – початку травня, потім відбувається подальше повільне падіння рівня води. Найнижчий рівень води у водосховищі часто спостерігається у лютому. У

липні – жовтні водообмін в Запорізькому (Дніпровському) водосховищі незначний. Водні маси повністю обмінюються в літній період за 2–3 місяці [71].

Основними притоками Запорізького (Дніпровського) водосховища, що формують стік на його території, є річки Самара, Оріль, Мокра Сура, Ворона, Плоска Осокорівка, Вільнянка [23]. Водосховище є об'єктом багатоцільового призначення та має добове і тижневе регулювання та передпovenеве спрацювання [59, 66]. У річному ході рівня відзначаються періоди весняно-літнього наповнення, літньо-осінньої стабілізації, зимового спрацювання [72].

На берегах водосховища розташовані великі міста Дніпро, Кам'янське, Новомосковськ (на Самарській затоці водосховища), Запоріжжя.

3.2 Гідроекологічні умови дослідних ділянок

Самарська затока ($48^{\circ}53'40.21''\text{N}$; $35^{\circ}18'73.20\text{E}$) характеризується досить високим ступенем антропогенного навантаження, що зумовлено надходженням забруднювачів із стоком р. Самари, а також прямим негативним впливом на акваторію та прибережні зони затоки [71]. У цілому, Самарська затока характеризується мілководністю (середні глибини менш ніж 2 м) і високим ступенем заростання як жорсткою надводною, так і м'якою підводною вищою рослинністю (у середньому заростання складає 45%) [8, 22].

Наразі гідроекологічний стан Самарської затоки перш за все визначається рівнем антропогенного навантаження і характеризується як досить напружений [26, 68, 69].

Нижня ділянка водосховища, що знаходиться поблизу с. Військове ($48^{\circ}22'30.75''\text{N}$; $35^{\circ}20'80.05\text{E}$) вважається умовно чистою акваторією в екологічному відношенні, оскільки розташована в аграрній зоні і не відчуває безпосереднього промислового впливу [8].

У результаті проведених досліджень щодо екологічного стану води у Запорізькому (Дніпровському) водосховищі, визначено гідрохімічні показники дослідних ділянок (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Гідрохімічні показники Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 5$)

Показники	Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
	Літо	Осінь	Літо	Осінь
pH	$7,6 \pm 0,05$	$7,7 \pm 0,04$	$8,3 \pm 0,05$	$8,2 \pm 0,04$
ПОВ, мгО/л	$16,3 \pm 0,6$	$15,42 \pm 0,5$	$14,2 \pm 0,4$	$13,7 \pm 0,5$
O ₂ , мг/л	$5,1 \pm 0,5$	$7,8 \pm 0,7$	$5,3 \pm 0,6$	$7,9 \pm 0,5$
NO ₂ ⁻ , мг/л	$0,08 \pm 0,003$	$0,05 \pm 0,001$	$0,005 \pm 0,09$	$0,003 \pm 0,001$
NO ₃ ⁻ , мг/л	$0,46 \pm 0,004$	$0,35 \pm 0,001$	$0,26 \pm 0,002$	$0,22 \pm 0,001$
NH ₄ ⁺ , мг/л	$0,87 \pm 0,03$	$0,85 \pm 0,05$	$0,91 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,04$
PO ₄ ³⁻ , мг/л	$0,1 \pm 0,02$	$0,1 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,01$	$<0,01$

Показник pH тримався на рівні 7,6–8,3 влітку та 7,7–8,2 восени на дослідних ділянках водосховища. У цілому, це є характерним для Запорізького (Дніпровського) водосховища, де, за багаторічними спостереженнями, середній рівень pH складає 7,0–8,0. Лише влітку, в умовах кисневого дефіциту в придонних шарах, величини pH знижуються до 6,0 [68].

Від величини pH залежить розвиток і життєдіяльність водних організмів, сталість різноманітних форм міграції елементів, форма існування у воді цілої низки хімічних сполук, а також pH води впливає на процеси перетворення різноманітних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин [22].

За гідрохімічними показниками незначне перевищення нормативних показників зафіксовано за значеннями перманганатної окиснюваності у воді дослідних ділянок. Це свідчить про підвищений вміст легкоокиснюваних органічних сполук у воді та дозволяє віднести її до III класу, 5 категорії («посередня») якості у нижній ділянці водосховища, а у Самарській затоці до IV класу, 6 категорії («погана»). Високі значення перманганатної окиснюваності сприяють підвищенню евтрофікації, що, у свою чергу, посилює розвиток фітопланктону.

Вміст кисню влітку на дослідних ділянках відповідав III класу, 5 категорії («посередня»), а восени – II класу, 2 категорії («дуже добра»). Вміст розчиненого кисню, залежить передусім від температури води: її підвищення супроводжується зменшенням концентрації, і навпаки – зниження температури призводить до збільшення розчинності і вмісту кисню. Зниження ступеня кисневого насичення води зменшує інтенсивність процесів самоочищення у водосховищі і погіршує якість води. Крім того, нестача кисню викликає посилення процесів відновлення, внаслідок чого посилюється процес міграції речовин з донних відкладів у воду, що контактує з ними, тобто відбувається вторинне забруднення водного середовища, масштаби якого визначаються в значній мірі тривалістю впливу анаеробних умов [19].

Результати гідрохімічного аналізу дозволили встановити, що за вмістом азоту амонійного (NH_4^+) вода на дослідних ділянках відповідає III класу 5 категорії якості води («посередня»). Вміст нітритів (NO_2^-) відрізнявся на точках відбору, так у нижній ділянці за даним показником вода відносилась до II класу, 2 категорії («добра»), а в Самарській затоці – до IV класу, 6 категорії («погана») влітку та III класу, 5 категорії («посередня») восени. Вміст нітратів (NO_3^-) на дослідних ділянках не перевищував нормативні значення та відповідав II класу, 3 категорії («добра») якості води. Треба враховувати, що евтрофні прісноводні екосистеми, які містять відносно високі концентрації азоту, мають підвищену тенденцію до явища «цвітіння» ціанобактерій.

Вміст біогенних елементів у воді залежить від антропогенних факторів, а саме скидів стічних вод підприємств, а також від сільсько-господарської діяльності [25]. Вміст фосфатів на різних точках відбору дещо відрізнявся: у нижній ділянці водосховища за даним показником вода відносилася до I класу, 1 категорії якості («відмінна»), а у Самарській затоці до III класу, 4 категорії («задовільна»).

Зоною постійної токсифікації важкими металами у водосховищі є Самарська затока, куди впадає р. Самара, забруднена стічними водами Павлоградського вугільного басейну. Саме вона є основним джерелом високої мінералізації води (до 2460 мг/дм^3) і забруднення її важкими металами [26].

Дослідження на наявність важких металів у воді показали, що якість води Запорізького (Дніпровського) водосховища не відповідала рибогосподарським нормативам за вмістом купруму, цинку, мангану та нікелю (рис. 2.2).

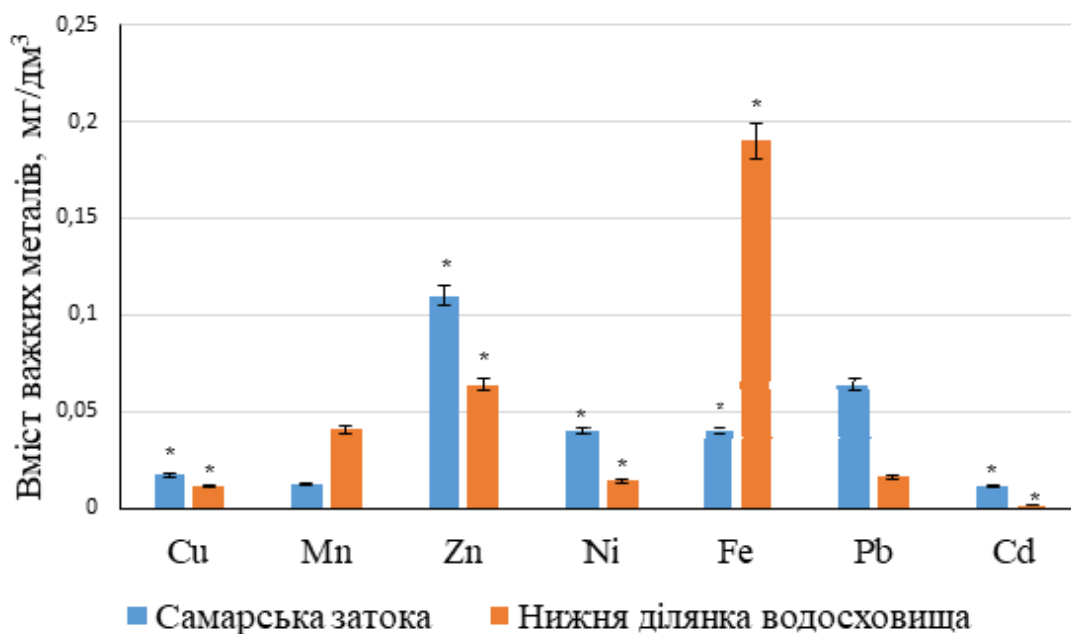


Рисунок 2.2 Вміст важких металів у воді дослідних ділянок: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

В останні роки спостерігається досить висока концентрація купруму у воді водосховища і в середньому по акваторії складає 0,01 мг/л. Цей факт можна пояснити тим, що основним джерелом надходження купруму у водні об'єкти є стічні води хімічних і металургійних підприємств, а також сільськогосподарських угідь, на яких використовують різні препарати з вмістом купруму для боротьби зі шкідливими рослинами.

Вміст цинку порівняно з попередніми дослідженнями [118] збільшується, що свідчить про його техногенне походження. Сполуки нікелю у водні об'єкти надходять із стічними водами цехів нікелювання, заводів синтетичного каучуку, нікелевих збагачувальних фабрик, з ґрунтів і з рослинних і тваринних організмів при їх розпаді, підвищений вміст нікелю знайдено в синьо-зелених водоростях [121, 176].

У період дослідження вміст купруму складав 11–17 ГДК, цинку 6,4 – 11 ГДК, нікелю 1,4 – 4 ГДК у нижній ділянці водосховища та Самарській затоці відповідно. Концентрація мангану також збільшилася порівняно з попередніми дослідженнями [118] і перевищувала ГДК у 4,1 разів у нижній ділянці та в 1,2 разів у Самарській затоці. Концентрація мангану в поверхневих водах схильна до сезонних коливань. Факторами, що визначають зміни його концентрацій, є співвідношення між поверхневим і підземним стоком, інтенсивність споживання його при фотосинтезі, розпад фітопланктону, мікроорганізмів і вищої водної рослинності, а також процеси осадження на дно [118]. У Запорізькому (Дніпровському) водосховищі спостерігається найбільш різноманітні концентрації у воді мангану у вегетаційний період порівняно з іншими елементами.

Порівняно з попередніми дослідженнями [118] вміст свинцю у воді рибогосподарських ділянок водосховища зменшився і не перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Вміст заліза не перевищував ГДК на обох досліджуваних ділянках, однак його концентрація була вищою у нижній ділянці водосховища.

Концентрація кадмію не змінювалась порівняно з попередніми дослідженнями [118]. Виявлено перевищення ГДК у воді Самарської затоки у 2,2 рази.

Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод водосховища за ступенем їх чистоти (забрудненості), вода в Самарській затоці відноситься до III класу 5 категорії («помірно забруднені»), а у нижній ділянці водосховища – III класу, 4 категорії («слабко забруднені»).

Висновки до розділу

Виявлено підвищення значень перманганатної окиснюваності та вмісту фосфатів у воді Самарської затоки, порівняно з нижньою ділянкою водосховища. Влітку виявлено незначний дефіцит вмісту кисню у воді на двох дослідних ділянках, що спричинено сезонними змінами. Також влітку фіксували збільшення вмісту

нітритів у воді Самарської затоки. Вода у Самарській затоці має досить високі показники мінералізації, які з кожним роком зростають.

Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод водосховища за ступенем їх чистоти (забрудненості), вода в Самарській затоці відноситься до III класу, 5 категорії («помірно забруднена»), а в нижній ділянці водосховища – III класу, 4 категорії («слабко забруднена»). Багаторічний моніторинг Запорізького (Дніпровського) водосховища свідчить про те, що Самарська затока знаходиться під стійким токсичним впливом важких металів.

У воді Запорізького (Дніпровського) водосховища збільшується концентрація купруму, цинку та мангану. Встановлено, що концентрація майже всіх досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки вище порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища. Виявлено високі концентрації купруму, цинку, нікелю, мангану та кадмію.

Перелік робіт, опублікованих за розділом.

1. Шарамок Т.С., Федоненко О.В., Курченко В.О., Ніколенко Ю.В. (2019). Питання біоіндикації та екології. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища, 24, 2, 137–149. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-12> (**Фахова, категорії Б**)
2. Курченко В.О., Шарамок Т.С. (2019). Сучасний токсикологічний стан (за вмістом важких металів) рибогосподарських ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища). 73-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ (3–4 квітня), С. 34–35.
3. Шарамок Т.С., Курченко В.О., Ніколенко Ю.В. (2020). Гідроекологічні показники Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер.74-ї Всеукр.наук.-практ. конференції. «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – Виробництво продукції – Екологічні проблеми». Київ (26–27 березня), С. 12–13.

РОЗДІЛ 4 МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО В УМОВАХ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

4.1 Морфологічні особливості та сучасний стан статеві структури карася сріблястого

За останні 15 років карась сріблястий в умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища поступово змінив свою статеву структуру популяції. У 2007 р. частка самців складала 46,0 %, а самок – 54,0 % від загальної кількості популяції, у 2008 р. частка самців дорівнювала 36,0 %, а самок – 64,0 %, у 2009 році самців – 34,0 %, а самок – 66,0 %. У 2010 р. частка самців складала 37,0 %, а самок 63,0 % [73, 74]. У 2019 р. частка самців зросла до 40 %, причому у молодших вікових групах більше самців (52,0 – 56,0 %), у старших вікових групах – більше самок (понад 60,0 %) [48].

Співвідношення статей є пристосувальною властивістю риб і спрямовано на забезпечення успішного відтворення. У більшості риб співвідношення статей близько 1 : 1, але залежно від розміру особин або інших факторів воно стає іншим і може змінюватися в одного і того ж виду [42].

Раніше існувала точка зору про те, що співвідношення статей змінюється лише в результаті природного відбору без урахування впливу на ці процеси оточуючого середовища. Встановлено, що шляхом зміни температури, солоності води, щільності посадки риб, зміни інтенсивності і характеру обміну речовин, а також впливом на ікру, що розвивається, статевими гормонами, можна змінювати співвідношення статей в популяції [85].

При дослідженні ми спостерігали тенденцію до збільшення частки самців у популяції карася сріблястого. Було встановлено, що частка самців у нижній ділянці Запорізького (Дніпровського) складала 45,0 %, а у Самарській затоці 55,0 % (рис.4.1).

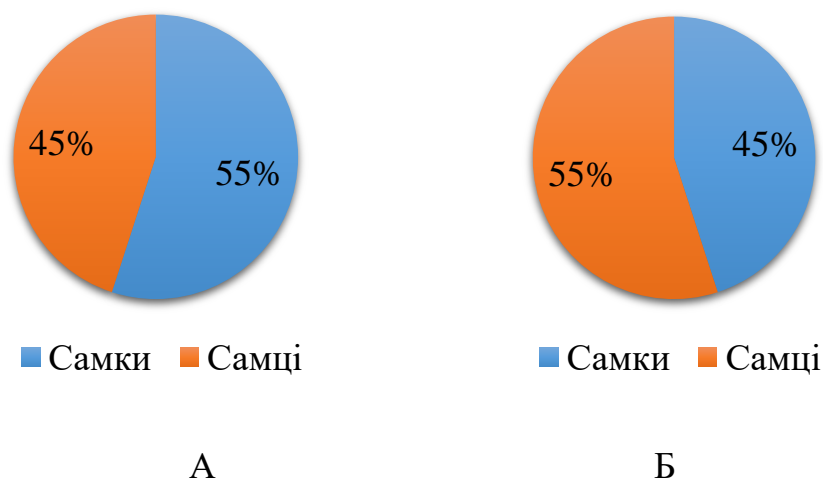


Рисунок 4.1 Статева структура карася сріблястого Запорізького водосховища, (n = 100): А – нижня ділянка водосховища; Б – Самарська затока.

За результатами досліджень розмірно-вагових показників виявлені достовірні відмінності у довжині тіла риби – так іхтіологічна довжина була більшою у карася з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, ніж у риби Самарської затоки на 20,2 % у самок та на 38,7 % у самців. Самці з нижньої ділянки водосховища мали більшу довжину порівняно з самками на 14,6 %. У Самарській затоці відмінностей у довжині за статтю не виявлено.

Середня маса риби у нижній ділянці водосховища складала $441,76 \pm 2,60$ г у самок та $346,25 \pm 2,73$ г у самців. У риби із Самарської затоки цей показник був менший на 34,1 % у самок та на 56,4 % у самців, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). Коефіцієнт вгодованості за Фультаном у самок карася з Самарської затоки був нижчим на 17,6 % порівняно з самками з нижньої ділянки водосховища. У самців дані коефіцієнти суттєво не відрізнялись.

Коефіцієнт вгодованості за Кларк у самок карася з Самарської затоки був нижчим на 25,0 %, у самців також спостерігалась тенденція до зниження на 8,8 % (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Розмірно-вагові показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 100$)

Показник	Нижня ділянка водосховища		Самарська затока	
	Самки	Самці	Самки	Самці
l, см	$24,32 \pm 5,89^*$	$27,87 \pm 7,66^*$	$20,23 \pm 16,08^*$	$20,09 \pm 6,80^*$
m, г	$441,76 \pm 2,60^*$	$346,25 \pm 2,73^*$	$290,93 \pm 7,73^*$	$150,88 \pm 1,46^*$
K_f	$1,76 \pm 0,06$	$1,58 \pm 0,05$	$1,45 \pm 0,14$	$1,62 \pm 0,09$
K_k	$1,48 \pm 0,04$	$1,37 \pm 0,05$	$1,11 \pm 0,07$	$1,25 \pm 0,07$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Відомо, що існування риб в умовах посиленого антропогенного навантаження призводить до зниження коефіцієнтів вгодованості [30]. Тому, данні щодо зниження значень цих коефіцієнтів у риб з Самарської затоки свідчать про несприятливі умови середовища.

За більшістю досліджених морфометричних показників карася сріблястого з досліджених ділянок не виявлено достовірних відмінностей, окрім розбіжностей, що стосувались переважно довжини хвостового стебла (pl), пектоventральної відстані (PV) та діаметру ока (do) (табл.4.2).

Таблиця 4.2 – Морфометричні показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 100$)

Показник	Нижня ділянка	Самарська затока
Пластичні ознаки, у % від іхтіологічної довжини		
Lc	$25,75 \pm 0,08$	$26,62 \pm 0,1$
H	$40,41 \pm 0,15$	$40,7 \pm 0,09$
H	$17,57 \pm 0,07$	$17,12 \pm 0,08$
Pl	$15,99 \pm 0,09^*$	$17,71 \pm 0,07^*$
aD	$45,33 \pm 0,14$	$45,84 \pm 0,18$
pD	$19,49 \pm 0,11$	$20,79 \pm 0,14$
lD	$37,32 \pm 0,15$	$38,73 \pm 0,16$

Продовження табл. 4.2

hD	16,14 ± 0,08	16,96 ± 0,06
PV	17,37 ± 0,08*	19,08 ± 0,10*
IP	18,20 ± 0,08	18,66 ± 0,07
Пластичні ознаки, у % від довжини голови		
Lr	25,55 ± 0,02	26,07 ± 0,04
Do	19,44 ± 0,02*	22,5 ± 0,02*
Po	54,0 ± 0,05	54,48 ± 0,07
Меристичні ознаки, кількість, шт.		
l.l.	29,95 ± 0,13	29,95 ± 0,13
D	17,3 ± 0,28	17,3 ± 0,1
A	6,0 ± 0,00	6,0 ± 0,00
P	17,0 ± 0,00	17,0 ± 0,00
V	7,0 ± 0,00	7,0 ± 0,00
C	17,7 ± 0,1	17,4 ± 0,14

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Усі вищезазначені показники мали тенденцію до збільшення у риб з Самарської затоки. Меристичні ознаки у популяціях риб достатньо стійкі та генетично закріплені. Показники основних меристичних ознак карася сріблястого з досліджених ділянок були у межах мінливості виду та майже не відрізнялись на дослідних ділянках водосховища.

Малочисельні відмінності у пластичних та меристичних ознаках можуть говорити про невисоку фенотипічну мінливість виду на дослідних ділянках водосховища. Тобто спостерігається подібність екстер'єру популяцій карася сріблястого з двох дослідних точок.

4.2 Морфо-фізіологічні показники карася сріблястого

Дослідження внутрішніх органів можуть дати можливість отримати інформацію, за якою можна визначити фізіологічний стан організму [30]. Морфо-фізіологічні показники у риб змінюються пропорційно до змін екологічних умов. Навіть незначне забруднення водойми може призвести до змін розмірів та маси

функціонально важливих органів, через включення механізмів для протидії інтоксикації [56].

За даними досліджень індексів внутрішніх органів виявлено, що найвищі величини серед досліджених індексів карася сріблястого з нижньої ділянки водосховища встановлені для печінки (гепатопанкреасу) – $3,20 \pm 0,26$ у самок та $3,64 \pm 0,47$ у самців, а найменші – для серця, які становили $0,14 \pm 0,01$ та $0,161 \pm 0,02$ відповідно (табл. 4.3).

У риб з Самарської затоки найбільший показник індексу спостерігали для зябер – $2,06 \pm 0,27$ у самок та $2,78 \pm 0,68$ у самців, а найменший для серця – $0,16 \pm 0,02$ та $0,17 \pm 0,01$ відповідно (табл.4.3).

Експериментально доведено, що індекс гепатопанкреасу (печінки) карася, який перебуває у забруднених водоймах може зменшуватися [30]. Індекс гепатопанкреасу у риб з Самарської затоки був вдвічі меншим, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). Це свідчить про пригнічення функціональної активності гепатопанкреасу.

Індекс зябер у карася сріблястого з обох ділянок суттєво не відрізнявся, однак у самців із Самарської затоки індекс зябер мав тенденцію до збільшення. Зябра відіграють в організмі риб важливу фізіологічну роль органу дихання. Їх захисна функція може проявлятися в розростанні та потовщенні дихального епітелію, що відображається на їх відносній масі [12].

Індекс нирок у риб з нижньої ділянки тримався на рівні $0,32 \pm 0,02$ у самок та $0,30 \pm 0,03$ у самців (табл. 4.3). У самиць із Самарської затоки ми спостерігали достовірне зниження цього показника вдвічі, порівняно з самками з нижньої ділянки водосховища. Відносна маса нирок є чітким індикатором рівня обміну речовин у тварин. Інтенсивність обміну знижується по мірі зростання, отже, зменшується і відносна маса нирок [2].

