

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11432

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 636:636.7:591.461

Peculiarities of the macro- and micromorphology of the liver of fish of the carp family (Cyprinidae) in a comparative aspect

L. P. Goralskyi¹✉, N. V. Demus², I. M. Sokulskyi³, B. V. Gutyj², N. L. Kolesnik³, O. V. Pavliuchenko¹

¹Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

³Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

Article info

Received 01.05.2024

Received in revised form

03.06.2024

Accepted 04.06.2024

Goralskyi, L. P., Demus, N. V., Sokulskyi, I. M., Gutyj, B. V., Kolesnik, N. L., & Pavliuchenko, O. V. (2024). Peculiarities of the macro- and micromorphology of the liver of fish of the carp family (Cyprinidae) in a comparative aspect. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 26(114), 217–226. doi: 10.32718/nvlvet11432

Zhytomyr Ivan Franko State University, V. Berdychivska Str., 40, Zhytomyr, 10002, Ukraine.
Tel.: +38-098-878-58-66
E-mail: goralskyi@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine.
Tel.: +38-068-136-20-54
E-mail: bvh@ukr.net

Polissia National University, Sary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10008, Ukraine.
Tel.: +38-097-485-73-20
E-mail: sokulskiy_1979@ukr.net

To assess the ecological and toxicological situation and to determine the impact of various adverse factors on aquatic organisms of the marine environment, it is necessary to conduct morphological studies of those or other organs that are primarily negatively affected. Therefore, we conducted a survey of the structural organization of the liver at the organ, tissue, and cellular levels in the species aspect of clinically healthy freshwater fish of the Carp family: silver crucian carp, common carp, and crucian carp. Fish liver is a parenchymal organ, represented by stroma and parenchyma, which performs various bodily functions, including detoxification. The liver of a fish is a crucial histophysiological marker of the state of the fish organism, as well as its reaction to the environmental background and any external action. In the work, the specific features of the liver morphology of bony fish of the carp family are clarified: silver crucian carp – *Carassius gibelio*, B. 1782; scaly carp – *Cyprinus carpio*, L. 1758; spotted carp – *Hypophthalmichthys nobilis*, R. 1845, which differ in the degree of motor activity in the aquatic environment, nutrition, etc. It was established that in the phylogenetic development of fish that develop in the marine environment, a particular structural restructuring of the liver occurs: adaptations to various living conditions were accompanied by changes in several parameters of the macro- and microscopic architecture of the liver. Silver carp and crucian carp (omnivorous) have two-lobed livers, while variegated carp (herbivores) have three livers. For carp and crucian carp, a characteristic feature of the liver is the presence of a hepatopancreas (liver and pancreas associated in a single organ); in silver crucian carp, they are separated into separate organs. A feature of the microscopic structure of the liver of the carp family is poorly developed interlobular connective tissue, and the parenchyma of the liver lobe has a tubular structure in the form of multifaceted, broken, thick-walled tubules, the walls of which are hepatocytes. According to the results of histometric studies, the average area of the liver lobule associated with accumulations of pancreaticocytes (hepatopancreas) in carp was $1294 \pm 132 \mu\text{m}^2$, while the area of accumulations of pancreaticocytes in the liver lobule occupies $42.4 \pm 2.1 \mu\text{m}^2$ (3.27%). The area ratio of the pancreas to the area of the liver lobe equals 1:29.6. Similar results were found in the spotted carp. At the same time, the area of the liver lobule associated with clusters of pancreaticocytes in the crucian carp is 2.35 times smaller than that of the carp and amounts to $552 \pm 97 \mu\text{m}^2$ respectively. At the same time, the area of the pancreas in one lobule of the carp liver occupies 13.56%. The ratio of the area of the pancreas to the total area of the liver lobule is 1:6.4. This structural structure of the liver in carp fish is possibly related to the peculiarities of its vascularization and the type of secretion, etc. It was established that the most significant volume of cytoplasm and karyoplasm was found in silver crucian carp, where it was $12.982 \pm 1.420 \mu\text{m}^3$ and $0.398 \pm 0.021 \mu\text{m}^3$, respectively. The smallest volume of these indicators was found in carp, namely $2.971 \pm 0.224 \mu\text{m}^3$ and $0.212 \pm 0.009 \mu\text{m}^3$, respectively. The smallest nuclear-cytoplasmic ratio was found in silver crucian hepatocytes (0.0316 ± 0.0024). The conducted morphological studies at the organ, tissue, and cellular levels will provide an opportunity to find out the adaptation of the animal body to specific conditions of existence and allow us to determine the influence of environmental factors on the fish body. The results of the morphological study of the structure of the liver of bony fish of the carp family significantly supplement the information on the morphology of the liver in the relevant sections of clinical, comparative anatomy, histology, and forensic veterinary medicine.

Key words: macro- and micromorphology, dissection, fish body, organ architecture, liver, hepatocytes.

Особливості макро- та мікрморфології печінки риб родини коропових (Cyprinidae) у порівняльному аспекті

Л. П. Горальський^{1✉}, Н. В. Демус², І. М. Сокульський³, Б. В. Гутий², Н. Л. Колеснік³, О. В. Павлюченко¹