Також при дослідженні спостерігали збільшення показника індексу серця у самців порівняно з самками з обидвох ділянок. Індекс селезінки у риб з нижньої ділянки був дещо вищим, ніж у риб з Самарської затоки.

Таблиця 4.3 – Індеси внутрішніх органів карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 25$)

Показник	Нижня ділянка водосховища		Самарська затока	
	Самки	Самці	Самки	Самці
Індекс гепатопанкреасу	$3,20 \pm 0,26^*$	$3,64 \pm 0,47^*$	$1,43 \pm 0,19^*$	$1,58 \pm 0,27^*$
Індекс зябер	$2,08 \pm 2,12$	$2,13 \pm 0,21$	$2,06 \pm 0,27$	$2,78 \pm 0,68$
Індекс нирок	$0,32 \pm 0,02^*$	$0,30 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,18^*$	$0,39 \pm 0,11$
Індекс серця	$0,14 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,01$
Індекс селезінки	$0,29 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,04$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Отже, найбільш чутливими до токсичного забруднення водного середовища були індекси гепатопанкреасу та нирок, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). Тому, їх можна успішно використовувати як біомаркери при аналізі стану організму.

4.3 Розподіл важких металів в органах карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища

Дослідження показали, що вміст важких металів у м'язовій тканині карася сріблястого не перевищував ГДК для риби як продукту харчування [60].

Розподіл важких металів в організмі риб є досить нерівномірним. Між іншим, керуючись фізико-хімічними властивостями самих елементів, а також фізіолого-біологічною специфікою органів і тканин риб, цей розподіл є закономірним.

За результатами досліджень встановлено, що закономірність накопичення плюмбуму, феруму та кадмію в організмі риб на двох досліджуваних ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища (Самарська затока та нижня ділянка водосховища) однакова.

За вмістом важких металів у органах риб можливо побудувати наступні ряди зменшення їх концентрації:

- плюмбум – зябра > м'язи > гепатопанкреас;
- ферум – гепатопанкреас > зябра > м'язи;
- кадмій – зябра > м'язи > гепатопанкреас.

Розподіл вмісту цинку, купруму, мангану та нікелю в організмі карася залежав від місця мешкання риб та концентрації важких металів у компонентах гідроекосистеми (табл. 4.4). Для нижньої ділянки водосховища був характерний наступний розподіл:

- цинк – зябра > м'язи > гепатопанкреас;
- купрум – зябра > м'язи > гепатопанкреас;
- манган – зябра > м'язи > гепатопанкреас;
- нікель – гепатопанкреас > зябра > м'язи.

Для Самарської затоки розподіл був наступний:

- цинк – зябра > гепатопанкреас > м'язи;
- купрум – гепатопанкреас > зябра > м'язи;
- манган – зябра > гепатопанкреас > м'язи;
- нікель – зябра > гепатопанкреас > м'язи.

Таблиця 4.4 – Вміст важких металів в органах карася сріблястого, ($M \pm m$, $n = 3$)

Важкі метали, мг/кг	Нижня ділянка водосховища			Самарська затока		
	М'язи	Зябра	Гепатопанкреас	М'язи	Зябра	Гепатопанкреас
Pb	$0,06 \pm 0,01^*$	$0,68 \pm 0,05$	$0,019 \pm 0,004^*$	$0,37 \pm 0,03^*$	$0,71 \pm 0,08$	$0,14 \pm 0,05^*$
Cd	$0,014 \pm 0,005^*$	$0,034 \pm 0,009$	$0,011 \pm 0,007^*$	$0,01 \pm 0,005^*$	$0,032 \pm 0,004$	$0,002 \pm 0,003^*$
Zn	$13,9 \pm 1,2$	$60,4 \pm 4,1$	$7,5 \pm 1,1^*$	$15,6 \pm 1,3$	$69,7 \pm 5,2$	$45,2 \pm 2,4^*$
Mn	$0,18 \pm 0,08^*$	$0,89 \pm 0,06$	$0,098 \pm 0,004^*$	$0,07 \pm 0,007^*$	$1,2 \pm 0,9$	$0,29 \pm 0,08^*$
Cu	$0,33 \pm 0,09$	$0,83 \pm 0,03^*$	$0,24 \pm 0,03^*$	$0,32 \pm 0,05$	$1,5 \pm 1,1^*$	$2,1 \pm 1,8^*$

Fe	$2,41 \pm 0,9^*$	$12,2 \pm 2,8^*$	$15,2 \pm 4,5^*$	$13,9 \pm 5,7^*$	$20,3 \pm 4,1^*$	$39,6 \pm 6,2^*$
Ni	$0,059 \pm 0,008$	$0,08 \pm 0,006^*$	$0,25 \pm 0,02$	$0,058 \pm 0,005$	$1,03 \pm 1,1^*$	$0,24 \pm 0,04$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Відомо, що під час надходження металів в організм риби вони найбільше концентруються у зябрах печінці, нирках та селезінці [13]. Найменше металів, з розрахунку на одиницю маси, міститься у м'язовій тканині. Це підтверджується і нашими дослідженнями.

У м'язах карася з Самарської затоки концентрація феруму та плюмбуму була більшою, ніж у риби з нижньої ділянки водосховища у 5,8 разів та 6,1 рази. Стосовно мангану, то його концентрація була більшою у риби з нижньої ділянки водосховища у 2,6 разів.

Концентрація таких металів, як купруму, феруму та нікелю у зябрах карася сріблястого з Самарської затоки була більшою, ніж у риби з нижньої ділянки водосховища, а саме у 1,8, 1,6 та 12,8 разів відповідно (рис. 4.2). Накопичення металів зябрами залежить від фізіологічного стану тканини, структурної та функціональної організації цього органу. Розгалужена структурна організація зябер та їх відносно мала маса роблять зябра одним із основних місць накопичення металів у риби [100, 131].

Концентрація цинку, мангану, купруму, феруму, плюмбуму у гепатопанкреасі карася сріблястого з Самарської затоки була більшою, ніж у риби з нижньої ділянки водосховища – у 6,0, 3,0, 8,7, 2,6 та 7,3 разів відповідно. У риби з нижньої ділянки водосховища фіксували збільшення концентрації кадмію у 5,5 разів, порівняно з рибами з Самарської затоки. Відомо, що кадмій характеризується достатньо високою токсичністю, ніж інші важкі метали. Метаболізм кадмію тісно пов'язаний з метаболізмом цинку, тому він здатний заміщувати його в багатьох життєво необхідних і важливих ферментативних реакціях [44].

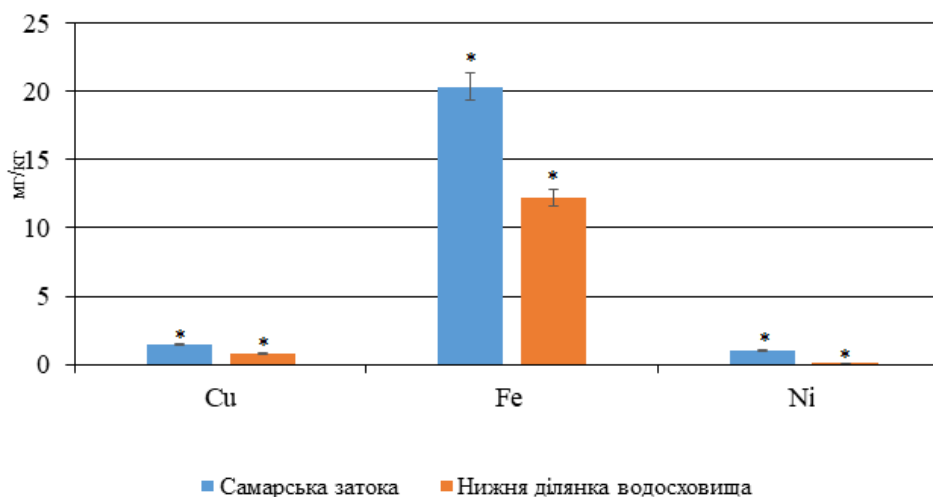


Рисунок 4.2 Вміст важких металів у зябрах карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Хронічна інтоксикація кадмієм може зумовлювати некротичні процеси в зябрах, нирках та печінці, а також затримку росту у риб [31]. Саме плумбум та кадмій стимулюють процеси генерації вільних радикалів і одночасно знижують можливість їх нейтралізації антиоксидантною системою. Високі концентрації металів у гепатопанкреасі (печінці) пояснюється детоксикаційними процесами, які відбуваються у цьому органі [102]. Метали можуть транспортуватися туди з інших тканин, включаючи зябра і м'язи, з метою наступної елімінації [131, 134].

Печінка риб як детоксикаційний орган організму володіє високою акумулюючою здатністю до накопичення важких металів [43, 67]. Основна функція печінки – зв'язувати в організмі токсичні речовини тіоловими групами металотіонеїнів. При зв'язуванні токсинів із рідин біологічного походження зменшується кількість циркулюючих токсичних субстанцій зменшується їх токсичний вплив [165, 166].

За накопичувальної здатності метали у м'язах досліджуваних риб розташовуються у наступній послідовності (ряд зменшення):

- Нижня ділянка водосховища: $Zn > Cu > Fe > Cd > Ni > Mn > Pb$;
- Самарська затока: $Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > Ni > Cd$.

За здатністю до накопичення важкі метали у зябрах карася розташовувались у такій послідовності:

- Нижня ділянка водосховища: $Zn > Cu > Fe > Pb > Mn > Ni > Cd$;
- Самарська затока: $Zn > Fe > Mn > Cu > Ni > Pb > Cd$;

У гепатопанкреасі – у наступній послідовності:

- Нижня ділянка водосховища: $Zn > Fe > Cu > Ni > Cd > Mn > Pb$;
- Самарська затока: $Fe > Zn > Cu > Mn > Ni > Pb > Cd$.

Отже, аналізуючи отримані дані, виявлено, що найбільшу накопичувальну здатність мали такі метали як цинк та ферум, а найменшу – кадмій та плюмбум. Концентрація цинку у біоті завжди підвищується там, де збільшується антропогене навантаження. Значення цинку для організму риб обумовлене його участю в регуляції багатьох ланок обміну речовин у складі цинковмісних ферментів. Визначено опосередковану участь цинку у підтриманні стабільності мембран еритроцитів та обміну незамінних жирних кислот [78]. Біологічна роль ферума пов'язана, головним чином, з функцією залізовмісних білків. Як важливий структурний елемент гемоглобіну, ферум відіграє дуже важливу роль у процесах транспорту, депонування та обміну кисню [4].

Для м'язів карася сріблястого з нижньої ділянки водосховища визначено коефіцієнти зі слабким ступенем накопичення для Pb, Mn, Ni ($K_z = 1$), помірним – Cd, Fe ($K_z = 2$), високим – Cu ($K_z = 4$), надвисоким – Zn ($K_z = 16$).

У карася з Самарської затоки для м'язів визначено наступні коефіцієнти: зі слабким ступенем накопичення – Cd, Mn, Ni ($K_z = 1$), помірним – Pb, Cu ($K_z = 2$), надвисоким – Zn, Fe ($K_z = 16$).

Зябра карася сріблястого з нижньої ділянки водосховища мали слабкий ступінь накопичення для Cd ($K_z = 1$), помірний – Ni ($K_z = 2$), високий – Mn, Cu, Fe, Pb ($K_z = 4$), надвисокий – Zn ($K_z = 16$).

Для зябер карася сріблястого з Самарської затоки визначено коефіцієнти зі слабким ступенем накопичення для Cd ($K_z = 1$), помірним – Pb ($K_z = 2$), високим – Cu, Ni ($K_z = 4$), надвисоким – Zn, Mn, Fe ($K_z = 16$).

Для гепатопанкреасу карася сріблястого з нижньої ділянки водосховища визначено наступні коефіцієнти: зі слабким ступенем накопичення – Pb, Mn ($K_z = 1$), помірним – Cd, Ni ($K_z = 2$), високим – Cu, Fe ($K_z = 4$), надвисоким – Zn ($K_z = 16$).

Гепатопанкреас карася сріблястого з Самарської затоки мав слабкий ступінь накопичення для Pb, Cd ($K_z = 1$), помірний – Ni ($K_z = 2$), високий – Mn ($K_z = 4$), надвисокий – Zn, Cu, Fe ($K_z = 16$).

Органи карася сріблястого мали різні ступені накопичення від слабкого до надвисокого. Відмічено надвисокий ступінь накопичення Zn для всіх досліджених органів карася сріблястого з обох ділянок. Також у риб Самарської затоки виявлено надвисокий ступінь накопичення для Cu, Fe у гепатопанкреасі та Mn і Fe у зябрах. Це може бути пов'язаним з типом живлення карася сріблястого, який постійно контактує з донними відкладеннями.

Отже, виявлено особливості розподілу важких металів в організмі карася сріблястого, що мешкав у різних ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища. У першу чергу в організмі риб накопичувалися есенціальні елементи, такі як Zn та Fe.

Висновки до розділу

Виявлено тенденцію до збільшення частки самців у популяції карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. Встановлено, що частка самців у нижній ділянці водосховища складала 45,0 %, а у Самарській затоці – 55,0 %. Зазвичай, збільшення частки самців у популяції має адаптаційний характер і відбувається за несприятливих умов для покращення процесу відторення виду у певних умовах середовища існування.

Основні меристичні ознаки карася сріблястого з досліджених ділянок були у межах мінливості виду та достовірно не відрізнялись на дослідних ділянках водосховища. При цьому у риб з Самарської затоки спостерігалась тенденція до збільшення цих показників. Виявлені достовірні відмінності у показниках іхтіологічної довжини та середньої маси карася сріблястого: іхтіологічна довжина була більшою у карася з нижньої ділянки водосховища, ніж у карася із Самарської

затоки на 20,2 % у самок та на 38,8 % у самців. Щодо показників середньої маси, то у риб з Самарської затоки середня маса була меншою на 34,1 % у самок та на 56,4 % у самців. Коефіцієнти вгодованості за Фультаном та Кларк у самок карася з Самарської затоки були нижчим порівняно з самками з нижньої ділянки водосховища на 17,6 % та на 25,0 % відповідно. Зменшення розмірно-вагових показників та коефіцієнтів вгодованості у карася в умовах Самарської затоки свідчить про порушення метаболічних процесів в організмі риб під впливом токсичного забруднення.

При дослідженні індексів внутрішніх органів карася сріблястого нижньої ділянки водосховища виявлено, що найбільший індекс був для гепатопанкреасу, а найменший для серця. У риб з Самарської затоки найбільший індекс був для зябер, а найменший також для серця. Виялено тенденцію до збільшення показників індексу серця у риб з Самарської затоки, що може свідчити про адаптацію карася сріблястого до токсичного впливу, оскільки таким чином серце може проганяти більший об'єм крові. У риб з Самарської затоки спостерігали достовірні відмінності у показниках індексу гепатопанкреасу та нирок, так було виявлено зменшення індексу гепатопанкреасу у два рази порівняно з рибами нижньої ділянки водосховища, також у самок Самарської затоки фіксували зменшення індексу нирок у два рази. Тому, дані індекси можна застосовувати, як індикатори токсичного забруднення водного середовища.

Вміст важких металів у м'язовій тканині карася сріблястого не перевищував ГДК для риби як продукту харчування. Стосовно накопичення важких металів органами карася сріблястого, встановлено, що концентрація більшості досліджених металів була вищою в органах карася сріблястого з Самарської затоки. Найбільше в організмі риб накопичувались Zn та Fe. Надвисокий ступінь накопичення Zn встановлено для всіх досліджених органів риб з обох ділянок. У риб Самарської затоки виявлено надвисокий ступінь накопичення для Cu, Fe у гепатопанкреасі та Mn і Fe у зябрах.

Перелік робіт, опублікованих за розділом.

1. Курченко В., Шарамок Т. (2019). Вміст важких металів в органах та тканинах карася сріблястого (*Carassius gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер. II міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку». Херсон, Україна (24–25 жовтня), С. 358–360.

2. Курченко В., Шарамок Т. (2019). Морфо-фізіологічні показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. XII Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Дніпро, Україна (26–28 вересня), С.116–117.

РОЗДІЛ 5 ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

5.1 Морфопатологічні зміни еритроцитів карася сріблястого

Цитологічні дослідження еритроцитів показали, що у нормі на препаратах крові карася сріблястого клітини мали чітку овоїдну форму з рівними контурами, темно-фіолетове ядро яке було розташоване в центрі клітини (рис. 5.1).

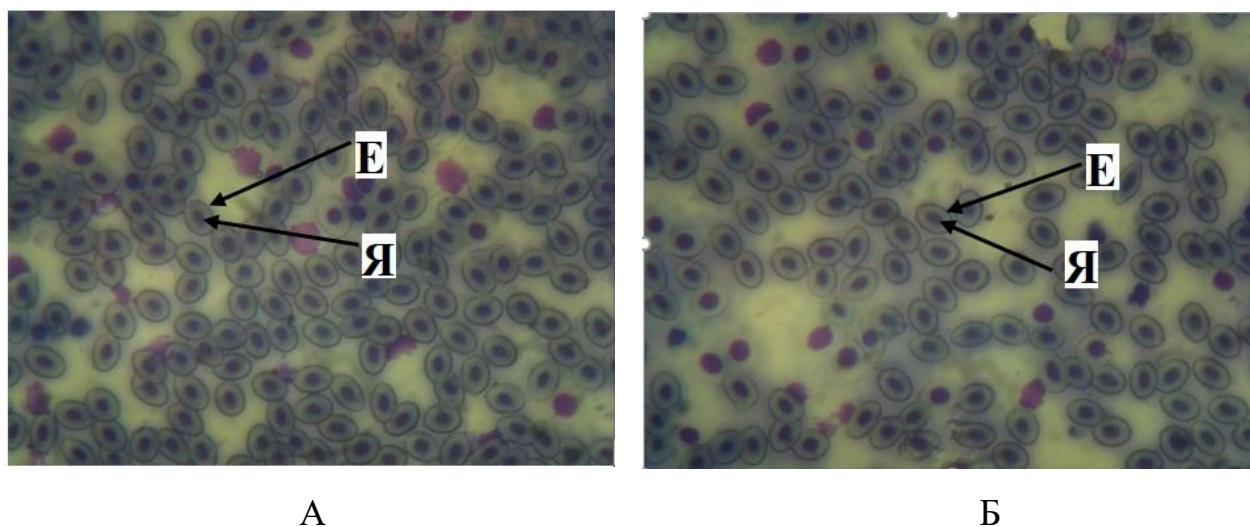


Рисунок 5.1 Еритроцити карася сріблястого (умовна норма): Е – еритроцит, Я – ядро. А– нижня ділянка водосховища; Б – Самарська затока (зб. 400х).

Восени при морфометричному дослідженні фіксували пойкилоцитоз, зустрічалися еритроцити грушоподібної, серповидної та ромбовидної форми (рис. 5.2). При пойкилоцитозі відбувається зміна форми еритроциту, унаслідок чого порушується його функція, тому досить часто він супроводжується розвитком анемії. При даній патології у кров'яному руслі зустрічаються клітини з витягнутими, зігнутими неправильними формами, які можуть мати опуклості та відростки. Дане явище можна спостерігати при зміні умов навколишнього середовища (гіпоксія, вплив хімічних речовин і т.д.), або порушень внутрішнього середовища організму, коли клітинна мембрана втрачає свою еластичність. Однак, інколи зміна форми еритроциту несе компенсаторну функцію, що призводить, у свою чергу, до

збільшення питомої площі поверхні еритроцита, що дозволяє більш ефективно здійснювати газотранспортні процеси [82].

Ядерні (еритроцитарні) тіні з'являються у результаті лізису переважно зрілих еритроїдних форм у системі циркуляції крові. Вони являють собою залишки клітинних ядер, які виникають при руйнуванні клітин крові. На мазках вони виглядають як рожеві «плями» (рис. 5.3). У нормі гемоліз завершує життєвий цикл еритроцитів і відбувається в організмі безперервно. Патологічна форма гемолізу, при якій спостерігається збільшення темпів руйнування еритроцитів, виникає при гематологічних анеміях, токсикозах і т.д. Зниження еластичності клітинної мембрани еритроцитів побічно свідчить про зміну її осмотичних властивостей. Найчисельнішою з патологій були ядерні тіні та фестончатість мембрани у риб з Самарської затоки, у самок – $7,7 \pm 0,1$ % та $4,5 \pm 0,3$ %, у самців – $7,1 \pm 0,2$ % та $4,3 \pm 0,1$ % відповідно (табл. 5.1)

Таблиця 5.1 – Патології еритроцитів карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 150$)

Вид патології	Літо				Осінь			
	Самарська затока		Нижня ділянка водосховища		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Пойкілоцитоз, %	$18,0 \pm 0,6^*$	$6,5 \pm 0,2^*$	$3,1 \pm 0,2^*$	$2,9 \pm 0,1^*$	$3,7 \pm 0,1^*$	$3,3 \pm 0,2^*$	$2,7 \pm 0,2^*$	$2,8 \pm 0,1^*$
Фестончатість мембрани еритроцита, %	$5,2 \pm 0,3^*$	$4,9 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1^*$	$3,6 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,2$
Ядерні тіні, %	$9,0 \pm 0,3^*$	$7,3 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1^*$	-	$7,7 \pm 0,1^*$	$7,1 \pm 0,2^*$	$2,7 \pm 0,2^*$	$1,5 \pm 0,1^*$
Зсув ядра до периферії клітини, %	$2,5 \pm 0,1$	-	-	-	$1,0 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,1$	-	-

Примітка₂: «-» – патологія не зустрічалась; * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$.

Встановлено, що у самок карася сріблястого відсоток прояву, майже, усіх виявлених патологій був дещо вищим, ніж у самців. Улітку в карася сріблястого з Самарської затоки відсоток пойкилоцитозу у самок склав $18,0 \pm 0,6$ %, у самців –

$6,5 \pm 0,2 \%$ Це може говорити про несприятливі умови існування карася та забруднення водного середовища. Також зустрічалися ядерні тіні, найбільший відсоток прояву даної патології був у самок карася сріблястого з Самарської затоки та становив $9,0 \pm 0,3 \%$. Водночас із даними патологіями, у самок було встановлено зсув ядра до периферії, який виникає при набуханні – $2,5 \pm 0,1 \%$. У риб із нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища даної патології не було виявлено.

Також до дегенеративних змін, які зустрічались поодинокі, можна віднести інвагінацію ядра, що свідчить про деградацію самого еритроцита (рис. 5.2). Для даної патології характерна втрата округлої форми ядра у зв'язку з появою так званої «інвагінації» ядерної мембрани [16]. За кількістю клітин з ядерними інвагінаціями часто можна судити про величину токсичного навантаження [114, 170].