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

³Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Для оцінки еколого-токсикологічної ситуації, визначення впливу на водні організми різних несприятливих чинників водного середовища, необхідно проводити морфологічні дослідження тих чи інших органів, які першочергово зазнають негативного впливу. Тому нами було проведено дослідження структурної організації печінки на органному, тканинному та клітинному рівнях у видо-вальному аспекті клінічно здорової прісноводної риби родини Коропові: вид – карась сріблястий, короп звичайний, товстолобик строкатий. Печінка риб – паренхіматозний орган, представлений строюмою і паренхімою, який виконує в організмі різноманітні функції, у тому числі детоксикаційну. Печінка риб є важливим гістофізіологічним маркером стану організму риби, а також її реакції на екологічний фон і на будь-яку зовнішню дію. У роботі з'ясовано видові особливості морфології печінки кісткових риб родини коропових: карась сріблястий – *Carassius gibelio*, В. 1782; короп лускатий – *Cyprinus carpio*, L. 1758; товстолобик строкатий – *Hyporhthalmichthys nobilis*, R. 1845, які відрізняються за ступенем рухової активності у водному середовищі, харчуванням тощо. Встановлено, що у процесі філогенетичного розвитку риб, які розвиваються у водному середовищі, відбувається певна структурна перебудова печінки: адаптації до різноманітних умов існування супроводжувалися зміною ряду параметрів макро- та мікроскопічної архітектоники печінки. У коропа та карася сріблястого (всеїдні) печінка дволопатева, у товстолобика строкатого (рослиноїдні) – трилопатева. Для коропа та товстолобика характерною ознакою печінки є наявність гепатопанкреасу (печінка та підшлункова залоза, асоційовані в єдиний орган), у карася сріблястого, вони відокремлені між собою у окремі органи. Особливістю мікроскопічної будови печінки родини коропових є слабкорозвинена міжчасточкова сполучна тканина, а паренхіма часточки печінки, має трубчасту будову, у вигляді багатограничних, ламаних товстостінних трубочок, стінками яких є гепатоцити. За результатами гістометричних досліджень, середня площа печінкової часточки, асоційованої зі згуртуваннями панкреатоцитів (гепатопанкреас) у коропа становила 1294 ± 132 мкм², при цьому площа згуртувань панкреатоцитів у часточці печінки займає $42,4 \pm 2,1$ мкм² (3,27 %), а відношення площі панкреасу до площі печінкової часточки дорівнює 1:29,6. Подібні результати виявлені і у товстолобика строкатого. Водночас, площа печінкової часточки, асоційованої зі згуртуваннями панкреатоцитів у строкатого товстолобика, відносно до коропа у 2,35 рази менша і становить відповідно – 552 ± 97 мкм². При тім, площа панкреасу, у одній часточці печінки товстолобика, займає 13,56 %, а відношення площі панкреасу до загальної площі печінкової часточки дорівнює 1:6,4. Така структурна будова печінки у коропових риб, можливо пов'язана з особливостями її васкуляризації та типом секреції тощо. Встановлено, що найбільший об'єм цитоплазми і каріоплазми встановлено у карася сріблястого, де відповідно він становить $12,982 \pm 1,420$ мкм³ та $0,398 \pm 0,021$ мкм³. Найменший об'єм вказаних показників встановлено у коропа, а саме $2,971 \pm 0,224$ мкм³ та $0,212 \pm 0,009$ мкм³ відповідно. Найменшим ядерно-цитоплазматичне відношення було у гепатоцитів карася сріблястого ($0,0316 \pm 0,0024$). Проведені морфологічні дослідження на органному, тканинному та клітинному рівнях дадуть можливість з'ясувати адаптацію організму тварин до конкретних умов існування та дозволить визначити вплив чинників навколишнього середовища на організм риб. Результати морфологічного дослідження будови печінки кісткових риб родини коропових значно доповнюють відомості з морфології печінки у відповідні розділи клінічної, порівняльної анатомії, гістології та судової ветеринарії.

Ключові слова: макро- та мікрморфологія, препарування, організм риб, архітектоніка органів, печінка, гепатоцити.

Вступ

Для риб та амфібій характерний досить високий рівень морфофункціональної організації тіла, близька філогенетична спорідненість та наявність стадій личинкового метаморфозу, яка відбувається частіше у водному середовищі, що обумовлює подібність у будові їх яйцеклітин та перебігу основних етапів зародкового розвитку (Harvey et al., 2021).

Усі фізіологічні процеси у печінці риб, які є холоднокровними (пойкілотермними) тваринами, порівняно з теплокровними (клас ссавці та птахи), мають пряму корелятивну залежність з навколишнім середовищем у якому вони перебувають (Przyaszniuk et al., 2019; Honcharova et al., 2021; Hrynevych et al., 2021). Чинники водного середовища (температура, світло, сольовий склад води, вміст кисню, густина води тощо), у якому знаходиться риба, беззаперечно впливають на стан її здоров'я (Velmurugan et al., 2007; Kofonov et al., 2020; Vodanitskyi et al., 2020; Kukhtyn et al., 2022).

Окрім того, у риб існують не тільки міжвидові взаємозв'язки, але й взаємозв'язки з іншими водними організмами (безхребетними, хребетними тваринами), з рослинами, бактеріями, вірусами, які негативно впливають на морфофункціональний стан організму, внаслідок чого виникають захворювання різноманітного генезу (Yevtushenko, 2002; Pukalo & Loboiko, 2005; Reynaud & Deschaux, 2006; Grynevych et al., 2018; Prychepa et al., 2021).

Печінка у хребетних тварин, в тому числі і кісткових риб, один з основних мультифункціональних органів травлення, який забезпечує життєвоважливі процеси в організмі (Klymenko et al., 2017). Вона бере участь у вуглеводному обміні, забезпечуючи сталість концентрації глюкози в крові – регулює співвідношення синтезу та розпаду глікогену, приймає участь у всіх етапах обміну ліпідів, у ній синтезується жовч, солі якої емульгують жири і збільшують поверхню їх контакту з ліпазою. Печінка приймає активну участь в обміні білків, вона є єдиним органом, у якому синтезуються надзвичайно важливі білки для організму,

такі як протромбін, фібриноген, проконвертин, які забезпечують згортання крові. Крім того, вона виконує багато метаболічних функцій, важливих для життєдіяльності організму (Yesipova et al., 2017; Kulyaba et al., 2019; Pepko et al., 2022; Razanova et al., 2022), бере участь у мінеральному та водному обміні – поглинає надлишки рідини, а також впливає на регуляцію вмісту мінеральних солей в крові та співвідношення між іонами, регулює активність гармонів, є фільтром та джерелом енергії для токсинів (Handy et al., 2002; Melnyk et al., 2008; Pal et al., 2012), служить об'єктом для біомоніторингових досліджень (Liavrin et al., 2014; Yancheva et al., 2016; Prysiazniuk et al., 2019), виконує гемостатичну функцію (Oliinyk et al., 2017; Rabcheniuk et al., 2017). На відмінну від інших паренхіматозних органів та травних залоз, печінка має високу регенеративну здатність. За даними наукових досліджень відмічено, що при частковій резекції залози відбувається повне відновлення за рахунок процесів проліферації та гіпертрофії печінкових часточок (Camargo & Martinez, 2007).

Тому для оцінки еколого-токсикологічної ситуації, визначення впливу на водні організми різних несприятливих чинників водного середовища, необхідно проводити морфологічні дослідження тих чи інших органів, які першочергово зазнають негативного впливу (Velmurugan et al., 2009; Desforges et al., 2016; Bezyk et al., 2020). І тільки завдяки здійсненню систематичного контролю організмів, що зазнали антропогенного впливу у водоймах, можна своєчасно виявити порушення екологічної рівноваги та застосувати заходи профілактики захворювань та збереження іхтіофауни (Borysevych et al., 2014; Matulić et al., 2020).

Таблиця 1

Характеристика кісткових риб родини коропових, від яких відбирали матеріал для досліджень ($x \pm SE$, $n = 12$)

Клас	Родина	Вид	Кількість (екз.)	Вік	Абсолютна маса, (г)
Променепері	Коропові	Карась сріблястий	12	дворічки	321,1 ± 10,3
Променепері	Коропові	Короп лускатий	12	дворічки	514,8 ± 42,4
Променепері	Коропові	Товстолобик строкатий	12	дворічки	641,3 ± 2,3

При виконанні наукових досліджень дотримувались відповідних правил щодо лабораторної практики GLP (1981 р.) та положень “Загальних етичних принципів експериментів на тваринах”, прийнятих першим Національним конгресом з біоетики (м. Київ, 2001 р.). Експериментальні дослідження були виконані згідно вимог щодо міжнародних принципів “Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експерименті та інших наукових цілях” (Страсбург, 1986 р.), (European Convention, 1986), “Правилами проведення робіт з використанням експериментальних тварин”, згідно наказу МОЗ №281 від 1 листопада 2000 р. “Про заходи щодо подальшого удосконалення організаційних форм роботи з використанням експериментальних тварин” (Mishalov et al., 2007; Law of Ukraine No. 249, 2012) та відповідного Закону України “Про захист тварин від жорстокого поводження” (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ).

Наукова робота є фрагментом наукової тематики: “Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у

Водночас значна кількість висновків та досліджень щодо архітектоніки органів травлення, в тому числі і печінки кісткових риб родини коропових не тільки не співпадають, але й перебувають у протиріччі. Це пов'язано з тим, що органи травлення риб у різних класів, і навіть видів риб, мають певні суттєві відмінності.

Мета дослідження

Тому, метою досліджень було з'ясування гісто- та цитометричні характеристики і особливості макро- та мікроскопічної будови печінки кісткових риб, родини коропових.

Матеріал і методи досліджень

Роботу виконували у співпраці кафедр вищих навчальних закладів: кафедри нормальної та патологічної морфології і судової ветеринарії (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького); кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи (Житомирський державний університет імені Івана Франка); кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи, лабораторії патоморфології (Поліський національний університет).

Матеріалом для досліджень була печінка від щойно виловленої клінічно здорової прісноводної кісткової риби класу Променепері родини Коропові видів: карась сріблястий (*Carassius gibelio*, В. 1782), короп лускатий (*Cyprinus carpio*, L. 1758), товстолобик строкатий (*Hypophthalmichthys nobilis*, R. 1845) (табл. 1).

нормі та при патології” (державний реєстраційний № 0113V000900).

Вилон риби здійснювали в літньо-осінній період. Підбір дослідних тварин у порівняльно-анатомічному ряді, проводили із врахуванням їх вікових характеристик, використовуючи статевозрілі тварини. Оцінку статевої зрілості визначали за масою тіла тварини.

Клінічний огляд щойно виловленої риби, оцінку екстер'єрних (зовнішній вигляд, маса тіла тварин) та інтер'єрних (лінійні параметри, абсолютна та відносна маса органа) параметрів, після анатомічного розтину, здійснювали згідно з рекомендаціями іхтіологічних та морфологічних посібників (Horalskyi et al., 2019). Для запобігання негативного впливу стресчинників, рибу перед розтином присипляли розчином гіпнодиду (5–10 мл/л).

Об'єктом дослідження була печінка, шматочки якої для гістологічних досліджень фіксували у 10 % водному розчині формаліну та рідині Карнуа, які

після промивки та зневоднення заливали у парафін (Horalskyi et al., 2019).

Для дослідження загальної характеристики печінки кісткових риб родини коропових, стану її гісто- та цитоструктур у порівняльному аспекті та для проведення морфометрії, виготовляли серійні парафінові зрізи, які після депарафінації фарбували гематоксиліном та еозином і за методом Ван-Гізона. Для диференціації адипоцитів (жирових клітин) у паренхімі печінки дослідних тварин, зрізи виготовляли на заморожувальному мікромомі (МЗ-2, Україна, 2004) та забарлювали їх за методом Кей і Уайхета (Horalskyi et al., 2019).

Фотографування гістологічних зрізів здійснювали відеокамерою САМ V-200, вмонтованою у мікроскоп Micros MC-50 з системою виводу зображення на монітор з гістологічними зрізами.

Для одержання об'єктивних критеріїв структурної організації печінки використовували кількісні морфометричні методи дослідження, зокрема ядерно-цитоплазматичне відношення (ЯЦВ) (Horalskyi et al., 2019).

Результати та їх обговорення

Забезпечення людства повноцінними продуктами аквакультури, можливе тільки за рахунок впровадження у галузь рибиництва, сучасних промислових технологій вирощування риби на основі сучасних наукових досягнень (Lushchak et al., 2001; Hrytsyniak & Tretiak, 2007; Sharamok et al., 2017; Prysiazhniuk et al., 2019). Водночас, за впливу техногенних чинників у галузі рибиництва, відбувається порушення обміну речовин, що негативно позначається на продуктивності риб (Bols et al., 2001; Mikrjakov & Mikrjakov, 2015). За допомогою морфометричних показників паренхіматозних органів травлення риб визначена можливість прогнозування впливу токсичних речовин на стан іхтіофауни (Prysiashniuk et al., 2019).

Згідно результатів огляду літератури, для окремих представників риби родини – Щукові, Сомові, Лососеві тощо характерним є наявність відокремлених травних залоз – печінки та підшлункової залози. У значній більшості представників коропових та окуневих характерною ознакою є наявність гепатопанкреасу: печінки та підшлункової залози, асоційованих в єдиний орган (Morhun & Soroka, 2017). Водночас у карася сріблястого (родина Коропові) печінка та підшлункова залози відокремлені між собою у окремі органи, про що свідчать наші дослідження. У коропа скупчення панкреатоцитів виявляються навколо центральних вен часточок, у товстолобика строкатого – у різних ділянках печінкових часточок.

У коропових риб, які споживають планктон, рослинність, детрит невеликими порціями через незначні проміжки часу, їх печінка відіграє досить важливу роль у травленні (Prysiashniuk et al., 2013). У ній формуються в основному усі травні ферменти, від її функціональної активності залежить здатність організму до виживання (Esypova et al., 2017), вона розгалужена та розміщена між петлями кишечника. Відношення довжини кишечника до довжини тіла у всеїдних риб –

коропа та карася становить 2–3, рослиноїдних (товстолобик) – 6–15, що відображається на будові та розташуванні печінки у порожнині тіла. За результатами щодо анатомічних особливостей, згідно літературних джерел, печінка у більшості кісткових риб дволопатева, але може мати одну (сазан, щука, окунь) або ж три (у багатьох коропових) лопаті. Її маса може становити від 10 до 20% маси тіла (Prysiashniuk et al., 2019).

У карася сріблястого печінка дволопатева, рожево-коричневого кольору, однорідна, пухкої консистенції, міститься у вентральній ділянці порожнини тіла, міжюючи краніально із навколосерцевою сумкою. З боків і каудально вона обмежена статевими залозами, а дорсально – плавальним міхуром.

Згідно органометрії довжина печінки карася сріблястого становить $11,011 \pm 0,328$ см, ширина – $1,104 \pm 0,072$ см. Абсолютна маса органа дорівнювала $9,684 \pm 0,437$ г, відносна – 3,015 %.

У коропа лускатого печінка знаходиться у вентральній ділянці порожнини тіла. Вона має буро-червоний колір та сформована двома лопатями пухкої консистенції – лівою та правою: права лопать займає правий бік краніальної частини порожнини тіла та знаходиться дещо правіше щодо переднього відділу кишечника. Вона має відросток, у напрямку, уздовж черевного боку плавального міхура, майже до каудальної частини порожнини тіла. На лівій частині, у вигляді лопаті, цей відросток потрапляє у петлю задньої і середньої кишок; ліва лопать – має незначний виріст, який знаходиться у петлі кишечника та краніально межує з навколосерцевою сумкою та знаходиться ліворуч щодо переднього відділу кишечника.