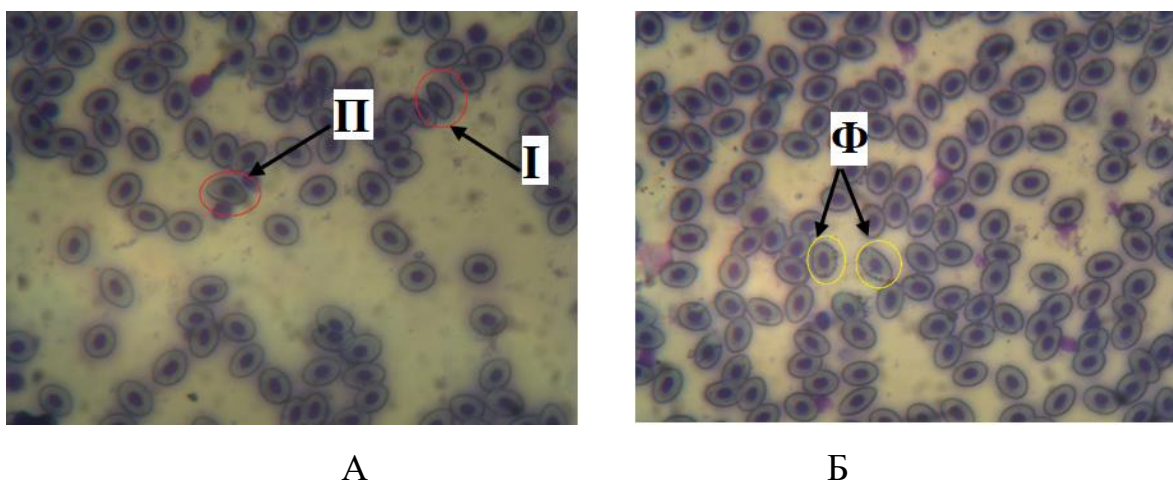


Рисунок 5.2 Патологічні зміни еритроцитів карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. А: випадки пойкилоцитозу та інвагінації (П – пойкилоцитоз, І – інвагінація еритроциту); Б: картина прояву фестончастості мембрани (Ф – фестончастість мембрани) (зб. 400х).

У деяких роботах [91, 169] відмічено, що число мікроядер та ядерних інвагінацій корелюють між собою. При цьому доведено, що ядерні деформації можуть бути первинною відповіддю організму, тобто передувати появі мікроядер [94, 135].

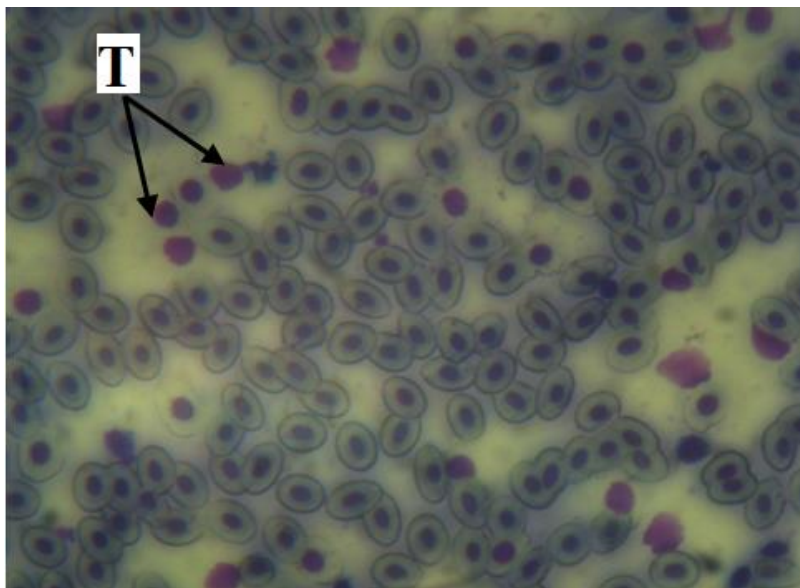


Рисунок 5.3 Морфопатологічні зміни еритроцитів карася сріблястого: Т – ядерні тіні (зб. 400х).

На препаратах визначено ядерні тіні, які виникають у результаті гемолізу клітин. Кількість ядерних тіней еквівалентна кількості гемолізних клітин (рис. 5.3). Інші дослідники спостерігали аналогічні явища в еритроцитах риб в умовах токсифікації [82].

5.2 Цитометричні показники червоної крові карася сріблястого

При цитометричному дослідженні показників еритроцитів карася сріблястого було виявлено, що особливих відмінностей між показниками клітин самок та самців риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища та з Самарської затоки не було виявлено. Хоча, в цілому, у риб з Самарської затоки значення усіх досліджуваних показників були дещо вищими, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища (табл. 5.2, 5.3).

Восени у самок з Самарської затоки спостерігається збільшення площі ядра, порівняно з рибами з нижньої ділянки водосховища (табл. 5.3). Так, у самок середнє значення показника площі ядра було на рівні $15,65 \pm 0,31$ мкм², що на 20,7 % більше ніж у самок з нижньої ділянки водосховища, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). У самців з Самарської затоки площа ядра була більшою на 17,3 %, ніж у

самців з нижньої ділянкою водосховища. Влітку спостерігали незначне збільшення цього показника у риб з Самарської затоки.

При цитометричному дослідженні еритроцитів карася сріблястого виявлено тенденцію до незначного збільшення показників площі клітин влітку на обох ділянках водосховища порівняно з осінніми показниками (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Цитометричні показники еритроцитів карася сріблястого, ($M \pm m$, $n = 150$)

№	Показник (середнє значення)	Літо			
		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
		♀	♂	♀	♂
1	Площа клітини, $\mu\text{м}^2$	$87,73 \pm 0,64$	$86,3 \pm 0,53$	$87,67 \pm 0,72$	$86,8 \pm 0,44$
2	Великий діаметр клітини, $\mu\text{м}$	$12,91 \pm 0,08$	$12,7 \pm 0,07$	$12,82 \pm 0,07$	$11,9 \pm 0,08$
3	Малий діаметр клітини, $\mu\text{м}$	$8,67 \pm 0,05$	$8,4 \pm 0,04$	$8,75 \pm 0,09$	$8,67 \pm 0,06$
4	Площа ядра, $\mu\text{м}^2$	$14,21 \pm 0,2$	$13,9 \pm 0,1$	$13,65 \pm 0,2$	$12,7 \pm 0,1$
5	Великий діаметр ядра, $\mu\text{м}$	$5,18 \pm 0,06$	$5,1 \pm 0,05$	$5,13 \pm 0,05$	$5,1 \pm 0,05$
6	Малий діаметр ядра, $\mu\text{м}$	$3,39 \pm 0,04$	$3,1 \pm 0,02$	$3,42 \pm 0,04$	$3,2 \pm 0,03$
7	Ядерно-цитоплазматичне співвідношення	$0,161 \pm 0,003^*$	$0,161 \pm 0,003^*$	$0,155 \pm 0,001^*$	$0,146 \pm 0,001^*$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Так площа еритроцитів самок влітку у Самарській затоці збільшилась на 8,4 %, а у самців на 8,1 %. У нижній ділянці водосховища у риб спостерігається подібне явище, а саме площа еритроцитів самок збільшилась на 12,3 %, а самців на 11,2 %.

Відомо, що підвищення ядерно-цитоплазматичного співвідношення еритроцитів у карася може вказувати на зменшення функціональної площі цитоплазми, яка відповідає за окислювально-відновлювальні процеси в клітині, що опосередковано вказує на пригнічення її функціональної діяльності, а накопичення ядерної маси звичайно пов'язано з початком аміотичного поділу клітин [80].

Щодо ядерно-цитоплазматичного співвідношення, то цей показник був вищим у риб з Самарської затоки, порівняно з рибами з нижньої ділянки водосховища (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Цитометричні показники еритроцитів карася сріблястого, ($M \pm m$, $n = 150$)

№	Показник (середнє значення)	Осінь			
		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
		♀	♂	♀	♂
1	Площа клітини, мкм ²	80,9±0,94	79,8±0,7	78,07±1,13	78,03±0,8
2	Великий діаметр клітини, мкм	12,13±0,09	12,1±0,08	11,59±0,09	11,1±0,07
3	Малий діаметр клітини, мкм	8,35±0,08	8,1±0,06	8,44±0,11	8,2±0,1
4	Площа ядра, мкм ²	15,65±0,31*	14,78±0,3*	12,97±0,38*	12,6±0,21*
5	Великий діаметр ядра, мкм	5,61±0,07	5,4±0,05	4,91±0,09	4,7±0,07
6	Малий діаметр ядра, мкм	3,42±0,05	3,3±0,04	3,23±0,09	3,21±0,07
7	Ядерно-цитоплазматичне співвідношення	0,194±0,004*	0,185±0,005*	0,166±0,005*	0,161±0,003*

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

А саме: восени на 16,9 % у самок та на 14,9 % у самців, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$), а влітку – на 3,9 % у самок та на 10,3 % у самців, відповідно.

5.3 Гематологічний профіль карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища

При гематологічному дослідженні було виявлено, що влітку найчисельнішу групу елементів червоної крові дослідних риб складали зрілі еритроцити – 86,6 % у нижній ділянці водосховища та 87,7 % у Самарській затоці. Відповідно максимальна кількість незрілих еритроцитів – 13,4 % спостерігали у карася з нижньої ділянки водосховища. Восени зрілі еритроцити складали – 88,0% у нижній ділянці та 86,0% у Самарській затоці. Максимальна кількість незрілих еритроцитів – 14,0% фіксували у карася з Самарської затоки. Відомо, що у риб синтез гемоглобіну в клітинах еритроїдного ряду починається зі стадії поліхроматофільного нормобласту [80]. Молоді еритроцити були представлені базофільними та поліхроматофільними нормобластами. (рис. 5.4).

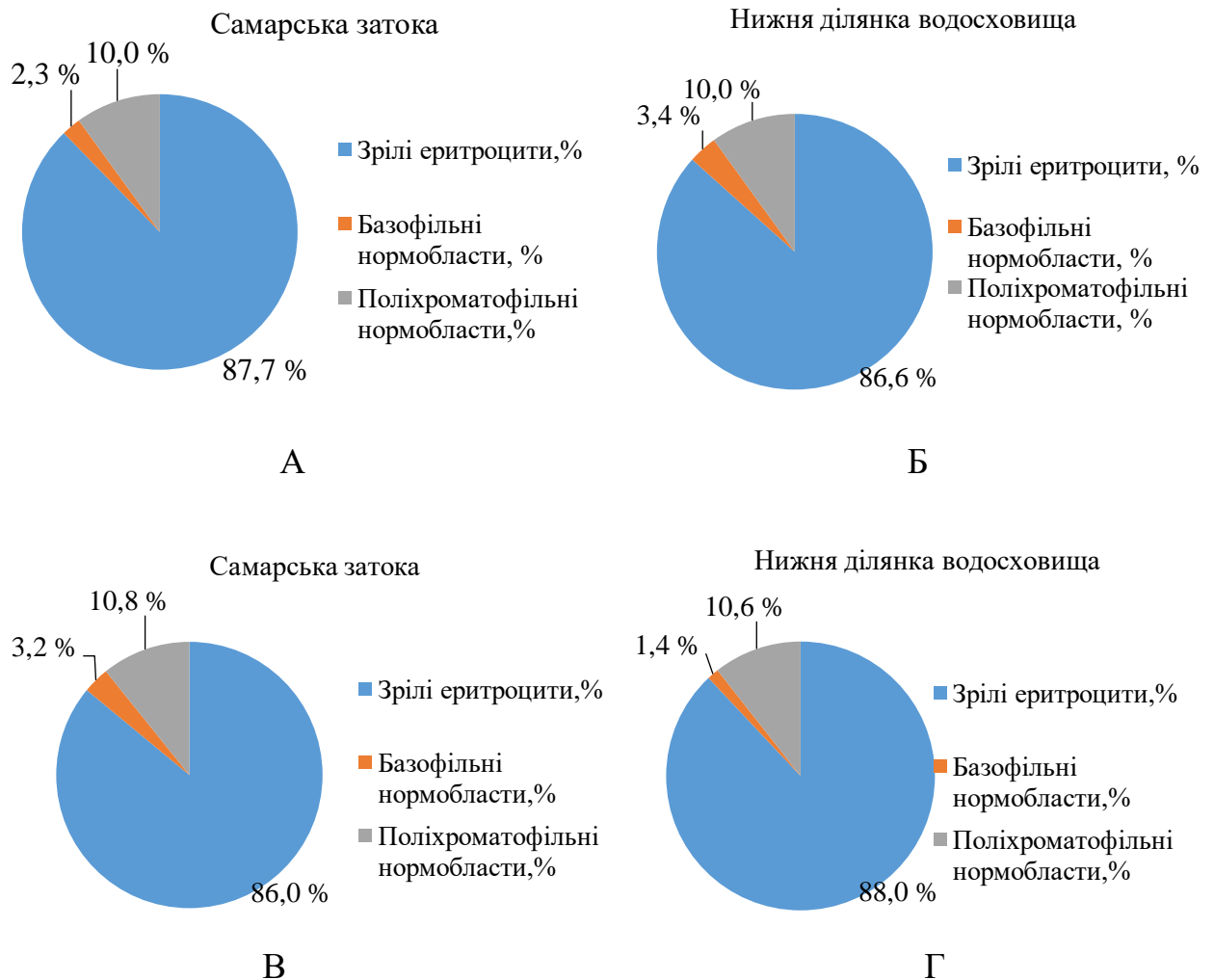


Рисунок 5.4 Співвідношення форм еритроцитів: А, Б – літо, В, Г – осінь

Переважаючими клітинами білої крові риб з обох ділянок були лімфоцити (табл. 5.4). Деякі вчені вважають, що лімфоцити периферійної крові риб можуть слугувати індикатором імунотоксичності важких металів [17].

Нейтрофіли завжди багаточисельні у зоні запалення. Виявлено велику кількість їх функціональних можливостей: здатність до фагоцитозу та внутрішньоклітинному перетравленню, цитотоксична дія у відношенні гельмінтів та клітин пухлин, здатність до адгезії, агрегації, хемотаксису, дегрануляції з виділенням різноманітних ферментів, які беруть участь у різних фізіологічних та патологічних процесах. При хронічних хворобах їх активність збільшується, а кількість їх падає [16]. Влітку у риб Самарської затоки спостерігається незначна

тенденція до зниження кількості сегментоядерних нейтрофілів порівняно з рибами з нижньої ділянки водосховища.

Таблиця 5.4 – Показники лейкоцитарної формули крові карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n=100$)

№	Показник (середнє значення), %	Літо				Осінь			
		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1	Сегментоядерні нейтрофіли	22,0 \pm 0,3	21,8 \pm 0,2	25,0 \pm 0,2	25,0 \pm 0,2	16,0 \pm 6,22	14,5 \pm 3,2	16,75 \pm 6,20	16,5 \pm 4,20
2	Паличкоядерні нейтрофіли	1,0 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1	1,0 \pm 0,5	1,0 \pm 0,5	4,75 \pm 2,47	5,5 \pm 1,4	3,25 \pm 0,28	3,20 \pm 0,2
3	Лімфоцити	72,4 \pm 0,8	72,2 \pm 0,7	68,5 \pm 0,5	67,5 \pm 0,4	70,25 \pm 1,25	71,2 \pm 1,2	76,75 \pm 0,03	75,5 \pm 0,03
4	Моноцити	4,6 \pm 0,2	4,6 \pm 0,2	5,5 \pm 0,2	6,5 \pm 0,2	9,0 \pm 1,0*	8,8 \pm 0,9*	3,25 \pm 0,28*	4,8 \pm 0,20*

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Моноцити мають велику міграційну здатність. За думкою Житнєвої та ін. (2001) моноцити – активні фагоцити, які поглинають продукти розпаду клітин та тканин. Виробляючи антитіла, моноцити приймають участь у регуляції імуногенезу та гранулопоезу. Вони впливають на міграційні властивості нейтрофілів, посилюючи чи послаблюючи їх [16]. Восени у риб з Самарської затоки кількість моноцитів була більшою у 2,5 рази у самок та майже у 2 рази у самців, порівняно з рибами з нижньої ділянки водосховища відповідно, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$).

Кількість лейкоцитів та окремих типів клітин, в організмі риб може коливатися та залежить від індивідуальних, вікових особливостей, сезону року, присутності у воді токсичних речовин та умов існування. На вплив сприятливих та несприятливих факторів риби реагують інтенсивністю лейкопоезу та зміною співвідношення між лімфоцитами та гранулоцитами. В організмі риб, що

піддаються впливу агресивних факторів, збільшується відсоток клітин гранулоцитарного ряду (паличкоядерних, сегментоядерних нейтрофілів та еозинофілів) [16].

Відомо, що у риб відзначаються певні коливання кількості еритроцитів та концентрації гемоглобіну залежно від систематичного положення, віку, активності, стану організму, екології виду, сезону, фізико-хімічних факторів середовища та інше [117, 177]. При дефіциті або надлишку гемоглобіну порушуються метаболічні процеси в організмі риб. Значення цього показника може змінюватися при незадовільному фізіологічному стані [16].

При дослідженні гематологічних показників влітку у карася сріблястого з Самарської затоки виявлено, що кількість еритроцитів у середньому була на 21,1 % меншою порівняно з рибами нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища та складала в середньому $2,3 \pm 0,9$ млн/мкл. Восени кількість еритроцитів у риб з Самарської затоки збільшилась та склала $2,75 \pm 0,5$ млн/мкл у самок та $2,5 \pm 0,4$ млн/мкл у самців.

Кількість гемоглобіну у крові карася з Самарської затоки була нижчою, ніж у крові карася з нижньої ділянки водосховища, влітку на 43,8 % у самок та на 42,5 % у самців. Восени також фіксували зниження цього показника у риб з Самарської затоки – на 36,8 % та на 41,5 % відповідно, різниця статистично достовірна, при $p \leq 0,05$ (табл. 5.5). Це може свідчити про протікання анемічних процесів у риб Самарської затоки. Зниження вмісту гемоглобіну вказує на пригнічення кровотворення, що найчастіше є несприятливою ознакою.

Кольоровий показник відображає відносний вміст гемоглобіну в порушеннях еритроцитах і є дуже важливим діагностичним показником при заморах, при порушенні гідрохімічних режимів у водоймах та при отруєннях [16]. При дослідженні цей показник, майже, не відрізнявся у риб з обох ділянок та тримався на рівні 0,72–0,82 – восени та 0,75–0,76 – влітку.

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) має діагностичне значення. За літературними даними в нормі у риб вона складає від 2 до 10 мм/год [2]. При гематологічному дослідженні влітку у карася сріблястого з Самарської затоки

показник швидкості осідання еритроцитів був у нормі, хоча у риб з Самарської затоки він був вищим на 81,8 % порівняно з нижньої ділянки водосховища. Восени у карася сріблястого з Самарської затоки ШОЕ була підвищеною, та складала $11,0 \pm 0,57$ мм/год у самок та $10,5 \pm 0,56$ мм/год у самців (табл. 5.5). Підвищення швидкості осідання еритроцитів може вказувати на наявність запального процесу в організмі. У риб з нижньої ділянки показник ШОЕ був у межах фізіологічної норми.

Таблиця 5.5 – Гематологічні показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 10$)

Показник (середнє значення)	Літо				Осінь			
	Самарська затока		Нижня ділянка водосховища		Самарська затока		Нижня ділянка водосховища	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Еритроцити млн/мкл	$2,25 \pm 0,9$	$2,25 \pm 0,9$	$2,9 \pm 0,6$	$2,8 \pm 0,6$	$2,75 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,5$	$2,9 \pm 0,4$
Гемаглобін, г/л	$40,75 \pm 0,9^*$	$41,1 \pm 0,8^*$	$72,5 \pm 1,4^*$	$71,5 \pm 1,4^*$	$43,1 \pm 0,1^*$	$42,3 \pm 0,2^*$	$68,2 \pm 0,2^*$	$72,3 \pm 0,9^*$
Кольоровий показник	$0,76 \pm 0,3$	$0,76 \pm 0,3$	$0,75 \pm 0,3$	$0,75 \pm 0,3$	$0,82 \pm 0,2$	$0,80 \pm 0,2$	$0,72 \pm 0,3$	$0,75 \pm 0,2$
Лейкоцити, тис/мкл	$2,6 \pm 1,4$	$2,5 \pm 1,5$	$2,07 \pm 1,2$	$2,1 \pm 1,1$	$2,8 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,2$	$2,08 \pm 0,9$
Швидкість осідання еритроцитів, мм/год	$5,0 \pm 2,1^*$	$4,9 \pm 2,1^*$	$2,75 \pm 1,7^*$	$2,9 \pm 1,3^*$	$11,0 \pm 0,6^*$	$10,5 \pm 0,6^*$	$3,5 \pm 0,6^*$	$3,3 \pm 0,5^*$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

У риб з Самарської затоки спостерігалось зменшення вмісту загального білка у плазмі крові на 6,4 % влітку та на 18,6 % восени порівняно з нижньою ділянкою водосховища (рис. 5.5). Втрати білка можуть бути пов'язані зі зниженням життєстійкості і можуть супроводжуватися загибеллю риб. Білки плазми крові та інших тканин у риб відображають фізіологічний стан і зміни в умовах їх існування [95, 182]. У критичних умовах існування відбувається використання протеїнів як альтернативного джерела енергії для організму [91, 169]. Риби мають здатність до використання білків та амінокислот як енергетичного субстрату, це пов'язане з

окисленням білків у їх організмі внаслідок частого кисневого голодування та низької інтенсивності аеробного окиснення вуглеводів та ліпідів [56, 182, 132].

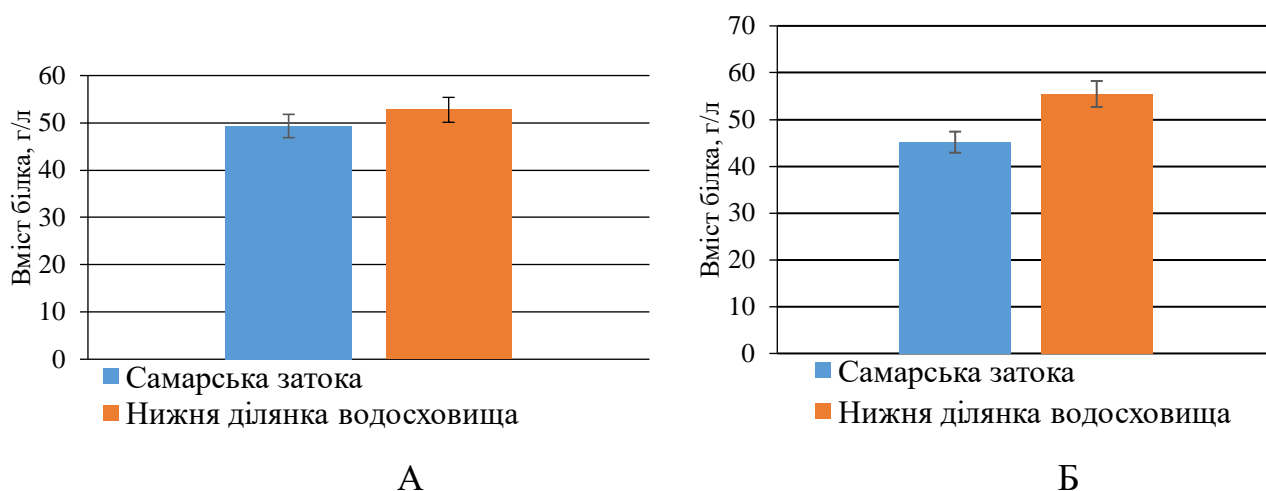


Рисунок 5.5 Вміст загального білка у плазмі крові карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: А – влітку; Б – восени.