За результатами органометричних досліджень довжина та ширина органа дорівнює $13,028 \pm 0,901$ см та $3,564 \pm 0,211$ см відповідно. Її абсолютна маса становить $11,875 \pm 0,602$ г, відносна маса або індекс розвитку становила 2,306 %.

У товстолобика строкатого печінка знаходиться у передній ділянці порожнини тіла, між петлями кишечника. Передня частина межує з навколосерцевою сумкою, у нижній частині обмежена передньою камерою плавального міхура, а каудально – його задньою камерою.

На відмінну від карася сріблястого та коропа, печінка товстолобика сформована з трьох лопатей, має пухку консистенцію та буро-червоний колір. Довжина печінки товстолобика строкатого становить $11,808 \pm 0,432$ см, ширина – $3,402 \pm 0,194$ см. Абсолютна маса органа дорівнювала $8,822 \pm 0,734$ г, відносна 1,375 %.

За мікроскопічного дослідження часточки печінки карася сріблястого мають різні розміри та утворюють паренхіму органа. Вони полігональної форми та сформовані печінковими залозистими трубочками, синусоїдними гемокапілярами і жовчними капілярами. У середині кожної часточки міститься центральна вена. Внаслідок слабкозвиненої міжчасточкової сполучної тканини межі між часточками печінки згладжені, внаслідок чого печінкові часточки слабо оконтуровані на тлі паренхіми органа.

Паренхіма печінки карася сріблястого має трубчасту будову, тому на поперечному зрізі гістопрепаратів, гепатоцити формували багатогранні, ламані товс-

тостінні трубочки, стінками яких є гепатоцити. У центрі останніх знаходяться жовчні капіляри які не мають власної стінки (рис. 1), вона утворена поверхніми клітинних мембран біліарних полюсів гепатоцитів, які формують жовчні канали по яким транспортується жовч. Між печінковими трубочками знаходяться кровоносні міжчасточкові капіляри, стінка яких сформована васкулярними полюсами гепатоцитів. На поздовжньому зрізі органа, гепатоцити часточок печінки, не розташовані у вигляді печінкових пластинок, як у тварин класу “ссавці”, а хаотично розміщуються у паренхімі органа (рис. 2).

Згідно морфометричних досліджень, ширина часточок печінки карася сріблястого становила $31,916 \pm 0,861$ мкм, діаметр печінкових трубочок – $6,984 \pm 0,294$ мкм, діаметр центральних вен печінкових часточок дорівнював $9,102 \pm 0,698$ мкм. При цьому середня площа часточки печінки становила $958,48 \pm 118,31$ мкм² (табл. 2).

Гепатоцити карася сріблястого, в основному, призматичної та округлої форми. Їх цитоплазма світла та неоднорідно сприймає забарвлення. У ній виявляється слабо виражена ацидофільна зернистість. Ядра гепатоцитів переважно знаходяться у центрі клітин та зафарбовуються базофільно, вони мають округлу форму і, містять у своєму складі одне, інколи два ядра (рис. 1, 2).

У цитоплазмі деяких гепатоцитів, виявляли дифузне скупчення жирових включень, які диференціювали за методом Кей і Уайхета, у результаті чого ядра таких гепатоцитів були зміщені периферично. Середній об'єм гепатоцитів дорівнював $12,982 \pm 1,420$ мкм³, об'єм їх ядер – $0,398 \pm 0,021$ мкм³, при цьому ядерно-цитоплазматичне відношення становило $0,0316 \pm 0,0024$ (табл. 2).

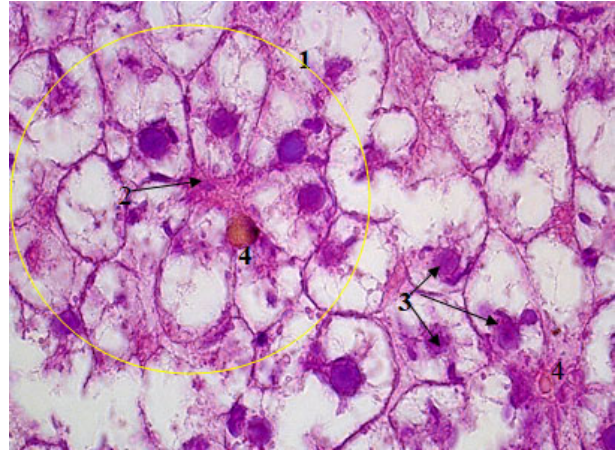


Рис. 1. Фрагмент гістологічної будови часточки печінки карася сріблястого: 1 – секреторна трубочка; 2 – жовчний капіляр; 3 – гепатоцити; 4 – жовч. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 600.

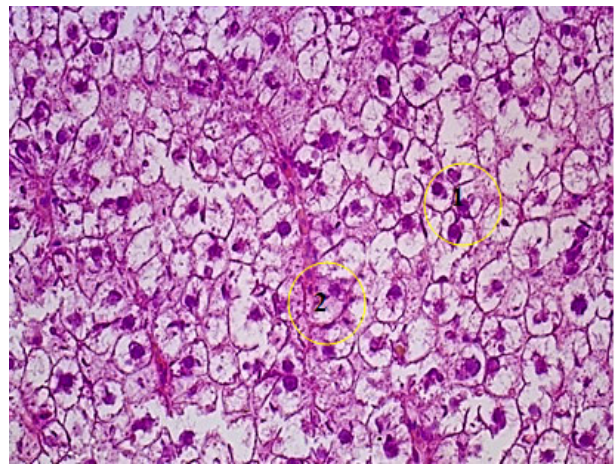


Рис. 2. Фрагмент гістологічної будови часточки печінки карася Сріблястого: 1 – гепатоцити; 2 – жовчні канали. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 400

Таблиця 2

Гісто- та цитометричні показники печінки риб родини Коропові (x ± SE)