При дослідженні суттєвих відмінностей у значеннях білкового коефіцієнту не було. У риб з обидвох ділянок дослідження він складав 1,14 – влітку та 1,23 – восени. Підвищення активності аланінамінотрансферази (АлАТ) і аспартатамінотрансферази (АсАТ) є маркерами, що свідчать про порушення і пошкодження м'язів, печінки та інших внутрішніх органів [168]. Отримані результати свідчать про те, що показники активності АлАТ у сироватці крові сріблястого карася з Самарської затоки перевищували показники риби, виловленої в нижній ділянці водосховища на 32,0 % влітку та на 43,5 % восени, різниця статистично достовірна, при $p \leq 0,05$ (рис. 5.6). Вивільнення АлАТ в кров відбувається при порушеннях внутрішньої структури гепатоцитів і підвищення проникності клітинних мембран. У зв'язку з цим АлАТ вважається індикаторним ферментом або маркером порушень функцій печінки будь-якої природи. У здоровому організмі вміст показника АлАТ в крові незначний [83]. Активність АсАТ у плазмі крові риб з Самарської затоки водосховища була вищою порівняно з рибами нижньої ділянки водосховища на 86,0 % влітку та на 78,6 % восени, різниця статистично достовірна, при $p \leq 0,05$ (рис. 5.6).

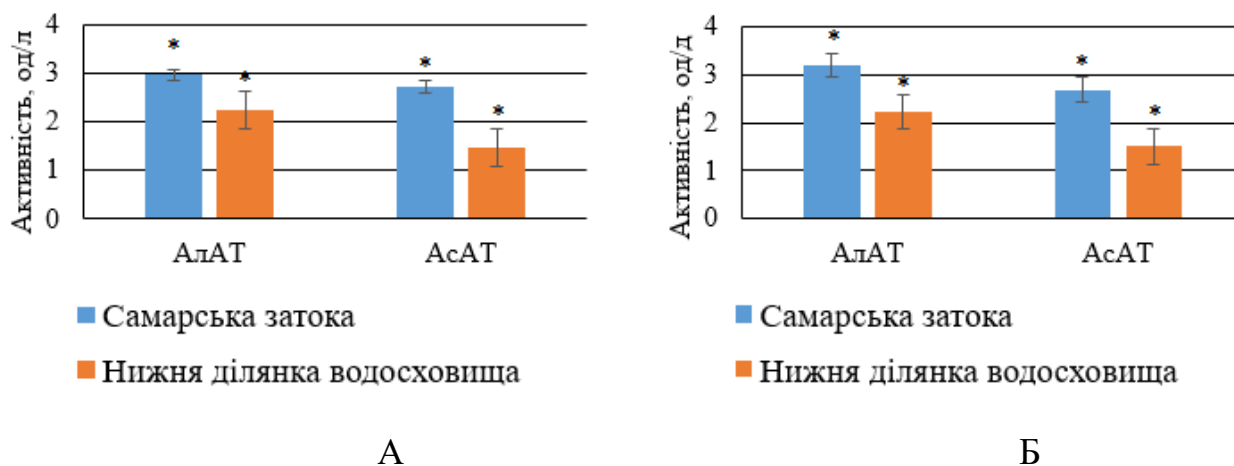


Рисунок 5.6 Показники активності АлАТ та АсАТ у плазмі крові карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: А – літо; Б – осінь, * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Можна припустити, що підвищення рівня АсАТ в сироватці крові риб пов'язано зі змінами процесів перекисного окислення ліпідів у м'язовій тканині і печінці, зумовленими збільшенням антропогенного пресу, погіршенням стану навколишнього середовища.

Кількісні показники глюкози в крові риб є важливим показником вуглеводного обміну. Вміст глюкози у дослідних риб з обох ділянок водосховища був невисоким та знаходився в межах фізіологічних норм (рис. 5.7).

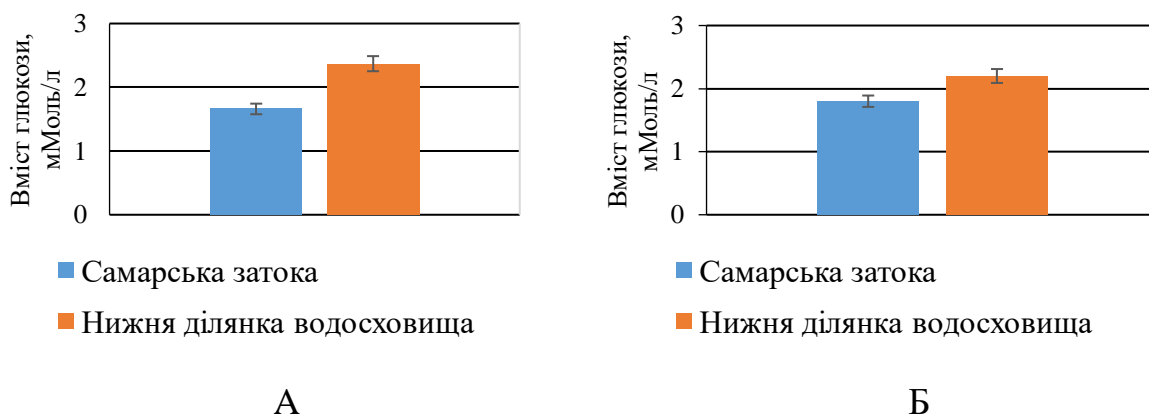


Рисунок 5.7 Вміст глюкози у плазмі крові карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: А – літо; Б – осінь

Фіксували менші величини цього показника у риб з Самарської затоки на 30,0 % влітку та на 18,8 % восени, порівняно з відповідними показниками риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища (рис. 5.7).

Причиною зниження вмісту глюкози у плазмі крові риб Самарської затоки може бути те, що карась активніше використовує глюкозу в процесах обміну речовин.

Висновки до розділу

При цитометричному дослідженні еритроцитів карася сріблястого виявлено достовірні відмінності у показниках площі їх ядер. Восени у риб з Самарської затоки площа ядра була більшою у самок на 20,7 %, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$), у самців на 17,3 %, ніж у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища. Збільшення ядерної маси зазвичай відбувається в еритроциті перед амітотичним діленням.

Показник ядерно-цитоплазматичного співвідношення був вищий у риб з Самарської затоки, порівняно з рибами з нижньої ділянки водосховища, а саме: восени на 16,9 % у самок та на 14,9 % у самців, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$), а влітку – на 3,9 % та на 10,3 % у самців, відповідно.

При гематологічному дослідженні виявлено, що у карася з Самарської затоки була менша кількість еритроцитів та низький вміст гемоглобіну, порівняно з карасем з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, влітку на 43,8 % у самок та на 42,5 % у самців, восени на 36,8 % та на 41,5 % відповідно, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). Також у риб з Самарської затоки виявлено зменшення вмісту загального білка у плазмі крові, порівняно з рибами з нижньої ділянки, а саме: на 6,4 % влітку та на 18,6 % восени.

У карася сріблястого з Самарської затоки встановлені достовірні відмінності у показниках ШОЕ, активності АлаТ та АсАТ. Показник ШОЕ був вищим на 81,8 % у риб Самарської затоки, порівняно з рибами нижньої ділянки водосховища. Щодо активності АлаТ та АсАТ у плазмі крові риб, то виявлено збільшення цих показників: показник АлаТ був вищим на 32,0 % влітку та на 43,0 % восени, а АсАТ

на 86,0 % та 78,6 % відповідно, порівняно з рибами з нижньої ділянки. Стосовно вмісту глюкози, то її вміст, навпаки, був меншим на 30% влітку та на 18,8% восени відповідно.

У риб Запорізького (Дніпровського) водосховища фіксували морфопатологічні зміни еритроцитів, а саме: пойкилоцитоз, фестончастість мембрани еритроцита, ядерні тіні, зсув ядра до периферії клітини. Найбільший відсоток патологічних змін був у риб з Самарської затоки. Найчастіше зустрічали пойкилоцитоз та ядерні тіні восени. У риб з нижньої ділянки водосховища патологічні зміни були виявлені рідше. За несприятливих умов існування пойкилоцитоз може мати компенсаторну функцію, оскільки збільшення питомої площі поверхні еритроцита дозволяє більш ефективно здійснювати газотранспортні процеси в організмі риб.

Враховуючи комплексний аналіз отриманих досліджень можна зробити висновок, що найбільш чутливими гематологічними показниками карася сріблястого є показники концентрації гемоглобіну, швидкості осідання еритроцитів, активності АЛАТ та АсАТ, а також вміст глюкози, тому їх можна успішно використовувати у якості індикаторів стану організму риб.

Комплексне дослідження морфофізіологічних показників риб, що виступають як індикатори, дозволяють оцінити фізіологічний стан організму в цілому та встановити граничні норми цих показників у різних умовах існування організму.

Перелік робіт, опублікованих за розділом.

1. Курченко В., Шарамок Т., Маренков О. (2019). Вдосконалення способу фарбування мазків крові для визначення цитометричних показників крові риб. Біологічні системи, 11, 1, 15–18. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.015>
(Фахова, категорії Б)

2. Kurchenko V., Sharamok T. (2019). Hematological indices of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) from the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. Acta Biologica

Universitatis Daugavpiliensis, 19 (2), 141–148. https://du.lv/wp-content/uploads/2022/02/Kurchenko_19_2.pdf (Закордонне видання у країні ОЕСР)

3. Kurchenko V.O., Sharamok T.S. (2020). The Hematological Parameters of the Prussian Carp (*Carassius gibelio*, (Bloch, 1782)) Under the Zaporizhian (Dnipro) Reservoir Conditions. Turkish Journal Fisheries and Aquatic Sciences, 20(11), 807–812. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_11_04 (Scopus, Q3)

4. Курченко В.О., Шарамок Т.С. (2019). Біохімічні показники карася сріблястого (*Carassius Gibelio* (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища. Наукова конференція «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів». Київ (6-8 листопада), С.131–132.

5. Курченко В.О., Шарамок Т.С. (2020). Гематологічні показники карася сріблястого в сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища. Матер. XIII Міжнар. наук-практ. конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Харків (17–19 вересня), С. 106–110.

РОЗДІЛ 6 ОСОБЛИВОСТІ ГІСТОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІВ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО В УМОВАХ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

6.1 Гістологічна структура гепатопанкреасу карася сріблястого

Характерною ознакою для представників родин коропові є об'єднання печінки та підшлункової залози в єдиний орган – гепатопанкреас. При морфологічному дослідженні гепатопанкреасу карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища було видно, що він мав задовільну структуру, колір та консистенцію, паразитарних інвазій виявлено не було.

При цитометричному дослідженні гепатоцитів виявлено, що гепатоцити гепатопанкреасу карася сріблястого були забарвлені у світло-фіолетовий колір, стінки судин у темно-фіолетовий, у судинах було видно еритроцити червоного кольору, ядра гепатоцитів були забарвлені у темно-синій колір (рис. 6.1).

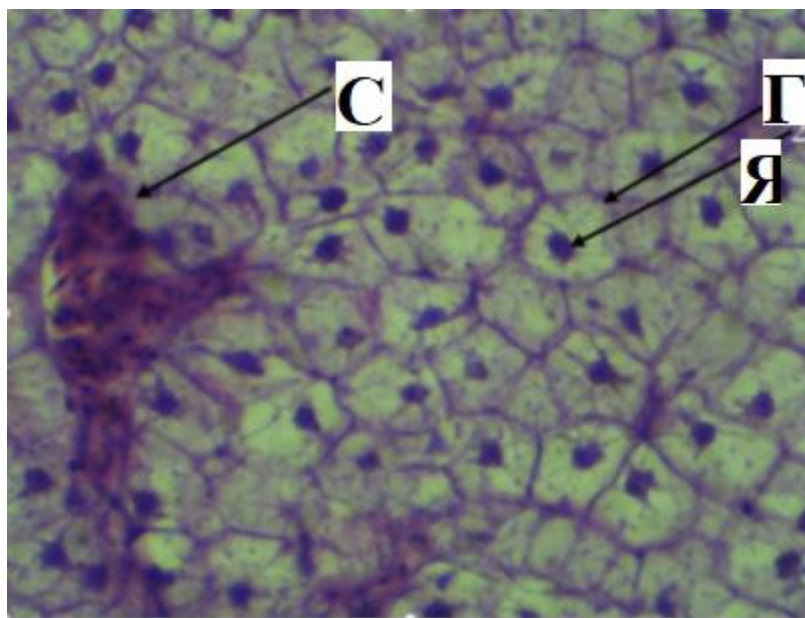


Рисунок 6.1 Гепатоцити карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: Г – гепатоцит, Я – ядро гепатоцита, С – судина (зб. 400х).

Морфометричний аналіз гепатоцитів показав, що у риб Самарської затоки були ознаки гіпертрофії (табл. 6.1). Площа гепатоцитів у риб Самарської затоки була

більшою, ніж у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, а саме – влітку у самок на 16,3 % у самців на 18,9 %; восени на 15,4 та 18,3 % відповідно, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$).

Взагалі, гіпертрофія проявляється у збільшенні розмірів клітин, це може бути пов'язано з підготовкою клітин до мітозу або зі зростанням їх плоідності. Збільшення розмірів цитоплазми та ядра без зростання плоідності клітин спостерігається за умов підвищеної функціональної активності клітин та їхнього набухання в умовах патологічних процесів [149].

Також у риб обох статей з Самарської затоки спостерігається достовірне зменшення ядерно-цитоплазматичного співвідношення на 12,5 % влітку та на 22,2 % восени, це в свою чергу може вказувати на пригнічення функціональної активності клітини та припинення синтетичних процесів [149].

Таблиця 6.1 – Цитометричні показники гепатоцитів карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, ($M \pm m$, $n = 200$)

Показники	Нижня ділянка				Самарська затока			
	Літо		Осінь		Літо		Осінь	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Площа клітини (мкм ²)	310,15 ± 9,8*	302,6 ± 9,8*	322,11 ± 10,1*	311,10 ± 10*	360,8 ± 11,8*	359,8 ± 11,7*	371,6 ± 12,1*	368,1 ± 12,01*
D клітини, мкм	25,8 ± 0,5	25,7 ± 0,4	26,06 ± 0,5	25,9 ± 0,4	26,1 ± 0,5	24,6 ± 0,4	26,90 ± 0,5	25,9 ± 0,5
d клітини, мкм	15,7 ± 0,4	15,5 ± 0,3	16,74 ± 0,4	16,7 ± 0,4	19,5 ± 0,3	18,3 ± 0,4	19,31 ± 0,4	18,9 ± 0,4
Площа ядра, мкм ²	26,3 ± 0,9	26,1 ± 0,9	30,5 ± 0,9	30,1 ± 0,8	26,9 ± 0,8	26,7 ± 0,7	27,74 ± 1,02	26,9 ± 0,9
D ядра, мкм	5,9 ± 0,1	5,6 ± 0,1	7,61 ± 0,2	7,5 ± 0,1	7,1 ± 0,2	6,1 ± 0,2	7,07 ± 0,2	6,9 ± 0,2
d ядра, мкм	4,8 ± 0,1	4,8 ± 0,1	5,77 ± 0,1	5,65 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,3 ± 0,1	5,37 ± 0,1	5,45 ± 0,1
Ядерно-цитоплазматичне співвідношення	0,084 ± 0,002*	0,086 ± 0,002*	0,099 ± 0,002*	0,096 ± 0,002*	0,072 ± 0,001*	0,074 ± 0,001*	0,076 ± 0,001*	0,073 ± 0,001*

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Відомо, що некроз гепатоцитів є найбільш тяжким типом патологій для гепатопанкреасу, при цьому гепатоцити втрачають свою структуру у результаті руйнування клітинної оболонки та внутрішніх структур. Такі області виділяються на фоні здорової тканини плямами з аморфною структурою. Наявність подібного типу патології є доказом сильного негативного зовнішнього впливу на окрему особину [92]. При гістопатологічному дослідженні виявлено осередки некрозів у тканинах гепатопанкреасу карася сріблястого з обох ділянок (рис. 6.2).

У риб Самарської затоки некроз зустрічався частіше, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища. Найбільший відсоток некрозу був восени – $8,1 \pm 0,1$ % у самок та $8,2 \pm 0,2$ % у самців (табл.6.2). Менший відсоток встановлено у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища влітку, де цей показник складав $3,1 \pm 0,1$ % у самок та $3,0 \pm 0,1$ % у самців, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$).

Таблиця 6.2 – Гістопатологічні зміни гепатопанкреасу карася сріблястого

Патології	Нижня ділянка				Самарська затока			
	Літо		Осінь		Літо		Осінь	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Некроз, %	$3,1 \pm 0,1^*$	$3,0 \pm 0,1^*$	$3,9 \pm 0,2^*$	$3,8 \pm 0,2^*$	$7,8 \pm 0,2^*$	$7,4 \pm 0,5^*$	$8,1 \pm 0,1^*$	$8,2 \pm 0,2^*$
Жирова дистрофія, %	$18,7 \pm 0,3^*$	$18,4 \pm 0,1^*$	$20,3 \pm 0,3^*$	$20 \pm 0,3^*$	$33,7 \pm 0,3^*$	$33,1 \pm 0,1^*$	$36,0 \pm 0,4^*$	$34,3 \pm 0,5^*$

Примітка: * – різниця між показниками статистично достовірна, при $p \leq 0,05$

Некрози у гепатопанкреасі риб зустрічаються досить часто. Деякі автори некротичні явища у гепатопанкреасі пов'язують з проявом впливу забруднення водного середовища токсичними речовинами, такими як важкі метали або з наявністю паразитарних інвазій [92].

Якщо паранхіма гепатопанкреасу має серйозні пошкодження, то починає розростатися сполучна тканина. Зазвичай, некротичні процеси є необоротними та свідчать про прогресуючий патологічний стан органу [33].

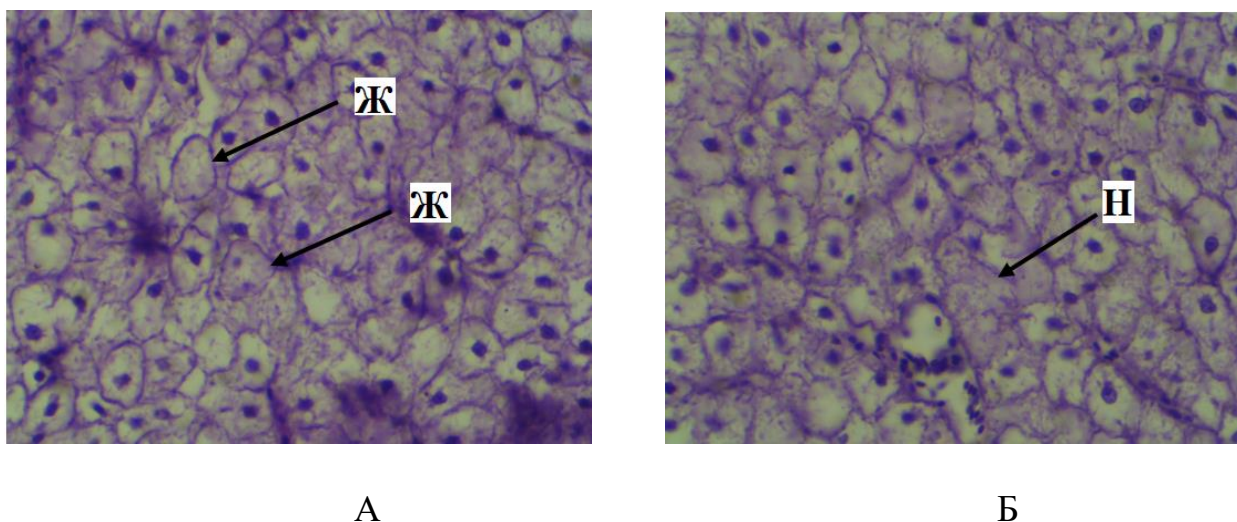


Рисунок 6.2 Гістологічні зміни у гепатопанкреасі карася сріблястого: Ж – жирова дистрофія, Н – некроз. А – нижня ділянка; Б – Самарська затока (зб. 400х).

Також при цитологічному дослідженні у цитоплазмі гепатоцитів було видно світлі незабарвлені вакуолі різної величини. Зустрічалися обширні ділянки клітин без ядер, які подекуди зливалися і утворювали так звані «жирові кісти». Загальні патологічні ознаки морфофункціональних порушень гепатопанкреасу морфологічно були представлені вакуолізацією окремих гепатоцитів.

Відомо, що у патологічних умовах функції гепатопанкреасу порушуються, а морфологічною ознакою цього є саме жирова дистрофія. Серед гістопатологічних змін у карася сріблястого зустрічали жирову дистрофію (рис. 6.3).

Найбільше її виявлено у самок восени з Самарської затоки – $36,0 \pm 0,4 \%$, а найменше у самців з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища влітку – $18,4 \pm 0,1 \%$ (табл. 6.2).

Дистрофію гепатоцитів слід розцінювати як патологічний процес, який виникає, як правило, при порушенні обміну речовин у клітинах і характеризується наявністю у гепатоцитах великих вакуолей, наповнених цитоплазматичною рідиною («балонна дистрофія»). Така форма дистрофії є незворотною [120].

Підвищений вміст жиру у гепатопанкреасі може бути наслідком порушення процесів обміну, що виникає під дією токсичних речовин (фосфор- та хлорорганічні пестициди, важкі метали та інші) [33].

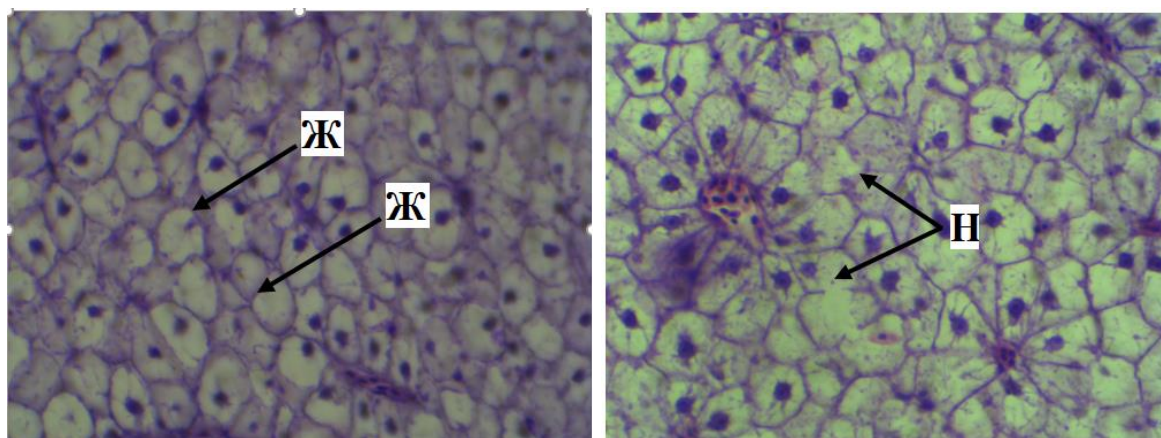


Рисунок 6.3 Гістологічні зміни у гепатопанкреасі карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: Ж – жирова дистрофія гепатоцитів, Н – некроз у гепатопанкреасі (зб. 400х).

У карася сріблястого дана патологія найбільше виявлена восени з обох ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища. Це також може бути пов'язане з сезонними змінами, перед зимівлею (накопичення жиру клітинами печінки зростає).

6.2 Гістологічні зміни зябер карася сріблястого

У карася сріблястого зябровий апарат представлений чотирма парами зябрових дуг. Кожна зяброва дуга складається з хрящової основи, яка пронизана веною та артерією. Від основи відходять тичинки, які в свою чергу складаються із хряща та сполучної тканини і несуть на собі два ряди пелюсток (первинних ламел). Кожна первинна ламела несе на собі по черзі розташовані пелюсточки (вторинні ламели) [164].

Первинні та вторинні ламели покриті багатошаровим епітелієм. Респіраторний зябровий епітелій, що покриває вторинні ламели, сформований розташованими у два шари респіраторними клітинами трохи сплющеної форми. Кожна ламела має кровоносний капіляр, у якому відбувається процес газообміну.

При дослідженні гістологічної структури зябер карася сріблястого спостерігали набряк, потовщення епітеліальних клітин ламел. Цитоплазма у клітинах була непрозора. На деяких ділянках поверхня ламел втрачала

епітеліальний шар клітин, при цьому відкривались капіляри. Місцеві порушення гемоциркуляції у звитих капілярах ламел проявлялися у вигляді крововилівів та ділянок анемії. Порушення гемоциркуляції на рівні первинних ламел проявлялися набряком сполучнотканинної основи, пікнозом її малочисельних клітин.

У розширених еферентних венозних судинах первинних ламел відмічено досить значні ділянки застою крові, який супроводжувався набряком.

Відомо, що при забрудненні водного середовища важкими металами найбільш типовою для зябер гістопатологією є гіперплазія епітелію респіраторних ламел та некротичні явища [122]. При гісто-патологічному дослідженні зябер карася сріблястого було виявлено некроз у риб з обох ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища. Причому найбільше дану патологію встановлено у риб Самарської затоки восени – $25,0 \pm 0,2$ % у самок та $20,0 \pm 0,2$ % у самців.

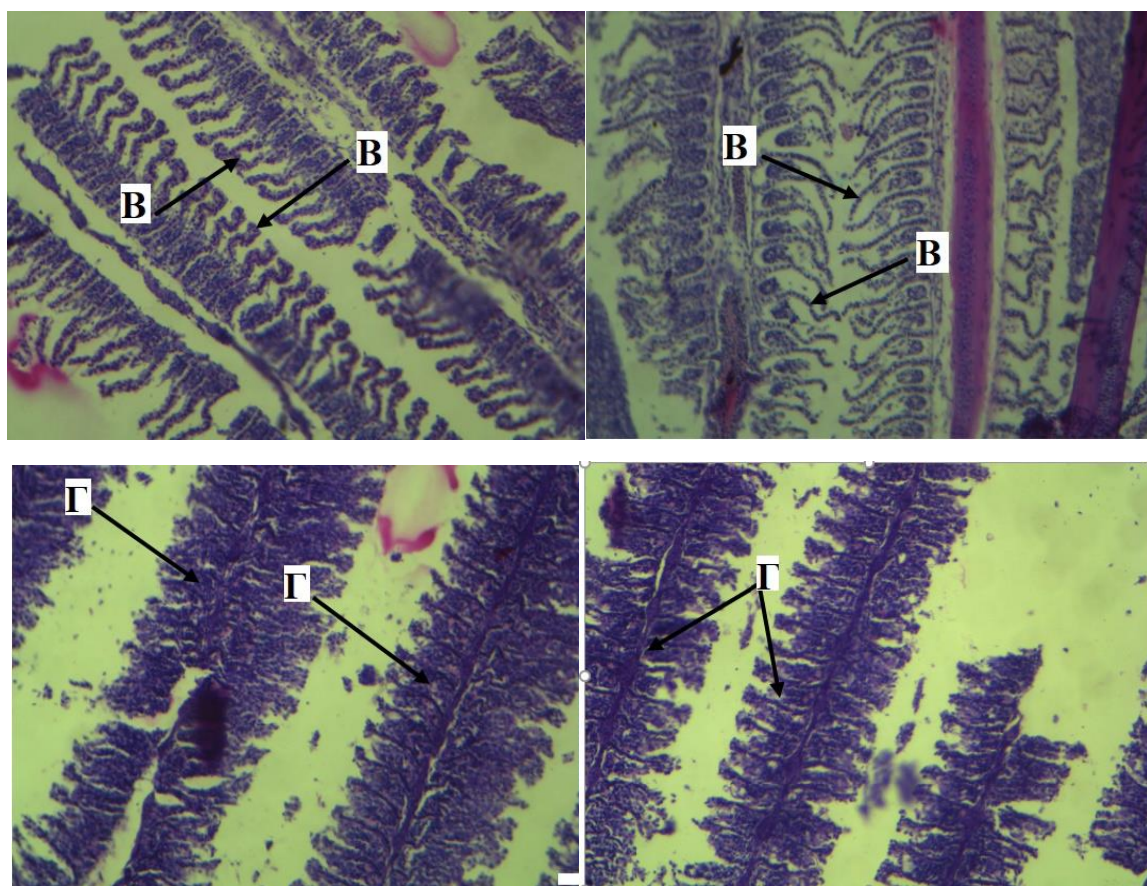


Рисунок 6.4 Гістологічні зміни у зябрах карася сріблястого: В – викривлення терміналей,
Г – гіперплазія епітелію (зб. 200х).

У риб з нижньої ділянки дана патологія була виявлена у меншій мірі та складала $15,0 \pm 0,1$ та $10,0 \pm 0,4$ % відповідно.

Встановлено, що найчисельнішою патологією у риб Самарської затоки була гіперплазія епітелію, де показник сягнув $85,0 \pm 0,5$ % восени у особин обох статей (рис. 6.4). У риб з нижньої ділянки ця патологія зустрічалась поодинокі, відсоток прояву не перевищував $5,0 \pm 0,1$ %.

У зябрах карася сріблястого, вилученого з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища виявлено викривлення ламел (рис. 6.4, 6.5), найбільше дану патологію встановлено для самок восени – $18,0 \pm 0,1$ %, а також потовщення терміналей респіраторних ламел у риб обох статей – $15,0 \pm 0,5$ %.

У карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища з обох ділянок було виявлено злиття ламел, показник цієї патології не перевищував $15,0 \pm 0,3$ % (рис. 6.5). Гіпертрофія та гіперплазія епітелію може призвести до деформації зябрових пелюсток, а потім до їх зростання [125].

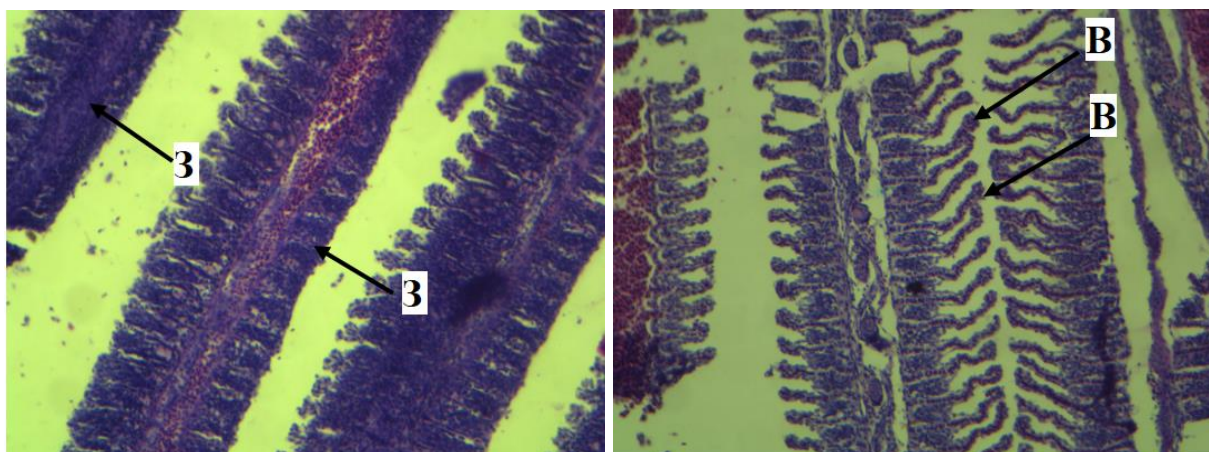


Рисунок 6.5 Гістологічні зміни зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: З – злиття ламел, В – викривлення та потовщення терміналей ламел (зб. 200х).

Таким чином, виявлені гістологічні зміни у зябрах карася сріблястого призводять до зменшення дихальної поверхні, що у свою чергу спричиняє порушення дихання та загального кисневого голодування організму.

6.3 Гістологічні особливості будови нирок карася сріблястого

Нирки виконують низку важливих функцій в організмі риб: видільну, осморегуляторну, крім цього ретикулярна тканина нирок бере участь у гемопоезі. Специфічність будови нирок у риб та їх функціонування пов'язані з особливостями осморегуляції залежно від змін фізико-хімічних параметрів середовища [107].

При гістологічному дослідженні нирок було видно, що будова нефрона у карася сріблястого складається з наступних послідовних структурних одиниць: ниркового тільца, проксимального звивистого каналця (поділяється на перший та другий сегменти), дистального звивистого каналця, збірної каналця і збірної протоки.

Деякими авторами, визначено, що різноманітні пестициди, які потрапляють у воду, здатні викликати різні патологічні зміни тканин нирок у риб. Так, наприклад, пестицид ліндан викликав у риб характерні ознаки гострої інтоксикації – ураження нирок – вакуолізацію та гіпертрофію епітелію звитих каналців, їх деструкцію, зморщування клубочків [139]. При цитологічному дослідженні було виявлено, що у карася сріблястого з Самарської затоки просвіт дистального звивистого каналця був відсутній, або звужений, спостерігався набряк епітелію. Також у просвітах було видно включення білку, які займали, майже, увесь просвіт каналця.

У нирках під дією забруднюючих речовин може розвиватися гіперемія і дистрофічні зміни в епітелії каналців та капсул, часто ускладнені некробіозом в боуменових капсулах і епітелії звивистих каналців [141].

Взагалі, у нирках риб виділяють наступні типові адаптивні реакції: зміни в каналцевому епітелії, атипова форма каналців, збільшення діаметра каналців як компенсація зменшеної фільтрації в клубочках, зміна судин системи кровопостачання і особливо потовщення їх стінок, збільшення (гіпертрофія) розмірів і зміна їх форми одних клубочків і дисфункціонування інших [62].

Деякі вчені виявили пряму залежність різноманітності виявлених у риб типів гістопатологій нирок від рівня впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на окремих особин та їх популяції в цілому у водоймі з високим рівнем антропогенного забруднення. Чим сильніший прес негативних факторів на риб, тим

більше виражено різноманіття виявлених гістопатологій і тим вище у популяціях окремих видів риб частка особин з тим чи іншим типом патології. Однак, зустрічність найбільш масових типів ниркових гістопатологій, як у випадку з патологіями інших внутрішніх органів, не залежить від видової належності особин, що є доказом неспецифічності цих порушень [8].

При гістологічному дослідженні нирок карася сріблястого Самарської затоки було виявлено некроз – $25,0 \pm 0,2$ % у обох статей риб влітку (рис. 6.6). Восени показник прояву гістопатології не змінився та склав $30,0 \pm 0,2$ % у самок і $25,0 \pm 0,4$ % у самців. У карася нижньої ділянки даної патології не виявлено.

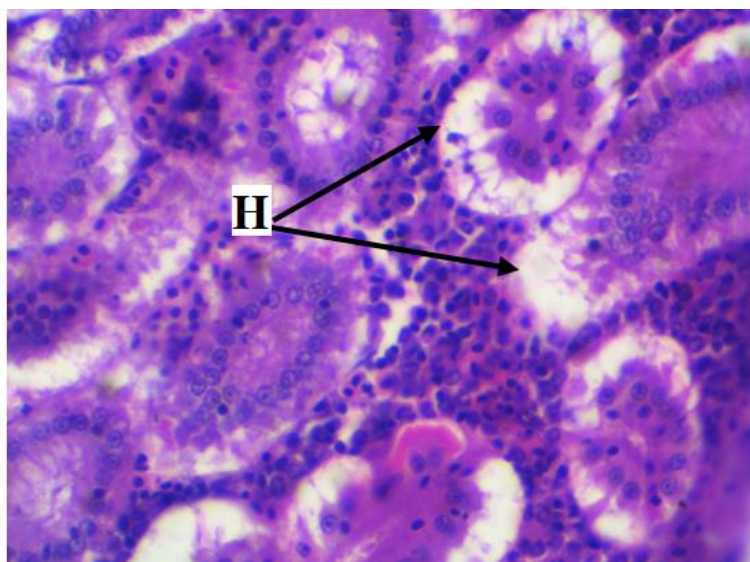


Рисунок 6.6 Гістологічні зміни у нирках карася сріблястого Самарської затоки:

Н – некроз (зб. 400х).

При даній патології спостерігається втрата своєї структури окремих клітин тканини нирок у результаті руйнування клітинної оболонки та внутрішніх структур. Клітини які вражені некрозом вирізняються на загальному фоні нормальної тканини нирок у вигляді світлих плям з аморфною структурою. Наявність подібної патології є доказом глибокого ураження ниркової тканини у карася внаслідок токсичного впливу умов середовища.

У риб з обох ділянок виявлено дегенерацію ниркових канальців, що вирізняється на фоні нормальної здорової паренхіми ниркової тканини у вигляді аномально викривлених та недорозвинутих канальців. Епітелій цих канальців тонкий, нерівномірний та має розшарування. Розташування недорозвинутих ниркових канальців у паренхімі, що має різні порожнини, характеризується нерівномірністю та порушенням структури. Дану патологію найбільше встановлено у самок з Самарської затоки восени – $60,0 \pm 0,1$ %. У риб з нижньої ділянки вона складала $40,0 \pm 0,5$ % у самок, та $35,0 \pm 0,2$ % у самців.

Також у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища влітку у риб обох статей було виявлено кістозні новоутворення – $15,0 \pm 0,3$ % (рис. 6.7).

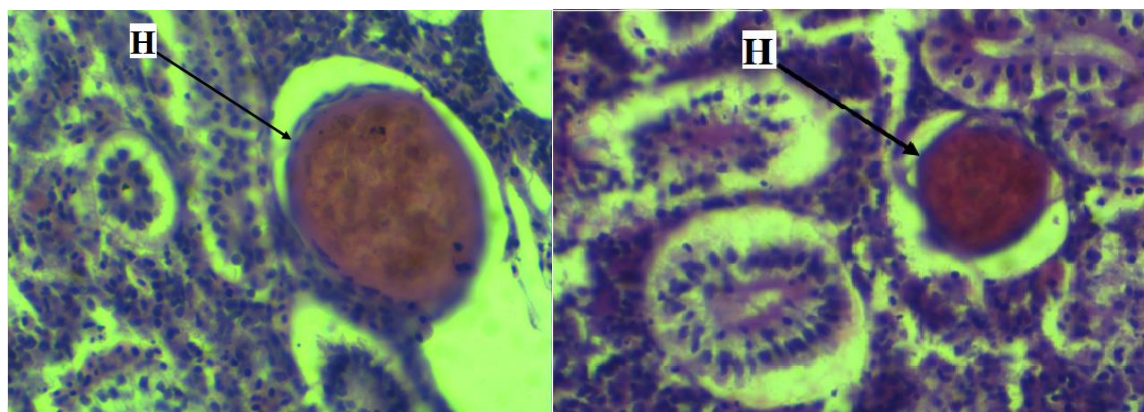


Рисунок 6.7 Гістопатологічні зміни у тканині нирок карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища: Н – кістозне новоутворення у тканині нирки (зб. 400х).

Кістозні новоутворення представляють собою аномальні порожнини у нормальній здоровій тканині нирок, які заповнені чужерідними тканинами різноманітного походження: сполучною тканиною, паренхімою, жировою клітковиною, залозистими клітинами або одразу декількома типами тканин. Подібні кісти утворюються, напевно, у процесі переродження ниркових канальців та клубочків, які є результатом сполучнотканинних розростань оболонок їх клітин, а

механізми їх прояву є результат погіршення загального фізіологічного стану риб. Виражена різноманітність виявлених типів гістологічних порушень, зазвичай, свідчить про хронічну негативну дію комплексу несприятливих чинників середовища на організм риб [139].

За результатами нашого дослідження у карася сріблястого з Самарської затоки виявлено некроз та дегенерацію ниркових каналців, прояв патологій є достовірно вищим, ніж у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, такі порушення пов'язані, перш за все, з токсичним впливом водного середовища, оскільки за попередніми дослідженнями встановлено, що вміст більшості важких металів у воді Самарської затоки перевищують ГДК.

Висновки до розділу

Аналізуючи отримані результати, виявлено, що найбільше патологій в органах карася сріблястого виявлено восени у риб з Самарської затоки.

У карася сріблястого Самарської затоки виявлені ознаки гіпертрофії на фоні зменшення ядерно-цитоплазматичного співвідношення. При гістопатологічному дослідженні гепатопанкреасу карася сріблястого, виявлено некроз та жирову дистрофію гепатоцитів. Найбільше некроз встановлено для самців Самарської затоки восени – $8,2 \pm 0,2$ %. Стосовно жирової дистрофії, то її більше було виявлено у самок восени – $36,0 \pm 0,4$ %.

При гістологічному дослідженні зябер карася сріблястого було визначено наступні гістологічні зміни: некроз, викривлення та потовщення терміналей респіраторних ламел, злиття ламел, гіперплазія респіраторного епітелію. Найчисельнішою патологією була гіперплазія респіраторного епітелію, найбільший відсоток прояву визначено у риб з Самарської затоки – $85,0 \pm 0,5$ %, а найменший у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища – $5,0 \pm 0,1$ %. Некроз також частіше виявлено у риб з Самарської затоки, найбільше у самок восени – $25,0 \pm 0,2$ %.

При гістологічному дослідженні нирок карася сріблястого також встановлено гістологічні зміни: некроз, дегенерацію ниркових канальців, кістозні новоутворення. Найбільше некроз було виявлено у риб обох статей з Самарської затоки – $25,0 \pm 0,2 \%$. Дегенерація ниркових канальців встановлено для риб з обох ділянок, найбільший відсоток прояву був восени у самок з Самарської затоки – $60,0 \pm 0,1 \%$. У карася з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища відсоток прояву даної патології був меншим, який складав – $40,0 \pm 0,5 \%$ у самок та $35,0 \pm 0,2 \%$ у самців.

Висока мінералізація води у комплексі з високим вмістом важких металів у воді Самарської затоки могли негативно вплинути на гістологічну структуру внутрішніх органів карася сріблястого, що у свою чергу проявилось у вигляді виявлених гістопатологічних змін.

Враховуючи отримані дані, гістологічні зміни органів карася сріблястого можна використовувати як біомаркери. Отримані дані необхідні для проведення моніторингу фізіологічного стану популяції дослідженого виду. Вони поглиблюють сучасні уявлення про структурну організацію внутрішніх органів корошових риб.

Перелік робіт, опублікованих за розділом.

1. Kurchenko V.O., Sharamok T.S., Holub O.V. (2021). The histopathological condition of hepatopancreas of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) in the modern conditions of the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. World Scientific News, 153(2), 181–191. <http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2020/12/WSN-1532-2021-181-191-1.pdf> (Закордонне видання у країні ОЕСР)
2. Курченко В.О., Шарамок Т.С., Маренков О.М. (2021). Гістологічна характеристика зябер та нирок карася сріблястого з Запорізького (Дніпровського) водосховища. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету, серія біологія, 81, 1–2, 53–58. <http://doi.org/10.25128/2078-2357.21.1-2.7>. (Фахова, категорії Б)
3. Курченко В., Голуб О. (2019). Гісто-морфометрична структура гепатопанкреасу карася сріблястого (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) Запорізького

(Дніпровського) водосховища. Матер. X міжнародної наукової конференції «Zoocenosis–2019. Біорізноманіття і роль тварин в системах». Дніпро, Україна, 2019 (18–19 листопада), С. 16–17.

4. Курченко В.О., Шарамок Т.С., Голуб О.В. (2020). Гістологічні зміни зябрового апарату карася сріблястого (*Carassius gibelio*, (Bloch, 1782)). Матер. III Міжнар.наук.-практ. конференції. «Проблеми функціонування та підвищення біопродуктивності водних екосистем». Дніпро (25–27 березня), С.86–88.

5. Курченко В.О., Шарамок Т.С. (2021). Гістопатологічні зміни зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. 75-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ (25–26 березня), С. 54–55.

6. Курченко В.О., Шарамок Т.С., Голуб О.В. (2021). Гістологічна структура нирок карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища у сучасних умовах. Біологічні дослідження–2021. Житомир, С. 158–159.

РОЗДІЛ 7 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Нами було досліджено карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища, який мешкає у ділянках з різним рівнем антропогенного навантаження. Вивчено та проаналізовано морфологічні, цитологічні, гематологічні та гістологічні показники внутрішніх органів та тканин карася сріблястого. У дослідженні був застосований метод гістологічних біоіндикаторів, який показав свою надійність та досить високу чутливість до змін середовища існування. Цей метод може допомогти оцінити силу та специфіку токсичних речовин.