Показники	Карась сріблястий	Короп лускатий	Товстолобик строкатий
Площа печінкової часточки, асоційована зі скупченням панкреатоцитів (гепато-панкреас), мкм ²	958 ± 118	1294 ± 132	552 ± 97
Площа скупчень панкреатоцитів (панкреасу), мкм ²	-	42,4 ± 2,1	74,9 ± 4,5
Площа печінкової часточки, мкм ²	958 ± 118	1252 ± 127	477 ± 82
Відношення площі панкреасу до площі печінкової часточки	-	1:29,6	1:6,4
Ширина часточок печінки, мкм	31,92 ± 0,86	36,98 ± 1,07	24,00 ± 1,05
Діаметр печінкових трубочок, мкм	6,98 ± 0,29	3,26 ± 0,16	4,731 ± 0,31
Діаметр центральних вен, мкм	9,10 ± 0,70	5,11 ± 0,41	5,97 ± 0,40
Об'єм гепатоцитів, мкм ³	12,98 ± 1,42	2,97 ± 0,22	4,96 ± 0,30
Об'єм ядер гепатоцитів, мкм ³	0,398 ± 0,021	0,212 ± 0,009	0,302 ± 0,026
ядерно-цитоплазматичне відношення гепатоцитів, ум. од.	0,0316 ± 0,0024	0,0768 ± 0,0073	0,0648 ± 0,0064
Об'єм панкреатоцитів, мкм ³	-	2,412 ± 0,264	2,00 ± 0,20
Об'єм ядер панкреатоцитів, мкм ³	-	0,052 ± 0,003	0,036 ± 0,005
Ядерно-цитоплазматичне відношення панкреатоцитів, ум. од.	-	0,0220 ± 0,0078	0,0183 ± 0,0062

Примітка: у паренхімі печінки карася сріблястого, панкреас (скупчення панкреатоцитів) не виявляється

Мікроскопічна будова печінки коропа лускатого була подібна до такої, як у карася сріблястого. Печінкові часточки мали різноманітну багатогранну форму. Міжчасточкова сполучна тканина виражена слабо,

вона помітна лише навколо печінкових триад (рис. 3). Від капсули всередину печінки галузяться прошарки пухкої сполучної тканини, які сформовані із видовже-

ної форми фібробластів та міжклітинної речовини з наявністю колагенових волокон (рис. 4).

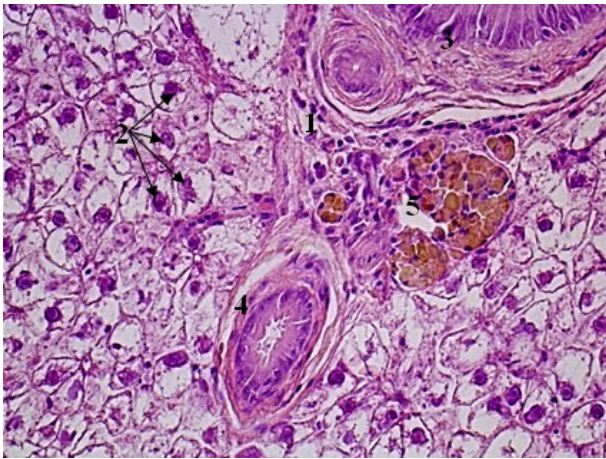


Рис. 3. Фрагмент гістологічної будови часточки печінки коропа лускатого: 1 – міжчасточкова сполучна тканина; 2 – гепатоцити; 3 – артерія; 4 – вена; 5 – жовчний проток. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 400

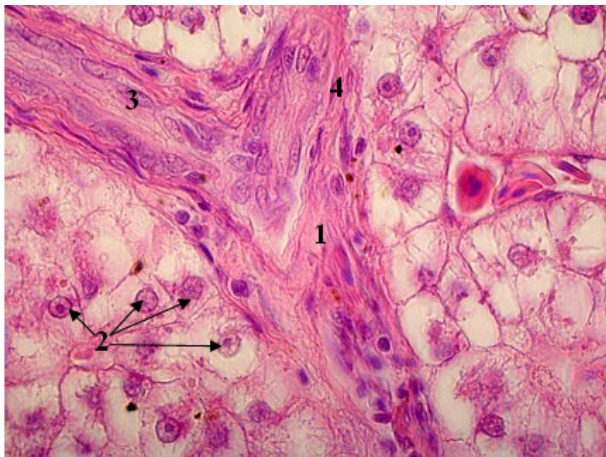


Рис. 4. Фрагмент гістологічної будови часточки печінки коропа лускатого: 1 – міжчасточкова сполучна тканина; 2 – гепатоцити; 3 – фібробласти; 4 – колагенові волокна. Фарбування – Ван-Гізон. х. 600

У зв'язку зі слабким розвитком міжчасточкової сполучної тканини, часточки печінки майже не диференціювались (рис. 5, 6). Тому, візуально про часточкову будову органа, можна було трактувати лише за наявністю центральних вен часточок.

За результатами мікроскопічних досліджень часточка печінки ссавців та кісткових риб, родини коропових (Prysiashniuk et al., 2019), утворена гепатоцитами, які формують печінкові пластинки (Prysiashniuk et al., 2013).

Структурно-функціональною одиницею печінки у дослідних риб, так само як у ссавців, птахів є часточка (Hasan et al., 2022), у центрі якої міститься центральна вена, від яких на периферію радіально відходять печінкові пластинки, які, як правило складаються з двох рядів клітин – гепатоцитів (Borysevych et al., 2014).

Цитоплазма та каріоплазма клітин, тісно інтегровані між собою і складають єдину морфофункціональну систему. Тому ізольоване вивчення морфомет-

ричних характеристик окремо ядра або лише цитоплазми дає однобічне уявлення щодо будови клітин. На сьогодні доведено, що виміри об'єму клітин (цитометрія), об'єму їх ядер (картометрія) та особливо визначення ядерно-цитоплазматичного відношення є найбільш інформативним показником щодо морфофункціонального стану клітин (Maniotis et al., 1997).

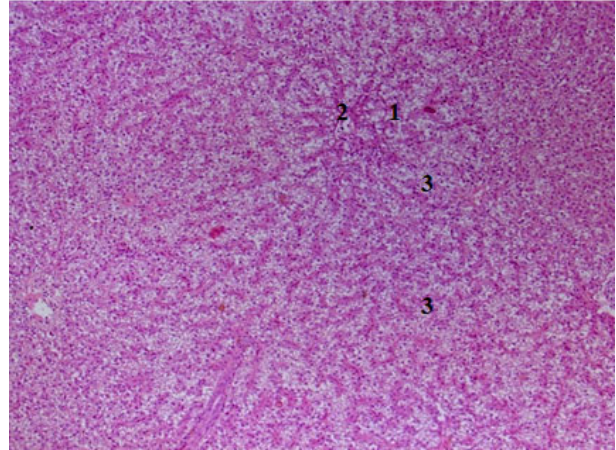


Рис. 5. Гістологічна будова печінки коропа лускатого: 1 – часточка; 2 – центральна вена; 3 – гепатоцити. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 56

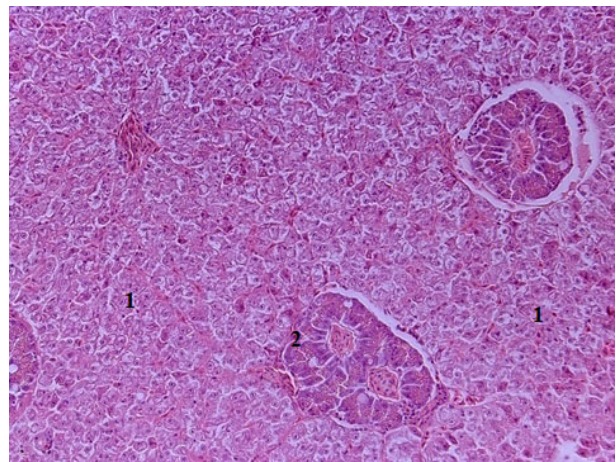


Рис. 6. Гістологічна будова печінки коропа лускатого: 1 – гепатоцити; 2 – панкреатоцити. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 56

Кожна часточка печінки утворена гепатоцитами, які у коропа лускатого навколо синусоїдів формували, анастомуючі між собою трубчасті гістоструктури – секреторні трубочки. Це свідчить про те, що у коропа, так як і у карася сріблястого, печінка має трубчасту будову: гепатоцити утворюють секреторні трубочки, з просвітами у центрі, які є внутрішньочасточковими жовчними канальцями (капіляри), стінкою яких являється плазмолемма біліарних полюсів гепатоцитів (рис. 3).