У промисловій іхтіофауні Запорізького (Дніпровського) водосховища лідирує карась сріблястий. Близько 60 % уловів карася сріблястого припадає на Самарську затоку, де гідроекологічні (низька проточність, значне замулення, заростання, велика кількість мілководь) та гідробіологічні (високі показники кормової бази) створили оптимальні умови для збільшення чисельності та біомаси карася сріблястого [68].

Рівень антропогенного навантаження на досліджених ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища суттєво відрізняється. Про це свідчать як гідрохімічні, так і токсикологічні дослідження. Гідрохімічний режим Самарської затоки формується під значним впливом вугледобувної промисловості, стоками техногенного, господарсько-побутового походження великих міст (Дніпро, Павлоград), про що свідчать досліджувані показники та високий ступінь евтрофікації.

Дослідження на наявність важких металів у воді Самарської затоки показали підвищену концентрацію майже всіх досліджуваних важких металів у воді. Особливо, це стосується Cu, Zn, Ni. Тому, для повного розуміння та надання адекватної оцінки стану здоров'я карася сріблястого в сучасних умовах водосховища, було досліджено його морфо-функціональний стан.

Виявлено, що карась сріблястий з Самарської затоки значно відстає за розмірно-ваговими показниками від карася сріблястого, вилученого з нижньої ділянки водосховища, так іхтіологічна довжина була більшою у карася з нижньої

ділянки водосховища, ніж у Самарській затоці на 20,2 % у самок та на 38,8 % у самців, різниця статистично достовірна (при $p \leq 0,05$). Маса у риб з Самарської затоки була меншою на 34,1 % у самок та на 56,4 % у самців.

Встановлено, що у карася з Самарської затоки коефіцієнти вгодованості були меншими, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища: коефіцієнт вгодованості за Фультаном у самок був нижчим на 17,6 %, а коефіцієнт вгодованості за Кларк на 25 %, у самців також спостерігали тенденцію до зниження на 8,8 %. Також виявлено зменшення більшості індексів внутрішніх органів у карася сріблястого з Самарської затоки, порівняно з карасем з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища. Порівнюючи отримані результати з попередніми дослідженнями, ми спостерігаємо загальне зниження середньої маси та коефіцієнтів вгодованості карася сріблястого з Самарської затоки, так у 2012 році середня маса карася сріблястого у Самарській затоці була на 10–25 % більшою, ніж на інших ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища. Крім того, відмічались вищі коефіцієнти вгодованості (на 6–30 %) порівняно з нижньою ділянкою водосховища [73]. Причиною зниження цих показників можна вважати комплексний токсичний вплив чинників середовища існування, насамперед, важких металів концентрація яких з кожним роком зростає.

Через значну чисельність та біомасу, а також під впливом антропогенних чинників Самарської затоки особини даного виду характеризуються тугорослістю, порівняно з іншими ділянками водосховища, що потребує розробки спеціальних заходів щодо його промислового освоєння, а саме застосування дрібновічкових ставних сіток у місцях його масової локалізації [68].

У ході досліджень встановлено, що в організмі карася сріблястого у першу чергу накопичувалися есенціальні елементи – цинк та ферум. Попередніми дослідженнями інших науковців, встановлено, що біоконцентрування феруму гідробіонтами здійснюється вже за низьких концентрацій цього металу [180]. Ферум входить до складу низки гемових (гемоглобін, мітохондріальні та мікросомальні цитохроми, каталаза та ін.) та негемових (трансферин, феритин, мітоферин тощо) протеїнів та відіграє важливу роль в окисно-відновних процесах клітини [58, 180].

Надмірне акумулювання цього металу може призводити до хронічного чи гострого отруєння гідробіонтів [57, 123, 124].

Ступінь і направленість фізіологічних порушень в організмі риб будуть залежати від біоконцентрації поглинутого металу, що, у свою чергу, визначається фізичними і хімічними характеристиками навколишнього середовища [57]. Шкідливий вплив важких металів на водне середовище та гідробіонтів часто пов'язаний з комплексною дією важких металів [151].

При дослідженні визначено надвисокий ступінь накопичення для Zn, Fe, Cu, Mn в органах у карася з Самарської затоки. Концентрація Cu, Fe, Ni у зябрах карася з Самарської затоки у рази більша, ніж у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, у гепатопанкреасі також відмічається більша концентрація для Zn, Mn, Cu, Fe, Pb.

Відомо, що риби мають видоспецифічні пристосувальні реакції до несприятливих умов існування. У ході досліджень, виявлено, що на рівні органів у карася сріблястого починає проявлятися вплив несприятливих умов середовища у вигляді зменшення їх індексів. Так, індекс гепатопанкреасу (печінки) у риб з Самарської затоки був вдвічі меншим, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища. Експериментально доведено, що під впливом дії надмірних концентрацій токсичних речовин у риб зменшується індекс печінки і селезінки. Можливо, це пов'язано із структурно-функціональними змінами у тканинах цих органів [21]. У самок з Самарської затоки встановлено зменшення індексу нирок у два рази. Індeksi внутрішніх органів змінюються від ступеня забруднення води, при чому реакція кожного виду є специфічною та залежить від віку особин. Наряду з цим у карася з Самарської затоки спостерігається значно більша кількість та різноманітність цитологічних та гістологічних змін в тканинах та органах.

Існують дослідження [163], які показують, що концентрація гемоглобіну у крові риб під впливом токсичних металів, може критично знижуватися. У карася з Самарської затоки фіксуються низькі показники гемоглобіну – 40,75–43,1 г/л, що може говорити про хронічний токсичний вплив важких металів на популяцію виду. Патології у зябровому апараті, які викликані антропогенними чинниками, можуть

скорочувати площу епітелію, який приймає участь у газообміні і викликає компенсаторну реакцію газотранспортної системи крові, що в свою чергу відображається на концентрації гемоглобіну. При дослідженні еритроцитів, встановлено морфопатологічні зміни: пойкилоцитоз, фестончастість мембрани еритроцитів, ядерні тіні, зсув ядра до периферії клітини. Найбільший відсоток патологічних змін знову було виявлено у риб з Самарської затоки. Частіше пойкилоцитоз фіксували у самок влітку, це можна пояснити сезонними змінами, а саме зниженням концентрації кисню у воді. Фестончастість мембрани та пойкилоцитоз еритроцитів у свою чергу впливають на газотранспортний процес в організмі риб. Існують дослідження, що підтверджують токсичний вплив купруму та цинку на гематологічні показники деяких видів риб шляхом ретельного гематологічного дослідження: морфологію ядра еритроцитів і клітин, зниження концентрації гемоглобіну. Відомо, що сублетальні дози цинку несприятливо впливають на гематологічний профіль риб. Цинк може викликати підгострі ефекти, які змінюють поведінку риб. Небезпека цинку вважається дуже високою та серйозною через його майже необмежену стійкість у середовищі [160, 161]. При стресі, викликаному купрумом, може виникнути анемія через порушення синтезу гемоглобіну а також внаслідок ушкодження клітин крові [140, 161]. Експериментально доведено, що при інтоксикації іонами купруму (0,01 мг/л – 10 ГДК) у карася сріблястого виявлена низка патологічних відхилень еритроцитів. Відзначався пойкилоцитоз, фестончастість мембран та зсув ядра. Відмічені клітини грушоподібної, серповидної, ромбовидної форм. Траплялися еритроцити з відростками, що свідчить про пригнічення еритропоезу. У невеликій кількості виявлені мікроядра та амітози. Такі зміни вказують на погіршення фізіологічного стану риб дослідної групи через негативний вплив іонів купрум. При цьому найчастіше траплявся пойкилоцитоз [80]. Таким чином, збільшення порушень у морфології клітин крові, розцінюється як дегенеративне явище, яке виникає під впливом негативних факторів середовища існування риб. Тому, можливо, саме високі концентрації купруму в комплексі з іншими важкими металами, які

фіксуються у воді Запорізького (Дніпровського) водосховища, впливають на зміни гематологічних показників карася сріблястого.

При забрудненні водного середовища токсичними речовинами у зябрах виникають дегенеративні зміни: некроз, гіперплазія, потовщення та злиття ламел. Зябра вважаються важливим місцем для прямого поглинання важких металів з води [97, 152]. У зябрах дослідженого нами карася сріблястого спостерігали вищезазначені патології, однак у карася з Самарської затоки виявлена більша кількість та частота прояву цих змін, порівняно з карасем з нижньої ділянки водосховища. У воді Запорізького (Дніпровського) водосховища встановлено високі концентрації цинку, та його надвисокі ступені накопичення в органах дослідного виду. При забрудненні водного середовища цинком найбільш типовою патологією є гіперплазія респіраторних ламел та некроз зябер. Цинк накопичується у зябрах риб, що свідчить про пригнічувальну дію на тканинне дихання, виникає гіпоксія, що може призводити, навіть, до смерті. Цинк – це потенціальний токсикант для риб [175], який викликає порушення кислотно-основної та іонної регуляції, руйнування зябрової тканини [143]. При нашому дослідженні найбільший відсоток гіперплазії зябер виявлено саме у риб з Самарської затоки.

Підвищення активності аланінамінотрансфери (АлАТ) і аспартатамінотрансфери (АсАТ) крові карася з Самарської затоки свідчать про порушення, насамперед, гепатопанкреасу. Це підтверджується виявленими гістологічними змінами у гепатопанкреасі у досліджених нами особин карася сріблястого. Переважну більшість патологічних змін встановлено восени у риб з Самарської затоки, максимальні показники некрозу були у самців – 8,2 %, а жирової дистрофії у самок – 36,0 %. Гепатопанкреас є органом-мішенню при забрудненні поллютантами та іншими речовинами, він відповідає за детоксикацію в організмі. Часто жирова дистрофія виникає, як наслідок впливу токсичних речовин, таких як важкі метали. Гепатопанкреас є одним з найбільших залозистих утворень організму, яке бере участь у важливих метаболічних процесах [61]. У карася Самарської затоки виявлені ознаки гіпертрофії гепатоцитів та зменшення ядерно-цитоплазматичного

співвідношення, що може говорити про пригнічення функціональної активності клітини.

Встановлено, що у карася сріблястого не залежно від часу перебування у забрудненій водоймі зменшується вміст глюкози у плазмі крові, що вказує на підвищену потребу в енергетичних ресурсах для забезпечення протікання процесів детоксикації та виведення токсичних речовин з організму риб [55]. У риб Самарської затоки спостерігали тенденцію до зниження вмісту глюкози у крові. Відомо, що вміст глюкози у крові риб перебуває під нейрогуморальним контролем ЦНС та гепатопанкреасу, де розташовані детектори рівня глюкози [110]. Коли організм перебуває у стані тривалого стресу – запаси глікогену у гепатопанкреасі виснажуються, що призводить до глікоглікемії (патологічного стану, що призводить до зниження концентрації глюкози у крові) [30].

Зміна концентрації гемоглобіну та об'єму еритроцитів призводить до дисбалансу іонного складу крові, що в свою чергу відображається на функціонуванні нирок. При дослідженні встановлено гістологічні зміни у нирках карася сріблястого з обох ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища. Вважають, що патології ниркових каналців є маркером отруєння важкими металами, тому що саме клітини епітелію каналців виконують секрецію двовалентних іонів у процесі утворення вторинної сечі. У карася з Самарської затоки виявлено набряк епітелію та звуження просвіту дистального звивистого каналцю, або взагалі відсутність просвіту, дегенерація ниркових каналців, некроз. Максимальні значення прояву дегенерації ниркових каналців та некрозу виявлено у риб восени у самок: 60 та 30 % відповідно.

Відомо, що підвищені концентрації металів у водному середовищі можуть проявляти як синергетичний, так і антагоністичний ефекти [142]. На зміну токсичності важких металів впливають: наявність інших металів або токсичних речовин у воді, температура води, водневий показник, розчинений кисень та інші гідрохімічні показники. Також, слід враховувати вік, стать та розміри гідробіонта [93]. Враховуючи, що концентрація більшості досліджених важких металів у воді Самарської затоки перевищують ГДК, а також виявлено досить високі показники

загальної мінералізації, які зростають з кожним роком, можна зробити висновок, що карась сріблястий виловлений з Самарської затоки знаходиться під більшим антропогенним тиском, ніж у нижній ділянці Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Наразі загальних критеріїв для оцінки водного середовища не існує, тому що механізми впливу токсичних речовин, зокрема важких металів, органічних забруднювачів, стічних вод промислових та комунальних підприємств, на гідробіонтів значно відрізняються, їх вплив залежить від сезону року, тривалості впливу, концентрації та багатьох інших чинників [35].

Методи гістологічних та гематологічних досліджень показали себе досить швидкими та ефективними під час вивчення впливу токсикантів на рибу і оцінки екологічного тиску на природні водойми [35].

Негативний вплив токсичних речовин, у першу чергу, важких металів на карася сріблястого пов'язаний із змінами які відбуваються у його органах та тканинах та розмірно-вагових показниках. Найбільше негативному впливу піддаються зябра, оскільки вони першими безпосередньо контактують з водним середовищем. Наші отримані дані повністю узгоджуються з дослідженнями інших авторів. Так, встановлено, що вплив токсикантів у воді на зябра риби пов'язаний із набуханням респіраторного епітелію, гіперемією пелюсточок, крововиливами, некрозом і злущуванням епітеліальних клітин [35]. Далі вражаються паренхіматозні органи-мішені – нирки та гепатопанкреас. Подібні зміни у цих органах зафіксовано науковцями у риби, які тривалий час перебували у воді, забрудненій органічними ксенобіотиками, токсичними сполуками чи важкими металами [35].

Отже, морфофункціональні, гематологічні та гістологічні показники карася сріблястого з досліджених ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища залежать від інтенсивності антропогенного навантаження на дослідні ділянки. Карась піддається впливу комплексу різноманітних забруднюючих речовин, що проявляється на клітинному, тканинному та анатомічному рівнях у вигляді

дегенеративних процесів та різноманітних патологій. Чим сильніший антропогенний вплив на водне середовище, тим інтенсивніший прояв патологій.

При незначних концентраціях токсичних речовин у водному середовищі риби адаптуються до їх впливу зміною фізіологічних та біохімічних процесів в організмі. У такому разі захисні системи організму риб компенсують руйнівну дію токсикантів, але водночас можуть з'являтися перші ознаки захворювань організму. Наслідком цього може бути адаптація риб до дії токсикантів або подальша деградація в органах і системах, що часто використовується для оцінки екологічного стану водойм. Так, за гострої токсичної дії забруднюючих речовин в органах і тканинах риб відбуваються незворотні зміни структури і функції клітин, що веде до загибелі організму. Хронічну дію токсичних агентів пов'язують із мобілізацією захисних систем організму риб, посиленням енергетичного обміну, детоксикаційної функції печінки, зміною гематологічних показників [35]. Тому, можна зробити висновок, що карась сріблястий знаходиться під впливом хронічної дії токсичних речовин.

Отже, враховуючи отримані результати, можна рекомендувати використання морфо-функціональних змін карася сріблястого для виявлення токсичного впливу важких металів у воді.

ВИСНОВКИ

Досліджено морфо-функціональний стан карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища у сучасних екологічних умовах. Визначено фізіологічний стан дослідного виду, що мешкає у ділянках з різним рівнем антропогенного навантаження. Проведено морфометричні, гістологічні, цитометричні та гематологічні дослідження карася сріблястого. Виявлено основні чинники, що можуть впливати на фізіологічний стан карася та надано його сучасну біологічну характеристику. За результатами досліджень, можна сформулювати наступні висновки:

1. Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод водосховища за ступенем їх чистоти (забрудненості), вода в Самарській затоці відноситься до III класу, 5 категорії («помірно забруднена»), а у нижній ділянці Запорізького (Дніпровського) водосховища – III класу, 4 категорії («слабко забруднена»). Карась сріблястий з Самарської затоки знаходиться в умовах підвищеної токсифікації важких металів. Високий вміст важких металів у воді та надмірна мінералізація у комплексі негативно впливають на гістологічну структуру внутрішніх органів карася сріблястого, що у свою чергу проявилось у вигляді гістопатологічних змін.

2. Встановлено достовірні відмінності у морфометричних показниках карася сріблястого з дослідних ділянок водосховища, а саме у довжині хвостового стебла, пектоцентральної відстані та діаметру ока. Усі вищезазначені показники були більшими у риб з Самарської затоки. Визначено достовірне зменшення показників індексу гепатопанкреасу та нирок у риб з Самарської затоки порівняно з рибами нижньої ділянки водосховища.

3. Виявлено закономірності накопичення важких металів органами та тканинами карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. Встановлено, що найбільшу накопичувальну здатність мали такі метали як цинк та ферум, а найменшу – кадмій та плумбум. Відмічено надвисокий ступінь накопичення цинку для всіх досліджених органів карася сріблястого з обох ділянок водосховища. У риб Самарської затоки виявлено надвисокий ступінь накопичення

для купруму, феруму у гепатопанкреасі та мангану і феруму у зябрах, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища.

4. У риб Самарської затоки збільшується показники площі ядра та показник ядерно-цитоплазматичного співвідношення еритроцитів, ШОЕ, активності АлАт та АсАт у сироватці крові, порівняно з рибами нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища, що свідчить про порушення функцій гепатопанкреасу та інших внутрішніх органів, зумовлені збільшенням комплексного токсичного впливу середовища існування.

5. Виявлено закономірності прояву цитометричних та гістопатологічних змін внутрішніх органів карася сріблястого залежно від ступення забрудненості водного середовища. Встановлено, що кількість та різноманітність цитометричних та гістологічних змін у внутрішніх органах була більшою у риб з Самарської затоки, ніж у риб з нижньої ділянки Запорізького (Дніпровського) водосховища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдуллаєв Н.Х., Карімов Г.Я. (1989). *Печінка при інтоксикаціях гепатотропними отрутами. Медицина*. Ташкент, 96 с.
2. Аминева, В.А., Яржомбек А.А. (1984). *Физиология рыб*. Москва, Легкая и пищевая промышленность, 200 с.
3. Антоновский А.Г., Демченко В.А., Демченко Н.А. (2008). Перспективы использования особей, популяции и сообществ рыб в системе биоиндикации качества воды и состояния гидросистем. *Вісник Запорізького національного університету*, 1, 30–34.
4. Антоняк Г.Л., Сологуб Л.І., Снітинський В.В., Бабич Н.О. (2006). *Залізо в організмі людини і тварин: біохімічні, імунологічні та екологічні аспекти*. Львів, 310 с.
5. Арсан О.М., Давидов О.А., Дьяченко Т.М., Евтушенко М.Ю., Жукинський В.М., Кирпенко, Н.І. ...Якушин В.М. (2006). Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. За ред. В. Д Романенка. НАНУ: Ін-т гідробіології. К: Логос, 156–180.
6. Афанасьев С.А., Гродзинский М.Д. (2004). *Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты*. Киев, 60 с.
7. Багдай Т.В., Панас Н.Є., Антоняк Г.Л., Бубис О.Є. (2016). Біомоніторинг екологічного стану природних водойм. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*, 18, 1(65), 3, 190–194.
8. Барановський, Б.А. (2000). *Растительность руслового равнинного водохранилища*. ДНУ, Дніпро, 172 с.
9. Бузевич І.Ю., Котовська Г.О., Рудик-Леуська Н.Я., Христенко Д.С., Хоменко М.М. (2012). Особливості біології карася сріблястого (*Carassius Auratus Gibelio* (Bloch)) та його промислове використання в Кременчуцькому водосховищі. *Наукові доповіді НУБІП*, 3 (32).

10. Булахов В.Л. *Обогащение ихтиофауны Ленинского водохранилища путем акклиматизации полупроходных видов рыб.* (1966). (Кандидатська дисертація). Днепропетровск. 21.
11. Булахов В.Л., Василенко В.В., Тарасенко С.Н. (1977). *Характеристика ихтиофауны и рыбного промысла Запорожского водохранилища.* В сборнике: Биологические аспекты охраны и рационального использования окружающей среды. Днепропетровск, ДГУ, 51–59.
12. Веселов Е.А. (1969). *Изменение газообмена рыб под влиянием токсических загрязнений вод.* Материалы IV Медико-биологической конференции. Петрозаводск.
13. Врублевська Т., Най А., Бонішко О., Добрянська О. (2017). Накопичення важких металів в організмі прісноводних риб водного басейну Добротвірської теплоелектростанції. *Вісник Львівського університету. Серія хімічна*, 58(1), 225–230.
14. Григорьев Н.И. (1975). *Строение и регенерация печени после ее местного повреждения.* Медицина, 192 с.
15. Гузеєва Т.В., Рябенський А.В. (2019). *Визначення рН води на території НПП «Слобожанський».* Всеукраїнська наукова-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції». Житомир, Україна.
16. Давидов О.Н., Темниханов Ю.Д., Куровская Л.Я. (2005). *Патология крови рыб.* Киев: ИНКОС. 212 с.
17. Данилів С.І., Мазепа М.А. (2009). Реакція лейкоцитів периферичної крові коропа на надлишкові концентрації свинцю. *Рибогосподарська наука України*, 2, 105–109.
18. Дворецкий А.И., Байдак Л.А., Ломакин П.И. (2010). *Гидроэкология Приднепровья: история, современное состояние, перспективы.* Днепропетровск, «Гамалия», 111 с.

19. Дворецкий А.И., Рябов Ф.П. (Eds) (2001). *Запорожское (Днепровское) водохранилище. Информационный справочник.* Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. ун-та.
20. Дніпропетровська обласна рада (офіційний веб-сайт) [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <https://oblrada.dp.gov.ua/news/page/76/>
21. Дорохова И.Н. (2010). Особенности морфофизиологических и биохимических параметров печени морского ерша из бухт с различным уровнем загрязнения. *Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Экологическая физиология и биохимия водных организмов*, 44–47.
22. Дубняк С.С., Дубняк С.А. (2005). Роль мілководь у функціонуванні екосистем дніпровських водосховищ та перспективи їх використання. *Проблеми воспроизводства аборигенных видов рыб.* Світ рибалки, 200 – 204.
23. *Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2012 рік.* (2013). Дніпропетровськ, 131 с.
24. *Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2013 рік.* (2014). Дніпропетровськ, 138 с.
25. Єльнікова Т.О. (2021). Гідрохімічна характеристика річки Ірша. *Збірник наукових праць SCIENTIA*, 3, 10–14.
26. Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С. (2022). Адаптивні зміни в клітинах крові риb в умовах хронічної інтоксикації. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Агрономія і біологія»*, 1(47), 58–64.
27. Иванова Н.Т. (1983). Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). М.: Легкая и пищевая пром-сть, 184 с.
28. Камышников В.В. (2004). *Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике.* Москва, МЕДПресс-информ, 56–60.
29. Клишов А.А. (1984). *Гистогенез и регенерация тканей.* Ленинград, Медицина, 232 с.

30. Коваленко Ю.О. (2020). *Фізіолого-біохімічні особливості формування стійких популяцій коропових риб за дії токсичного забруднення*. Дисертація доктора філософії. Київ.