Гепатоцити мали різноманітну форму (округлу, багатогранну, трикутну). Їх цитоплазма при фарбуванні гістопрепаратів гематоксиліном та еозином, слабо сприймала забарвлення. Ядра гепатоцитів знаходяться у центрі клітин, або ж ексцентрично, які у наслідок, чіткого сприйняття ними основних барвників, мали базофільну каріоплазму, яка чітко була

контурувана на тлі світлої цитоплазми, з наявністю у ній незначної оксифільної зернистості (рис. 3).

Простори кількох міжсекреторних трубочок формували синусоїдні кровоносні капіляри. Стінка останніх була утворена плазмолеммою судинних полусів гепатоцитів тощо. У центрі кожної часточки, інколи ексцентрично, знаходиться центральна вена, куда потрапляли усі капіляри часточки. Кровоносні судини (синусоїди) та сполучна тканина формували струму печінки.

За результатами морфометричних досліджень, діаметр центральних вен часточок печінки коропа лускатого дорівнює $5,105 \pm 0,412$ мкм. Ширина часточок печінки становить $36,98 \pm 1,07$ мкм, а діаметр печінкових трубочок – $3,262 \pm 0,163$ мкм. При тім, середня площа однієї печінкової часточки займає 1252 ± 127 мкм² (табл. 2).

Згідно цитоморфометрії середній об'єм гепатоцитів коропа становить $2,971 \pm 0,224$ мкм³, об'єм ядер гепатоцитів відповідно – $0,212 \pm 0,009$ мкм³. При тім ядерно-цитоплазматичне відношення дорівнює $0,0768 \pm 0,0073$ (табл. 2).

Характерною особливістю печінки коропа лускатого, порівняно з такою у карася сріблястого, є те, що неподалік від центральної вени часточок печінки знаходяться, у вигляді острівців різноманітної конфігурації, скупчення панкреатоцитів, які формують структури, подібні за будовою до ацинусів екзокринної частини підшлункової залози у ссавців (рис. 5, 6).

За результатами гістометрії середня площа однієї печінкової часточки коропа, асоційованої зі скупченнями панкреатоцитів (гепатопанкреас) становить 1294 ± 132 мкм². При тім, площа скупчень панкреатоцитів (панкреас) у одній часточці печінки коропа дорівнює $42,4 \pm 2,1$ мкм² (3,27 %), а відношення площі панкреасу до площі печінкової часточки становить 1:29,6 (табл. 2).

Панкреатоцити мають призматичну форму і, на відмінну від гепатоцитів, більш інтенсивно сприймають забарвлення, і тому у них чітко диференціюється апікальна – зерниста (ацидофільна) та базальна – гемогенна (базофільна) зони. Ядра панкреатоцитів мають округлу форму та знаходились ближче до базальної зони.

За результатами цитоморфометричних досліджень середній об'єм панкреатоцитів коропа становить $2,412 \pm 0,264$ мкм³, об'єм їх ядер – $0,052 \pm 0,003$ мкм³. При цьому ядерно-цитоплазматичне відношення дорівнює $0,0220 \pm 0,0078$ (табл. 2).

Мікроскопічно, часточки печінки у товстолобика строкатого, так само, як і у коропа лускатого та карася сріблястого не виразно диференціювались у паренхімі органа із за недостатнього розвитку міжчасточкової сполучної тканини.

За результатами гістологічних досліджень для печінки строкатого товстолобика характерна трубчаста будова: паренхіма печінки сформована у вигляді секреторних трубочок з центральним просвітом – жовчним капіляром, що особливо помітно на поперечному гістозрізу органа (рис. 7). Між печінковими трубочками знаходяться внутрішньо часточкові гемокапіляри синусоїдного типу. Вони мають виражений про-

світ, їх стінка утворена ендотеліоцитами досить щільної форми.

Гістометричними дослідженнями встановлено, що ширина часточок паренхіми печінки строкатого товстолобика становить $24,002 \pm 1,052$ мкм, діаметр печінкових трубочок – $4,731 \pm 0,312$ мкм, діаметр центральної вени – $5,974 \pm 0,398$ мкм. При цьому середня площа печінкової часточки дорівнює 477 ± 82 мкм² (табл. 2).

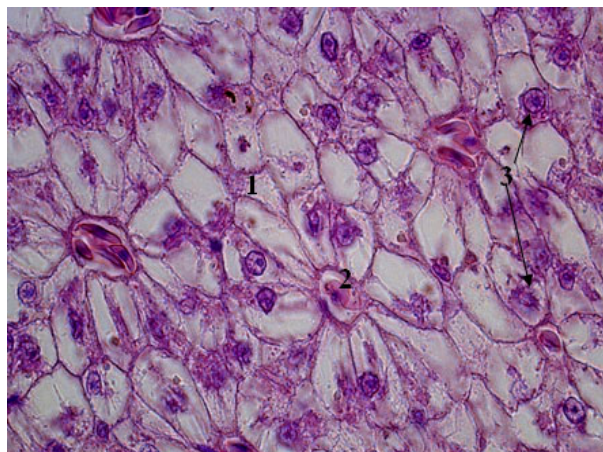


Рис. 7. Фрагмент гістологічної будови часточки печінки строкатого товстолобика: 1 – секреторна трубочка; 2 – жовчний капіляр; 3 – гепатоцити. Фарбування – Гематоксилін та еозин. х. 600

Гепатоцити строкатого товстолобика в основному, неправильної, полігональної форми і, чітко оконтуровані та тлі паренхіми часточок. Їх цитоплазма при фарбуванні гістопрепаратів гематоксиліном та еозином по різному сприймає забарвлення та містить ацидофільно зафарбовану неоднорідну масу у вигляді дрібної зернистості. У більшості гепатоцитів, внаслідок дифузного скупчення у цитоплазмі жирових включень, ядра клітин зміщуються на периферії цитоплазми, ближче до синусоїдного краю. Ядра гепатоцитів округлої форми та знаходяться у центрі або ж ексцентрично у цитоплазмі клітин. Вони мають щільну консистенцію, і дещо зменшені розміри і, тому чітко диференціюються у структурі клітин на тлі не зафарбованої цитоплазми (рис. 7).