31. Колесник Н. (2012). Вплив важких металів на харчову цінність коропа і товстолобика в умовах інтенсивного вирощування. *Рибогосподарська наука України*, 1, 100–104.

32. Корженевська П.О., Шарамок Т.С., Мушит С.О. (2019). Сезонна динаміка морфо-фізіологічних показників молоді коропа лускатого (*Cyprinus carpio Linnaeus*, 1758) Таромського рибного господарства. *Рибогосподарська наука України*, 3(49), 5–15.

33. Крючков В.Н., Антонова Л.А. (1992). Патогистологические изменения внутренних органов карпа в зависимости от содержания тяжелых металлов. *Вопросы генетического и экологического мониторинга объектов рыбоводства*, 68, 88–94.

34. Курант В.З. (2005). Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. Сер. біологія*, 3(26), 235–238.

35. Курбатова І.М., Захаренко М.О., Тупницька О.М. (2021). Еколого-токикологічна оцінка природних водойм за дії ксенобіотиків. *Екологічні науки*, 6(39), 50–57.

36. Курченко В.О., Шарамок Т.С. (2017). Особливості гістологічної структури зябер деяких коропових риб Запорізького водосховища. *Біологічні системи*, 1, 70–74.

37. Курченко В.О., Шарамок Т.С., Березовська Н.О., Маренков О.М. Спосіб експрес-фарбування мазків крові риб. Патент України на корисну модель № 131323. МПК G01N 33/49 (2006.01). № u201807684, заявл. 09.07.2018 р.; опубл. 10.01.2019 р., Бюл. № 1.

38. Линник П.Н., Васильчук Т.А., Линник Р.П., Игнатенко И.И. (2007). Сосуществующие формы тяжелых металлов в поверхностных водах Украины и роль

органических веществ в их миграции. *Методы и объекты химического анализа*, 2(2), 130–145.

39. Лісовий В.М., Андон'єва Н.М., Лісова Г.В., Гуц О.А., Дубовик М.Я., Колупаєв С.М. (2018). *Гломерулонефрити*: метод. вказ. для студентів та лікарів-інтернів. Харків : ХНМУ, 20 с.

40. Ляврін Б.Г. (2020). *Ліпідний обмін у малих річок західного Поділля*. Кандидатська дисертація, Київ.

41. Маренков О.М., Курченко В.О., Нестеренко О.С., Сорокін С.О. (2022). Оцінка стану промислового освоєння іхтіофауни Запорізького (Дніпровського) водосховища на прикладі рибогосподарської діяльності «БОРИСФЕН-2010». *Водні біоресурси та аквакультура*, 19–31.

42. Матвієнко Т.І. (2019). Методичні вказівки, до виконання практичних робіт з дисципліни «Теорія динаміки стада риб», для спеціальності „Водні біоресурси та аквакультура”. Одеса, ОДЕКУ, 46 с.

43. Мельник А.П., Курганський С.В., Власова Н.М., Михайленко Н.Г. (2009). Вміст та розподіл важких металів в органах і тканинах промислових видів риб Київського водосховища. *Рибогосподарська наука України*, 1, 93–99.

44. Мислива Т. (2016). Важкі метали і мікроелементи в органах й тканинах представників іхтіофауни малих річок Житомирського Полісся. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*, 1(53), 22–34.

45. Мовчан Ю.В. (2011). *Риби України*. Київ, Золоті ворота, 444 с.

46. Моисеєнко Т.И. (1987). Диагностика почечнокаменной болезни рыб в естественных водоемах. *Методы ихтиотоксикологических исследований*. Ленинград, Ленуприздат, 102–103.

47. Моисеєнко Т.И. Лукин А.А. (1999). Патологии рыб в загрязняемых водоёмах Субарктики и их диагностика. *Вопросы Ихтиологии*, 39(4), 535–547.

48. Новіцкій Р.О. (2021). *Інвазії чужорідних видів риб у Дніпровські водосховища*. Дніпро, Ліра, 280 с.

49. Озінковська С.П., Єрко В.М., Коханова Г.Д., Тарасова О.М., Полторацька В.І. (1998). *Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних*

матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риб з великих водосховищ і лиманів України. Київ, 47 с.

50. Олійник О. Б., Козій М. С., Матвієнко Н. М., Мандигра М. С. (2017). Зміни у печінці та селезінці коропів, уражених збудниками крустацеозів, під дією препаратів «Жавель-Клейд» та «Діамант». *Ветеринарна медицина*, 103, 370–372.

51. Ольхович О.П., Мусієнко М.М. (2005). *Фітоіндикація та фітомоніторинг*. Київ, Фітосоціоцентр, 64 с.

52. Пальцев М.А., Аничков Н.М. (2001). *Патологическая анатомия*. Москва, Медицина, 680 с.

53. Положення про Комітет з питань етики (біоетики) / (Нормативний документ Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України. Наказ від 19.11.2012 № 1287): Нормативно-правова база Міністерства освіти і науки України (офіційний веб-сайт) [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/63/64/normativno-pravova-baza/>

54. Присяжнюк Н.М., Онищенко Л.С. (2016). Особливості морфології печінки окремих видів трирічок родини коропові. *Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК*, 1, 198–201.

55. Причеп М. В., Потрохов О. С., Зінковський О. Г. (2014). Метаболічні стрес-реакції в окуня *Perca fluviatilis* L. та йоржа *Gymnocyphalus cernua* L. за дії фенолу та біхромату калію. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка, серія: біологія*, 1(58), 44–50.

56. Причеп М.В. (2016). Особливості адаптації аборигенних окуневих риб до дії екологічних чинників водного середовища. Кандидатська дисертація. Київ.

57. Рабченюк О.О. (2019). Вплив підвищених концентрацій феруму у воді на метаболічні процеси в організмі коропа та щуки. Кандидатська дисертація. Тернопіль.

58. Рабченюк О.О. Хоменчук В.О., Курант В.З. (2016). Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія біологія*, 3–4(67), 107–119.

59. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2011 рік. (2012). Дніпропетровськ, 180 с.
60. Риба жива. Загальні технічні умови: ДСТУ 2284:2010 [чинний від 01.01.2012]. К.: Держспоживчстандарт України, 2012. С. 26. Національний стандарт України.
61. Романенко В.Д. (1978). *Печень и регуляция межуточного обмена (млекопитающие и рыбы)*. Київ, Наукова думка, 183 с.
62. Романов А.А., Лепилина И.Н., Романов А.А. (2006). Морфофункциональные нарушения почек осетровых и костистых рыб Волго-Каспия в современных условиях. *Цитология*, 1, 5–8.
63. Свиренко Д.О. (1938). Дніпровське водосховище. *Вісник Дніпропетровської гідробіологічної станції*, 3, 5–277.
64. Серов В.В., Пауков В.С. (1975). *Ультраструктурная патология*. Москва, Медицина, 432 с.
65. Токин И.Б. (1974). *Проблемы радиационной цитологии*. Ленинград, Медицина, 141 с.
66. Федоненко Е. В., Есипова Н. Б., Маренков О.Н., Сазанова Н.Н. (2014). Гидроэкологическое состояние малых рыбохозяйственных водоемов степной зоны Украины. *Экологический вестник Северного Кавказа*, 10(2), 32–35.
67. Федоненко О., Ананьєва Т., Єсіпова Н. (2008). Важкі метали в тканинах і органах сріблястого карася (*Carassius auratus* Gibelio) Запорізького водосховища. *Вісник Львівського університету, серія біологічна*, 46, 97–100.
68. Федоненко О.В., Маренков О.М. (2018). *Промислове освоєння іхтіофауни Запорізького (Дніпровського) водосховища*. Дніпро, Ліра, 152 с.
69. Федоненко О.В. (2010). *Вплив антропогенних факторів на стан промислової іхтіофауни Запорізького водосховища*. Автореферат кандидатської дисертації, Одеса.
70. Федоненко О.В., Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С., Ананьєва Т.С., Яковенко В.О., Жежеря В.А. (2012). *Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище*. Дніпропетровськ, 276 с.

71. Федоненко О.В., Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С. та ін. (2008). *Екологічний стан біоценозів Запорізького водосховища в сучасних умовах*. Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 232 с.
72. Федоненко О.В., Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С., Ананьєва Т.С., Яковенко В.О., Жежеря В.А. (2012). *Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище*. Дніпропетровськ, 276 с.
73. Федоненко О.В., Шмагайло М.О. (2012). Особливості росту карася сріблястого в умовах Самарської затоки Запорізького водосховища. *Питання біоіндикації та екології*, 17, 2, 82–90.
74. Федоненко О.В., Шмагайло О.М. (2011). Сучасний стан популяції сріблястого карася Запорізького водосховища. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія*, 4(49), 81–84.
75. Хендель, Н.В. (2013). Регламентация проведення експериментів над тваринами: міжнародні та національні правові стандарти. *Укр. часопис міжнар. права: наук.-практ. журн., Спец. вип.: Міжнародно-правові стандарти поводження з тваринами та їх захисту і практика України*, 71–74.
76. Христенко Д.С., Рудик-Леуська Н.Я., Котовська Г.О. (2011). *Атлас аборигенной іхтіофауни басейну р. Дніпро*. Київ, «Фітосоціоцентр», 192 с.
77. Христов О.О., Кочет В.М. (2007). Динаміка формування іхтіофауни Самарської затоки під впливом факторів різного походження. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*, 15 (1), 191–199.
78. Христофорова Н.К. (1989). *Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами*. Ленинград, Наука, 192 с.
79. Чмиленко Ф.О., Деркач Т.М. (2002). *Методи атомної спектроскопії: атомноабсорбційний спектральний аналіз*. Дн-ск:РВВ ДНУ, 120 с.
80. Шарамок Т.С., Єсіпова Н.Б., Колесник Н.Л. (2017). Патоморфологічні та цитометричні показники клітин червоної крові дволіток карася сріблястого (*Carassius auratus Gibelio* (Bloch, 1782)) за умов інтоксикації іонами міді. *Рибогосподарська наука України*, 3(41), 98–108.

81. Шарамок Т.С., Єсіпова Н.Б., Федоненко О.В., Білецька О.В. (2016). Еколого-гематологічна характеристика плітки звичайної (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) Запорізького водосховища. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*, 6 (2), 303–310.
82. Шарамок, Т.С., Єсіпова Н.Б. (2015). Вплив антропогенних факторів на гематологічні показники риби. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*, 3/4(64), 722–726.
83. Шатуновский М.И. (1980). Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. Москва, Наука, 238 с.
84. Шевчук П.Ф. (2001). *Особливості цитоструктури гепатопанкреасу коропових риби*. Матеріали I Всеукраїнської конференції «Проблеми іхтіопатології». Київ, Україна.
85. Шерман І.М., Євтушенко М.Ю. (2011). *Теоретичні основи рибництва: підручник*. Київ, 499 с.
86. Щербак В.І., Семенюк Н.Є. (2006). Індикація впливу урбанізацій на водойми за різноманіттям фітопланктону. *Доповіді Національної академії наук України*, 12, 170–175.
87. Ярыгин Н.Е., Серов В.В. (1977). *Атлас патологической гистологии*. Москва, Медицина, 200 с.
88. Adams S.M. (2002). *Biological indicators of aquatic ecosystem stress*. American Fisheries Society. Bethesda, MD. 644 p.
89. Alkindi A., Brown J., Waring C., Collins J. (1996). Endocrine, osmoregulatory, respiratory and hematological parameters in flounder exposed to the water soluble fraction of crude oil. *Journal of Fish Biology*, 49, 1291–1305.
90. Amin N., Manohar S., Borana K., Qureshi T.A., Khan S. (2013). Effect of cadmium chloride on the histoarchitecture of kidney of a freshwater Catfish, *Channa punctatus*. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 3, 1900–1905.

91. Anbumani S., Mohankumar M.N. (2012). Gamma radiation induced micronuclei and erythrocyte cellular abnormalities in the fish *Catla catla*. *Aquatic Toxicology*, 122–123, 125–132.
92. Atchison G.J., Mary G.H., Mark S. (1987). Effects of metals on fish behavior. *Environmental Biology of Fishes*, 18(1), 11–25.
93. Avenant-Oldewage A., Marx H.M. (2000). Bioaccumulation of chromium, copper and iron in the organs and tissues of *Clarias gariepinus* in the Olifants River, Kruger National Park. *Water SA*, 26(4), 569–582.
94. Ayllon F., Garcia-Vazquez E. (2000). Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test. *Mutation Research*, 467(2), 177–186.
95. Banaee M., Sureda A., Mirvaghefi A.R., Ahmadi K. (2011). Effects of diazinon on biochemical parameters of blood in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99, 1–6.
96. Bashir Ahmed, Lan Jr-Peng, Fonseca Pablo, Thiagarajah Arunthavarani, Hartley William R. (2002). *Hepatic and gonadal lesions in medaka (Oryzias latipes) exposed to trichloroacetic acid as embryos*. 4 International Symposium on Aquatic Animal Health, New Orleans, ISAAH. Proceeding. New Orleans.
97. Beijer K., Jernelov A. (1986). *Sources, transport and transformation of metals in the environment. Handbook on the toxicology of metals*. Elsevier, Amsterdam, 68–84.
98. Beuchat C.A., Braun E.J. (1988). Allometry of the kidney: implication for the ontogeny of osmoregulation. *American Journal of Physiology*, 255, 760–767.
99. Bichareva, O.N. (2011). Activity of serum transferases in Cyprinidae fishes. *Nature sciences*, 34, 96–100.
100. Bochenek I., Protasowicki M., Brucka-Jastrzêbska E. (2008). Concentrations of Cd, Pb, Zn, and Cu in roach, *Rutilus rutilus* (L.) from the lower reaches of the Oder river, and their correlation with concentrations of heavy metals in bottom sediments collected in the same area. *Archives of polish fisheries* 16(1), 21–36.

101. Brack W., Apitz S.E., Borchardt D., Brils J., Cardoso A.C., Foekema E.M., ...von der Ohe P.C. (2009). Toward a holistic and risk-based management of European river basins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 5, 1, 5–10.
102. Brucka Jastrzebska E., Protasowicki M. (2006). Changes of cadmium content in various organs of common carp (*Cyprinus carpio* L.) during the fast growth period following initial rearing in contaminated water. *Archives of polish fisheries*, 14(2), 183–194.
103. Caldwell C.A. (1997). Aromatic hydrocarbon pathology in fish following a large spill into the Nemadji river. Wisconsin U SA. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 58(5), 574–581.
104. Carvalho T., Do Nascimento A., Gonçalves C., Dos Santos M., Sales A. (2020). Assessing the histological changes in fish gills as environmental bioindicators in Paraty and Sepetiba bays in Rio de Janeiro, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(4), 590-601. doi:<http://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2351>
105. Cavas T., Ergene-Gözükar S. (2003). Evaluation of the genotoxic potential of lambda-cyhalothrin using nuclear and nucleolar biomarkers on fish cells. *Mutation Research: Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 534 (1–2), 93–99.
106. Cengiz E.I. (2006). Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22(2), 200–204.
107. Cengiz E.I. (2006). Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22(2), 200–204.
108. Council Directive 2010/63/EU of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes // Official Journal of the European Communities. – 2010. – L 276. – P. 33–79.
109. Diniz, M., Pereira R., Freitas A. (2011). Evaluation of the sub-lethal toxicity of bleached kraft pulp mill effluent to *Carassius auratus* and *Dicentrarchus labrax*. *Water, Air and Soil Pollution*, 217, 35–45.
110. Dolomatov S.I., Kubyshkin A.V., Zukow W.A., Kutya S.A., Cieslicka M.,

Muszkiet R., Napierala M. (2014). Prospects for the replenishment of a feed protein deficit in aquaculture. *Russian Journal of Marine Biology*, 40(4), 233–240.

111. Ellis, A.E. (1977). The leucocytes of Fish: A Review. *Journal of Fish Biology*, 11(5), 453–491.

112. Emmanuel O.O., Olusola K.O. (2019). Histopathological Changes in the Gills, Fillet and Liver of *Parachanna obscura* in an Abandoned Gold Mine Reservoir of Igun and Opa Reservoir. *American Journal of Biology and Life Sciences*, 7(1), 1–8.

113. *Environemtnal Assessment and Management*, 2 (4), 312–329.

114. Ergene S., Cavas T., Celik A., Koleli N., Kaya F., Karahan A. (2007). Monitoring of nuclear abnormalities in peripheral erythrocytes of three fish species from the Goksu Delta (Turkey): genotoxic damage in relation to water pollution. *Ecotoxicology*, 16, 385–394.

115. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986. – 53 p.

116. Fatma A.S. Mohamed. (2009). Histopatological Studies on *Tilapia zillii* and *Solea vulgaris* from Lake Qarum, Egypt. *World journal of Fish and Marine Sciences*, 1(1), 29–39.

117. Fazio F., Lanteri G., Saoca C., Iaria C., Piccione G., Orefice T., Calabrese E., Vazzana I. (2020). Individual variability of blood parameters in striped bass *Morone saxatilis*: possible differences related to weight and length. *Springer Nature Switzerland AG 2020*. Advance online publication.

118. Fedonenko O., Yakovko V., Ananieva T., Sharamok T., Yesipova N., Marenkov O. (2018). Fishery and environmental situation assessment of water bodies in the Dnipropetrovsk region of Ukraine. *World Scientific News*, 92(1), 1–138.

119. George K. R., Malini N.A., Sandhya G.O. Rani (2012). Biochemical changes in liver and muscle of the cichlid, *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) exposed to sub-lethal concentration of mercuric chloride. *Indian Journal of Fisheries*, 59(2), 147–152.

120. Georgieva E., Yancheva V., Velcheva I., Iliev I., Vasileva T., Bivolarski V., ... Stoyanova S. (2016). Histological and biochemical changes in liver of common carp (*Cyprinus carpio* L.) under metal exposure. *North-western journal of Zoology*, 12 (2),

261–270.

121. Gobler C.J., Burkholder J.M., Davis T.W., Harke M.J., Johengen T., Stow C.A., Van de Waal D.B. (2016). The dual role of nitrogen supply in controlling the growth and toxicity of cyanobacterial blooms (Review). *Harmful Algae*, 54, 87–97.

122. Golovanova I. (2008). Effects of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. *Inland Water Biology*, 1, 93–101.

123. Gregorovic´ G., Kralj-Klobuc´ar N., Kopiar N. (2008). Histological and morphometric study on the tissue and cellular distribution of iron in carp *Cyprinus carpio* L. During chronic waterborne exposure. *Journal of Fish Biology*, 72, 1841–1846.

124. Gurzau E.S., Neagu C., Gurzau A.E. (2003). Essential metals—case study on iron. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 190–200.

125. Hagger J.A., Jones M.B., Leonard D.P., Owen R., Galloway T.S. (2006). Biomarkers and integrated environmental risk assessment: are there more questions that answer? *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2(4), 312–329.

126. Heath A.G. (1995). *Water pollution and fish physiology*. Lewis publishers, Boca Ration, 359 p.

127. Heath A.G. (2002). *Water Pollytion and Fish Physiology*. L.: Lewis Publ., 506 p.

128. Hibiya, E.T. (1996). *An Atlas of Fish Histology: Normal and Pathological Features*. New York, Kodansha Ltd, 147 p.

129. Hinton D.E., Lauren D.G. (1990). Integrative hystopathological approaches to detective effects of environment stressors on fish. *American Fisheries Society's*, 51–66.

130. Jayakumar P., Paul V.I. (2006). Patterns of cadmium accumulation in selected tissues of the catfish *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to sublethal concentration of cadmium chloride. *Veterinarski arhiv*, 76(2), 167–177.

131. Jawahar A., Jalaluddin N., Arun Kumar M., Vijayakumar S., Akbar B. (2018). Effect of cadmium chloride on the haematological profiles of the freshwater ornamental fish, *Cyprinus carpio koi* (Linnaeus, 1758). *Journal Clean WAS (JCleanWAS)*, 2(2), 10–15.

132. Jha B.S., Jha A.K. (1995). Biochemical profiles of liver, muscle and gonads

of the freshwater fish *Heteropneustes fossilis* under chromium stress. *Toxicity and monitoring of xenobiotics*, Venus Publishing House, New Delhi, 127–137.

133. Kiernan JA. (2008). *Histological and Histochemical Methods: Theory and Practice*. 4th ed. Bloxham, UK: Scion.

134. Kim S.G., Jee J.H., Kang J.C. (2004). Cadmium accumulation and elimination in tissues of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* after sub-chronic cadmium exposure. *Environmental pollution*, 127, 117–123.

135. Kirschbaum A.A., Seriani R., Pereira C.D.S., Assunção A., Abessa D.M.S.; Rotundo M.M., Ranzani-Paiva M.J.T. (2009). Cytogenotoxicity Biomarkers in Fat Snook *Centropomus parallelus* from Cananéia and São Vicente estuaries, SP, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 32(1), 151–154.

136. Kottelat, M., J. Freyhof. (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, 646 pp. 26.

137. Kurchenko V.O, Sharamok T.S. (2018). Morphological and cytometric indicators of the bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) erythrocytes from the Zaporizhian reservoir. *World Scientific News*, 112, 228–236.

138. Marenkov, O. (2018). *Laboratory Manual on General and Special Ichthyology*. World News of Natural Sciences, 18(1), 1–51.

139. Mary C., Bhuvaneswari D., Anandan R. (2015). Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*). *European Journal of Experimental Biology*, 5, 24–30.

140. McKim J. M., Christensen G. M., Hunt E. P. (1970). Changes in the blood of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) after shortterm and long-term exposure to copper. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 27(10), 1883–1889.

141. Mohamed F.A. (2009). Histopatological Sdudies on *Tilapia zillii* and *Solea vulgaris* from Lake Qarum, Egypt. *World journal of Fish and Marine Sciences*, 1(1), 29–39.

142. Mukhopadhyay M.K., Konar S.K. (1985). Effects of copper, zinc and iron mixture on fish and aquatic ecosystem. *Environment and Ecology (Kalyani)*, 31, 58–64.

143. Murugan S.S, Karuppasamy R., Poongodi K., Puvaneswari S. (2008).

Bioaccumulation Pattern of Zinc in Freshwater Fish *Channa punctatus* (Bloch.) After Chronic Exposure. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8, 55–59.

144. Niimi A.J. (1990). Review of biochemical method and other indicators to assess fish health in aquatic ecosystems containing toxic chemicals. *Journal of Great Lakes Research*, 16, 529–541.

145. Nosakhare Osazee Erhunmwunse., Alohan, F. I., Alex Enuneku., Isioma Tongo., Martins Ainerua Stefano Idugboe. (2013). Pathological alterations in the liver of post-juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to sub-lethal concentrations of the herbicide Glyphosate. *Journal of Natural Sciences Research*, 3 (15), 87–91.

146. Ortiz J. B., González de Canales M. L., Sarasquete C. (2003). Histopathological changes induced by lindane (?-HCH) in various organs of fishes. *Scientia Marina*, 67(1), 53–61.

147. Parashar R. S., Banerjee T. K. (2002). Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of airbreathing catfish (*Heteropneustes fossilis* (Bloch)). *Veterinarski arhiv*, 72(3), 167–183.

148. Parish N., Wrathmell A., Hart S., Harris J. (1986). The leucocytes of the elasmobranch *Scyliorhinus vanicula* L. A morphological study. *Journal of Fish Biology*, 28, 5, 545–561.

149. Pedlar R.M., Ptashynski M., Evans R., Klaverkamp J.F. (2002). Toxicological effects of dietary arsenic exposure in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Aquatic Toxicology*, 57(3), 167–189.

150. Puntoriero M.L., Fernandez Cirelli A., Volpedo A.V. (2018). Histopathological changes in liver and gills of *Odontesthes bonariensis* inhabiting a lake with high concentrations of arsenic and fluoride (Chasico lake, Buenos aires province). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1) 69–77.

151. Rodríguez-Ariza A., Rodríguez-Ortega M.J., Marengo J.L., Amezcua O., Alhama J., López-Barea J. (2003). Uptake and clearance of PCB congeners in *Chamaelea gallina*: response of oxidative stress biomarkers. *Comparative Biochemistry & Physiology*, 134, 57–67.

152. Romeo M., Siau Y., Sidoumou Z. (1999). Gnassia-Barelli M. Heavy metal

distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Science of the Total Environment*, 232, 169–175.

153. Roncero V., Gymez L., Duran E., Fernandez O., Garsia-Camero J.P., Oropesa A., Soler F. (2002). Histopathological alterations in carp (*Cyprinus carpio*) after exposition to simazine. *Toxicology Letters*, 135, 94–95.

154. Sánchez-Muros M.J., García-Rejón L., García-Salguero L., Higuera M., Lupiáñez J.A. (1998). Long-term nutritional effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout. Adaptive response to starvation and a high-protein, carbohydrate-free diet on glutamate dehydrogenase and alanine aminotransferase kinetics. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 30(1), 55–63.

155. Santos D.C.M., Matta S.L.P., Oliveira J.A., Santos J.A.D. (2012). Histological alterations in gills of *Astyanax bimaculatus* caused by acute exposition to zinc. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64, 861–866.

156. Santos TCA., Gomes V., Passos J., Rocha A., Salaroli R., Ngan P. (2011). Histopathological alterations in gills of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus* (*Perciformes, Carangidae*) following sublethal acute and chronic exposure to naphthalene. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 6(2), 109–120.

157. Schwaiger J, Wanke R, Adam S, Pawert M, Honnen W, Tribskorn R (1997). The use of histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 6, 75–86.

158. Secombes, C. J., Iwama G., Nakanishi T. (1996). The nonspecific immune system: cellular defense. *The Fish Immune System: Organism, Pathogen, and Environment*, 63–105.

159. Sehar A., Shafaqat A., Uzma S., Mujahid F., Saima A., Fakhir H., Rehan A. (2014). Effect of different heavy metal pollution on fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 21, 74–79.

160. Shahjahan M., Taslima K., Rahman MS., Al-Emran M., Alam SI., Faggio C. (2022). Effects of heavy metals on fish physiology - A review. *Chemosphere*, 300.

161. Shah N., Khan A., Ali R., Marimuthu K., Uddin M.N., Rizwan M., ... Khisroon M. (2020). Monitoring Bioaccumulation (in Gills and Muscle Tissues),

Hematology, and Genotoxic Alteration in *Ctenopharyngodon idella* Exposed to Selected Heavy Metals. *BioMed Research International*, 1–16.

162. Shtewi H., Abuser S. (2020). Morphology and histology of the liver of *Oblada melanura* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: sparidae) in tripoli coast, western Libya. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô*, 47, 1–9.

163. Simonato J.D., Guedes C.L.B., Martinez, C.B.R. (2008). Biochemical, Physiological, and Histological Changes in the Neotropical Fish *Prochilodus lineatus* Exposed to Diesel Oil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 112–120.

164. Smith S.A., Newman S.J., Coleman M.P., Alex C. (2018). Characterization of the histologic appearance of normal gill tissue using special staining techniques. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 30(5), 688–698.

165. Sobeska E. (2001). Changes in the iron level in the organs and tissues of wels catfish, *Sirulus glanis* L. caused by nickel. *Acta ichthyologica et piscatorial*, 31(2), 127–143.

166. Sobeska E., Protasowicki M. (2002). Changes in contents of zinc and copper in organs and blood of nickel-exposed european catfish, *Silurus glanis* L. *Acta ichthyologica et piscatorial*, 32(1), 23–34.

167. Spratte, S., Hartmann U. (1998). *Fischartenkataster: Süßwasserfische und Neunaugen in Schleswig-Holstein*. Ministerium für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus, Kiel Germany. 183 p.

168. Stephensen, E.M. Adolfsson-Erici, Celander M. (2003). Biomarker responses and chemical analyses in fish indicate leakage of polycyclic aromatic hydrocarbons and other compounds from car tire rubber. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22, 2926–2931.

169. Strunjak-Perovic I., Coz-Rakovak R., Topic Popovik N., Jadan M. (2009). Seasonality of nuclear abnormalities in gilthead sea bream *Sparus aurata* (L.) erythrocytes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 287–296.

170. Strunjak-Perovic I, Lisicic D, Coz-Rakovac R, Topic Popovic N, Jadan M, Benkovic V, Tadic Z. (2010). Evaluation of micronucleus and erythrocytic nuclear

- abnormalities in Balkan whip snake *Hierophis gemonensis*. *Ecotoxicology*, 19, 1460–1465
171. Tavares-Dias, M., Moraes, F.R. (2004). *Hematologia de peixes Teleósteos*. Português, 144 p.
172. Thophon S., Kruatrachue M., Upatham E., Pokethitiyook P., Sahaphong S., Jaritkhuan S. (2003). Histopathological alterations of white sea bass, *Lates calcacifer*, in acute and sub acute cadmium exposure. *Environmental Pollution*, 121, 307–320.
173. Tramp B., Jones R., Sahaphong S. (1975). Cellular effects of mercury on fish kidney tubules. *The Pathology of Fishes. Wash. Univ. Wisconsin Press*, 585–612.
174. Van Muiswinkel W.B., Vervoorn-Van der Wal B. (2006). The immune system of fish. *Fish Diseases and Disorders: Protozoan and metazoan infections*, 1, 678–701.
175. Velcheva, I., Arnaudov, A., Georgieva, E. (2010). Influence of zinc on gill morphology of Gibelio carp (*Carassius gibelio*). *Ecologia Balkanica*, 2, 9–23.
176. Wang H, Zhong G, Yan H, Liu H, Wang Y, Zhang C. (2012). Growth Control of Cyanobacteria by Three Submerged Macrophytes. *Environmental Engineering Science*, 29(6), 420–425.
177. Witeska M. (2013). Erythrocytes in teleost fishes. *Zoology and Ecology*, 23(4), 1–4.
178. Witeska M., Jezierska B., Wolnicki J. (2006). Respiratory and hematological response of tench *Tinca tinca* (L.) to a short-term cadmium exposure. *Aquaculture International*, 14, 141–152.
179. Witeska M., Kondera E., Szczgielska K. (2011). The effects of cadmium on Common Carp erythrocyte morphology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20, 3, 783–788.
180. Wood Chris M., Farrell Anthony P., Brauner Colin J. (2011). *Homeostasis and toxicology of essential metals edited. Fish Physiology*. London, 31(A), 1–497.
181. Wrona F.G., Cash K.J. (1996). The ecosystem approach to environment assessment: moving from theory to practice. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 5, 89–97.
182. Yadav A., Gopesh A., S Pandey R., Rai D.K., Sharma B. (2007). Fertilizer

industry effluent induced biochemical changes in fresh water teleost, *Channa striatus* (Bloch). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79, 588–595.

183. Yadov, D.P., Banaijee, V., Banaerjee, M. (1986). Haematology of genus *Channa*: leucocytes. *Comparative physiology and ecology*, 11, 4, 226–232.

ДОДАТОК А

УЧАСТЬ У НДР ТА ВПРОВАДЖЕННЯ

Довідка

перелік загальноуніверситетських науково-дослідних робіт і наукових грантів за якими працювала Курченко Вікторія Олександрівна

1. НДР «Оцінка фізіолого-біохімічного та цитологічного статусу аборигенних і чужорідних гідробіонтів за умов антропогенної трансформації водних екосистем» (2017–2020 рр., № держреєстрації 0117U006751).
2. НДР «Екологічні засади раціонального ресурсовикористання та розвитку агропромислового комплексу Придніпров'я в галузі аквакультури, рибництва та рибальства» (2019–2021 рр., № держреєстрації 0119U100445).
3. НДР «Сучасні біоперешкоди і розробка нових екологічно безпечних методів біомеліорації водних екосистем штучних водойм стратегічного призначення» (2021–2023 рр., № держреєстрації 0121U108051).
4. Грант ДФФД №Ф75/142-2018 «Репродуктивний потенціал інвазійних гідробіонтів водойм Придніпров'я та їх вплив на формування біопродуктивності» (2018 р., № держреєстрації 0118U006319).

Проректор з наукової роботи



Олег МАРЕНКОВ

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Олег МАРЕНКОВ

« » 2023 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. проректора з науково-педагогічної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
Наталія ГУК

« » 2023 р.

АКТ

впровадження результатів роботи, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії Курченко В.О. «Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius Gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах» в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

1. 13 березня 2023 року вчена рада біолого-екологічного факультету у складі 16 осіб заслухала повідомлення аспірантки Курченко В.О. про результати наукового дослідження та їх використання в освітньому процесі кафедри загальної біології та водних біоресурсів – протокол №7 від 13.03.2023 р.

2. Стисла характеристика дослідження:

Надано сучасну біологічну характеристику карасю сріблястому Запорізького (Дніпровського) водосховища. Вивчено морфо-функціональні показники чотирирічних особин карася сріблястого. Проведено морфометричний аналіз дослідного виду та досліджено його статеву структуру. Визначено вміст важких металів у воді дослідних ділянок та в органах карася сріблястого, розраховані коефіцієнти та ступені накопичення. Встановлено індекси внутрішніх органів.

Проведено цитологічний аналіз еритроцитів, визначено їх цитометричні показники. За результатами дослідження виявлено морфопатологічні зміни еритроцитів. Здійснено аналіз гематологічних показників, визначено загальну кількість еритроцитів та лейкоцитів, концентрацію гемоглобіну, кольоровий показник та швидкість осідання еритроцитів. Досліджено біохімічні показники крові: вміст загального білку, рівень глюкози, активність аспартатамінотрансферази (АсАт) та аланінамінотрансферази (АлАт).

Проаналізовано цитометричні показники гепатоцитів. Проведено гістологічний аналіз зябер, гепатопанкреасу та нирок. Виявлені гістологічні патології в органах карася сріблястого.

Встановлено, що морфофункціональні, гематологічні та гістологічні показники карася сріблястого з досліджених ділянок залежать від інтенсивності антропогенного впливу. Карась сріблястий з Самарської затоки знаходиться під інтенсивнішим впливом комплексу чинників, що проявляється у погіршенні фізіологічного стану, тому його можна використовувати як вид біоіндикатор водного середовища.

3. Використання в освітньому процесу:

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в освітній процес кафедри загальної біології та водних біоресурсів ДНУ за освітньою програмою «Системна біологія та гідробіоресурси» при викладанні дисциплін «Гістологія», «Загальна та спеціальна іхтіологія», «Адаптогенез у біологічних системах».

4. Відомості про впроваджені об'єкти інтелектуальної власності:

1. Курченко В., Шарамок Т. & Маренков О. (2019). Вдосконалення способу фарбування мазків крові для визначення цитометричних показників крові риб. Біологічні системи, 11, 1, 15-18. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.015> (Фахова, категорія Б).

2. Курченко В.О., Шарамок Т.С. & Маренков О.М. (2021). Гістологічна характеристика зябер та нирок карася сріблястого з Запорізького (Дніпровського) водосховища. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету, серія біологія, 81, 1–2, 53-58. <http://doi.org/10.25128/2078-2357.21.1-2.7>. (Фахова, категорія Б).

3. Kurchenko V.O. & Sharamok T.S. (2020). The Hematological Parameters of the Prussian Carp (*Carassius gibelio*, (Bloch, 1782)) Under the Zaporizhian (Dnipro) Reservoir Conditions. Turkish Journal Fisheries and Aquatic Sciences, 20 (11), 807-812. (Scopus)/ http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_11_04

4. Kurchenko V.O., Sharamok T.S. & Holub O.V. (2021). The histopathological condition of hepatopancreas of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) in the modern conditions of the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. World Scientific News, 153(2), 181-191. (Index Copernicus).

5. Kurchenko V. & Sharamok T. (2019). Hematological indices of the Prussian carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) from the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis, 19 (2), 141-148.

6. Маренков О.М., Курченко В.О., Нестеренко О.С. Нерестове гніздо для риб-літофілів. Патент України на промисловий зразок № 39774. МПКЗ 30-06. №s 201900848, заявл. 02.05.2019 р.; опубл. 25.07.2019 р., Бюл. № 14. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1354056/>

7. Курченко В. О., Шарамок Т.С., Березовська Н.О., Маренков О. М. Спосіб експрес-фарбування мазків крові риб / Патент України на корисну модель № 131323. МПК G01N 33/49 (2006.01). № u201807684, заявл. 09.07.2018 р.; опубл. 10.01.2019 р., Бюл. №1.

5. Пропозиції ради

Запропоновано впровадити результати дисертаційної роботи Вікторії Курченко «Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius Gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах» в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Головуюча на засіданні вченої ради
біолого-екологічного факультету,
к. с-г.н., доц.



Тетяна ШАРАМОК

Завідувач кафедри загальної біології та
водних біоресурсів, к. с-г.н., доц.



Тетяна ШАРАМОК

А К Т

впровадження результатів дисертаційної роботи Курченко Вікторії
Олександрівни «Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius
gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах» в
практичну діяльність Управління Державного агентства меліорації та
рибного господарства у Дніпропетровській області

Даний акт засвідчує, що в результаті виконання договору про науково-технічне співробітництво між Дніпровським національним університетом імені Олеся Гончара (ДНУ) та Управлінням Державного агентства рибного господарства у Дніпропетровській області (Управління) (№9-18 від 19.10.2018 р.) наукові результати, які були отримані Курченко В.О. при виконанні дисертаційного дослідження «Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах», впроваджені у практичну діяльність Управління.

Результати дисертаційних досліджень лягли в основу «Біологічного обґрунтування показників проведення робіт зі штучного відтворення (зариблення) водних біоресурсів у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі (на період 2022 р.)», яке надано до Управління Державного агентства меліорації та рибного господарства у Дніпропетровській області та впроваджені у роботу Управління.

Начальник Управління Державного
агентства меліорації та рибного
господарства у Дніпропетровській області



Василь ВОЛКОВ

АКТ
впровадження результатів роботи, поданої на здобуття наукового
ступеня доктора філософії Курченко В.О. «Біологічна характеристика карася
сріблястого (*Carassius gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в
сучасних умовах» у практику діяльності ПП «Форошук В.В.»

Даний акт засвідчує, що результати наукової роботи здобувача наукового ступеня доктора філософії Курченко В. О., отримані при виконанні дисертаційної роботи «Біологічна характеристика карася сріблястого (*Carassius Gibelio*) Запорізького (Дніпровського) водосховища в сучасних умовах», впроваджені в практику діяльності ПП «Форошук В.В.».

На підставі проведених досліджень розроблені практичні рекомендації щодо оцінки фізіологічного стану карася сріблястого в умовах пониззя Запорізького водосховища, що дозволило оптимізувати промислове освоєння рибних ресурсів шляхом оцінки якості рибної продукції.

Економічний ефект за наступними кількісними показниками становить:

1. Щорічне прогнозоване вилучення карася сріблястого із пониззя Запорізького водосховища в якості екологічно чистої рибної продукції оцінюється в 2,6 т/рік.

2. Покращення якості рибної продукції за рахунок промислового навантаження на оптимальні вікові класи дослідних видів риб на 15 %.

Результати дисертаційної роботи лягли в основу «Науково-біологічного обґрунтування спеціального використання водних біоресурсів на Самарській затоці Дніпровського (Запорізького) водосховища (на період 2021-2025 рр.)», яке впроваджено в практичну діяльність ПП «Форошук В.В.».

Директор ПП «Форошук В.В.»



Володимир ФОРОЩУК

ДОДАТОК Б

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Курченко Вікторії Олександрівни
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

№ п/п	Назва	Характер роботи	Вихідні дані	Обсяг (стор.)	Прізвища співавторів
1	2	3	4	5	6
<i>1. Наукові праці</i>					
1	Вдосконалення способу фарбування мазків крові для визначення цитометричних показників крові риб	Стаття	Біологічні системи. Т. 11. – 2019. – 1. – С.15–18. https://doi.org/10.31861/bio-systems2019.01.015 (Фахова в Україні, категорія Б)	3 сторінки	Шарамок Т., Маренков О.
2	Hematological indices of the Prussian carp (<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)) from the Zaporizhian (Dnipro) reservoir	Стаття	Acta Biol. Univ. Daugavp. – 2019. – 19 (2). – P.141–148. https://du.lv/wp-content/uploads/2022/02/Kurchenko_19_2.pdf (Закордонне видання у країні ОЕСР)	7 сторінок	Sharamok T.
3	Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища	Стаття	Питання біоіндикації та екології. – 2019. – 24, (2). – С. 137–149. https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-12 (Фахова в Україні, категорія Б)	12 сторінок	Шарамок Т.С., Федоненко О.В., Ніколенко Ю.В.
4	The hematological parameters of the prussian carp (<i>Carassius gibelio</i> , (Bloch, 1782)) under the Zaporizhian (Dnipro) reservoir conditions	Стаття	Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences this link is disabled. – 2020. – 20(11). – P. 807–812. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_11_04 (Scopus, Q 3)	5 сторінок	Sharamok T.S
5	The histopathological condition of hepatopancreas of the Prussian carp (<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)) in the modern conditions of the Zaporizhian (Dnipro) reservoir	Стаття	World Scientific News. – 2021. 153(2). P. 181–191. http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2020/12/WSN-1532-2021-181-191-1.pdf (Закордонне видання у країні ОЕСР)	10 сторінок	Sharamok T.S., Holub O.V.
6	Гістологічна характеристика зябер та нирок карася сріблястого з Запорізького	Стаття	Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2021. Т. 81 (№ 1–2). – С. 53–58.	5 сторінок	Шарамок Т.С., Маренков О.М.

	(Дніпровського) водосховища		http://doi.org/10.25128/2078-2357.21.1-2.7 . (Фахова в Україні, категорія Б)		
7	Гісто-морфометрична структура гепатопанкреасу карася сріблястого (<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища	Тези	Матеріали Х міжнародної наукової конференції «Zoocenosis-2019. Біорізноманіття і роль тварин в системах». – Дніпро, 2019 (18–19 листопада). – С. 16–17. Форма участі: заочна.	2 сторі нки	Голуб О.
8	Вміст важких металів в органах та тканинах карася сріблястого (<i>Carassius gibelio</i>) Запорізького (Дніпровського) водосховища	Тези	Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку». – Херсон, 2019 (24–25 жовтня). – С. 358– 360. Форма участі: заочна.	2 сторі нки	Шарамок Т.
9	Морфо-фізіологічні показники карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища.	Тези	XII Міжнародна іхтіологічна науково- практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». – Дніпро, 2019 (26–28 вересня). С. 116– 117. Форма участі: очна.	2 сторі нки	Шарамок Т.
10	Сучасний токсикологічний стан (за вмістом важких металів) рибогосподарських ділянок Запорізького (Дніпровського) водосховища).	Тези	73-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». – Київ, 2019 (3–4 квітня). – С.34–35. Форма участі: очна	2 сторі нки	Шарамок Т.С.

11	Біохімічні показники карася сріблястого (<i>Carassius Gibelio</i> (Bloch, 1782)) Запорізького (Дніпровського) водосховища	Тези	Наукова конференція «Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів». – Київ, 2019 (6–8 листопада). – С. 131–132. Форма участі: очна.	3 сторінки	Шарамок Т.С.
12	Гематологічні показники карася сріблястого в сучасних умовах Запорізького (Дніпровського) водосховища.	Тези	Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: Матер. XIII Міжнар. наук-практ. конференції. – Харків, 2020 (17–19 вересня). – С. 106–110. Форма участі: заочна.	4 сторінки	Шарамок Т.С.
13	Гістологічні зміни зябрового апарату карася сріблястого (<i>Carassius gibelio</i> , (Bloch, 1782)).	Тези	Проблеми функціонування та підвищення біопродуктивності водних екосистем: Матер. III Міжнар.наук.-практ. конф. – Дніпро, 2020 (25–27 березня). – С. 86–88. Форма участі: очна.	2 сторінки	Шарамок Т.С., Голуб О.В.
14	Гідроекологічні показники Запорізького (Дніпровського) водосховища.	Тези	Матеріали 74-ї Всеукр.наук.-практ. конф. «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – Виробництво продукції – Екологічні проблеми». – Київ, 2020 (26-27 березня). – С. 12–13. Форма участі: заочна.	1 сторінка	Шарамок Т. С., Ніколенко Ю. В
15	Гістопатологічні зміни зябер карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища	Тези	75-а Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні технології у тваринництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». – Київ, 2021 (25–26	1 сторінка	Шарамок Т.С.

			березня). – С. 54–55. Форма участі: заочна.		
16	Гістологічна структура нирок карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища у сучасних умовах.	Тези	Збірник наукових праць. «Біологічні дослідження-2021». – Житомир. – С.158–159. Форма участі: заочна	1 сторінка	Шарамок Т.С.
17	Обсяги промислового вилову карася сріблястого у Запорізькому (Дніпровському) водосховищі на прикладі промислової діяльності ТОВ «Борисфен-2010».	Тези	Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: Матер. XIV Міжнар. наук-практ. конф. – Харків, 2021 (23-25 вересня) – С. 178–179. Форма участі: заочна.	1 сторінка	Сорокін С.О., Маренков О.М.
18	Спосіб експрес-фарбування мазків крові риб	Патент	Патент України на корисну модель № 131323. МПК (2006.01) G01N 33/49. № у 201807684, заявл. 09.07.2018 р., опубл. 10.01.2019, Бюл. №1. https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/609733/	4 сторінки	Курченко В.О. Шарамок Т.С. Березовська Н.О. Маренков О.М.

Здобувач



Курченко В.О.

Перелік засвідчую:

Проректор з наукової роботи



Маренков О.М.

Вчений секретар ЗВО/НДУ



Ходанен Т.В.