Згідно проведеної нами цитоморфометрії, середній об'єм гепатоцитів становить $4,964 \pm 0,302$ мкм³, середній об'єм їх ядер – $0,302 \pm 0,026$ мкм³, а ядерно-цитоплазматичне відношення – $0,0648 \pm 0,0064$ (табл. 2).

У паренхімі печінки строкатого товстолобика, так як і у коропа, виявляли окремі скупчення панкреатоцитів (рис. 7), які сформовані із 15–35 та більше клітин та часто містяться у різних ділянках печінкових часточок, порівняно з такими у коропа. Такі клітини мають призматичну форму, їх цитоплазма, за фарбування гістопрепаратів гематоксиліном та еозином, неоднорідного забарвлення: біля ядра базофільна; подальше від ядра – ацидофільна, з наявністю значної кількості ацидофільної зернистості (рис. 7).

Згідно результатів гістометричних досліджень, середня площа печінкової часточки, асоційованої зі скупченнями панкреатоцитів строкатого товстолобика

становить 552 ± 97 мкм². При цьому, площа панкреасу, у одній часточці печінки товстолобика займає $74,9 \pm 4,5$ мкм² (13,56 %), а відношення площі панкреасу до загальної площі печінкової часточки дорівнює 1:6,4 (табл. 2).

За результатами цитоморфометрії середній об'єм панкреатоцитів становить $2,004 \pm 0,198$ мкм³, об'єм їх ядер – $0,036 \pm 0,005$ мкм³, ядерно-цитоплазматичне відношення – $0,0183 \pm 0,0062$ (табл. 2).

Таким чином, особливості морфологічної будови та морфометричних параметри цито- та гістоструктур печінки кісткових риб, родини коропових неоднозначні, можливо пов'язані з впливом на їх організм різноманітних екологічних чинників водного середовища у якому знаходиться риба, а також характерним, типом їх живлення: короп та карась сріблястий відносяться до всеїдних, натомість товстолобик до рослиноїдних тварин. Згідно наших досліджень печінка у дослідних тварин має пухку консистенцію, розташована некомпактно у вентральній частині порожнини тіла між петлями кишечника, що зумовлено характером їх живлення (Prisyazhnyuk, 2013). Такі особливості її макроскопічної будови та особливості розміщення печінки у коропових риб на пряму корелюють з формою тіла риб, яке формувалось у процесі їх життєвого циклу. Така будова печінки у коропових риб, її розміщення тощо, безпосередньо пов'язані і з типом травної системи та формою тіла риб: тіло коропових (малорухливих риб) – щільне, валькувате, відносно зі слабким вигином дорсально і майже прямою лінією вентрально.

Висновки

Печінка риб родини Коропові має темно-червоне забарвлення, пухку консистенцію та некомпактно розташована у нижній частині тіла між петлями кишечника. Залежно від характеру живлення, у коропа та карася сріблястого (всеїдні) печінка дволопатева, у строкатого товстолобика (рослиноїдні) – трилопатева. Для коропа та товстолобика характерною ознакою печінки є наявність гепатопанкреасу (печінки та підшлункової залози, асоційованих в єдиний орган) у карася сріблястого вони відокремлені між собою у окремі органи. Середня площа печінкової часточки, асоційованої зі зкупченнями панкреатоцитів у коропа становить $1294,37 \pm 132,17$ мкм², площа зкупчень панкреатоцитів у часточці печінки – 3,27 %. Відношення площі панкреасу до площі печінкової часточки дорівнює 1:29,6. У строкатого товстолобика такі показники відповідно дорівнюють $552,04 \pm 96,85$ мкм² та 13,56%, а відношення площі панкреасу до загальної площі печінкової часточки – 1:6,4.

У представників коропових, за результатами гістометрії найбільша площа печінкових часточок є у коропа 1252 ± 127 мкм², потім у карася сріблястого – 958 ± 118 мкм², а найменша у строкатого товстолобика – 477 ± 82 мкм². Такі неоднозначні морфометричні параметри, щодо площі печінкових часточок, можливо пов'язані з тим, що риби виду короп та карась сріблястий відносяться до всеїдних, натомість товстолобик до рослиноїдних. До того ж у них відношення довжини кишечника до довжини тіла риби різне: у

всеїдних 2:3, у рослиноїдних 6:15, що зумовлює на наш погляд характерну форму, топографоанатомічні особливості печінки її мікроскопічну будову, в тому числі і гісто-, цитометричні показники, у зв'язку з різним фізіологічним навантаженням на цей орган.

Особливістю мікроскопічної будови печінки кісткових риб родини Коропові є слабкорозвинена міжчасточкова сполучна тканина, яка більш виразно виявляється лише у ділянці печінкових триад. Паренхіма часточки печінки коропових риб має трубчасту будову, у вигляді багатограних, товстостінних трубочок, стінками яких є гепатоцити.

Гепатоцити у дослідних риб мають різні розміри цитоплазми та каріоплазми і, як правило, різне ядерно-цитоплазматичне відношення: найбільший об'єм цитоплазми і каріоплазми виявлено у карася сріблястого, відповідно $12,982 \pm 1,420$ мкм³ та $0,398 \pm 0,021$ мкм³, найменший у коропа $2,971 \pm 0,224$ мкм³ та $0,212 \pm 0,009$ мкм³ відповідно. При тім найменше ядерно-цитоплазматичне відношення є у гепатоцитів карася сріблястого ($0,0316 \pm 0,0024$), що свідчить про високий рівень морфофункціонального стану гепатоцитів та їх метаболічну активність.

Перспективи подальших досліджень. Подальше проведення наукових досліджень, присвячене вивченню електронно-мікроскопічному дослідженню структурної організації печінки клінічно здорової прісноводної риби родини Коропові.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Bezyk, K., Burhaz, M., & Lichna, A. (2020). The creation of special commodity fish farm on the black sea lakes of Odesa region. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 22(92), 23–27. DOI: 10.32718/nvlvet-a9205 (in Ukrainian).
- Bols, N. C., Brubacher, J. L., Ganassin, R. C., & Lee, L. E. (2001). Ecotoxicology and innate immunity in fish. *Developmental and Comparative Immunology*, 25(8-9), 853–873. DOI: 10.1016/S0145-305X(01)00040-4.
- Borysevych, B. V., Aishpur, O. M., & Nakonechna, O. V. (2014). Microscopic structure of the liver of perch and roach in normal conditions and postdiplostomosis. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 16(2), 32–36 (in Ukrainian).
- Camargo, M. M. P., & Martinez, C. B. R. (2007). Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotropical Ichthyology*, 5(3), 327–336. DOI: 10.1590/S1679-62252007000300013.
- Desforges, J. P., Sonne, C., Levin, M., Siebert, U., De Guise, S., & Dietz, R. (2016). Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environment International*, 86, 126–139. DOI: 10.1016/j.envint.2015.10.007.
- European Convention for the protection of vertebrate animals used for research and other scientific purposes

- (1986, March). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text (in Ukrainian).
- Grynevych, N., Sliusarenko, A., Dyman, T., Sliusarenko, S., Gutyj, B., Kukhtyn, M., Hunchak, V., & Kushnir, V. (2018). Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) at nitrite poisoning. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 402–408. DOI: 10.15421/2018_228.
- Handy, R. D., Runnalls, T., & Russell, P. M. (2002). Histopathologic biomarkers in three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*, from several rivers in southern England that meet the freshwater fisheries directive. *Ecotoxicology (London, England)*, 11(6), 467–479. DOI: 10.1023/a:1021061402491.
- Harvey, V. L., Keating, J. N., & Buckley, M. (2021). Phylogenetic analyses of ray-finned fishes (Actinopterygii) using collagen type I protein sequences. *Royal Society open science*, 8(8), 201955. DOI: 10.1098/rsos.201955.
- Hasan, J., Ferdous, S. R., Rabiya, S. B. A., Hossain, M. F., Hasan, A. M., & Shahjahan, M. (2022). Histopathological responses and recovery in gills and liver of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to diesel oil. *Toxicology reports*, 9, 1863–1868. DOI: 10.1016/j.toxrep.2022.10.005.
- Honcharova, O. V., Paraniak, R. P., Kutishchev, P. S., Paraniak, N. M., Hradovych, N. I., Matsuska, O. V., Rudenko, O. P., Lytvyn, N. A., Gutyj, B. V., & Maksishko, L. M. (2021). The influence of environmental factors on fish productivity in small reservoirs and transformed waters. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 176–180. DOI: 10.15421/2021_27.
- Horalskyi, L. P., Khomych, V. T., & Kononskyi, O. I. (2019). Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology. *Zhytomyr: Polissia* (in Ukrainian).
- Hrynevych, N., Prychepa, M., Kovalenko, Y., Vodianitskyi, O., Svitelskyi, M., Fotin, O., Zahorui, L., Zharchynska, V., Gutyj, B., Kulish, S., Honcharenko, V., Velesyk, T., Sachuk, R., Stravsky, Y., & Boltyk, N. (2021). The role of macrophytes in waterfowl reproduction. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 320–326. DOI: 10.15421/2021_117.
- Hrytsyniak, I. I., & Tretiak, O. M. (2007). Priority areas of scientific support of the fishery industry of Ukraine. *Rybohospodarska Nauka Ukrainy*, 1, 5–20 (in Ukrainian).
- Klymenko, O. M., Rud, O. H., Shevtsiv, M. V., & Kyrylchuk, O. O. (2017). Selection of topographic and anatomical morphofunctional features of the liver of several species of freshwater fish in ichthyopathology. *Visnyk Zhytomirskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu. Seriya: Vetrynarni Nauky*, 3(60), 77–80 (in Ukrainian).
- Kofonov, K., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Zinkovskiy, O., Khomiak, O., Dunaievska, O., Rud, O., Kutsocon, L., Chemerys, V., Gutyj, B., Fijalovych, L., Vavrysevych, J., Todoriuk, V., Leskiv, K., Husar, P., & Khumynets, P. (2020). Changes in the biochemical status of common carp juveniles (*Cyprinus carpio* L.) exposed to ammonium chloride and potassium phosphate. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(4), 137–147. DOI: 10.15421/2020_181.
- Kukhtyn, M., Malimon, Z., Salata, V., Rogalskyi, I., Gutyj, B., Kladnytska, L., Kravcheniuk, Kh., & Horiuk, Y. (2022). The effects of antimicrobial residues on microbiological content and the antibiotic resistance in frozen fish. *World's Veterinary Journal*, 12(4), 374–381. DOI:10.54203/scil.2022.wvj47.
- Kulyaba, O., Stybel, V., Gutyj, B., Turko, I., Peleno, R., Turko, Ya., Golovach, P., Vishchur, V., Prijma, O., Mazur, I., Dutka, V., Todoriuk, V., Golub, O., Dmytriv, O., & Oseredchuk, R. (2019). Effect of experimental fascioliasis on the protein synthesis function of cow liver. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 612–615. URL: <https://www.ujecology.com/articles/effect-of-experimental-fascioliasis-on-the-protein-synthesis-function-of-cow-liver.pdf>.
- Law of Ukraine No. 249 “On The procedure for carrying out experiments and experiments on animals by scientific institutions”. (2012, March). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-12#Text> (in Ukrainian).
- Law of Ukraine No. 3447-IV “About protection of animals from cruelty”. (2006, February). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> (in Ukrainian).
- Liavrin, B. Z., Byiak, V. Y., Khomenchuk, V. O., & Kurant, V. Z. (2014). The phospholipid composition of the liver and gills of fish as an indicator of the ecological state of the surface waters of the rivers of the Ternopil region. *Bioloheia Tvaryn*, 16(2), 56–65 (in Ukrainian).
- Lushchak, V. I., Lushchak, L. P., Mota, A. A., & Lima, M. H. (2001). Oxidative stress and antioxidant defenses in goldfish *Carassius auratus* during anoxia and reoxygenation. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280, 100–107. DOI: 10.1152/ajpregu.2001.280.1.R100.
- Maniotis, A. J., Chen, C. S., & Ingber, D. E. (1997). Demonstration of mechanical connections between integrins, cytoskeletal filaments, and nucleoplasm that stabilize nuclear structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(3), 849–854. DOI: 10.1073/pnas.94.3.849.
- Matulić, D., Barišić, J., Aničić, I., Tomljanović, T., Safner, R., Treer, T., Gao, J., Glojnarčić, I., & Čož-Rakovac, R. (2020). Growth, health aspects and histopathology of brown bullhead (*Ameiurus nebulosus* L.): replacing fishmeal with soybean meal and brewer's yeast. *Scientific reports*, 10(1), 1104. DOI: 10.1038/s41598-020-57722-3.
- Melnyk, O. P., Kostiuk, V. V., & Shevchenko, P. H. (2008). *Anatomy of fishes: a textbook*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury (in Ukrainian).
- Mikrjakov, V. R., & Mikrjakov, D. V. (2015). Immunological indication of fish health. *Voprosy Ihtologii*, 55(1), 119–123. DOI: 10.7868/S0042875215010129.
- Mishalov, V. D., Chaikovskiy, Yu. B., & Tverdokhlib, I. V. (2007). Pro pravovi, zakonodavchi ta etychni normy i vymohy pry vykonanni naukovykh morfolohichnykh doslidzhen. *Morfolohiia*, 1(2), 108–115 (in Ukrainian).
- Morhun, O. A., & Soroka, N. M. (2017). Histological changes in the liver of bullfish infected with larvae of

- the nematode *eustrongylides exisus*. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1-2, 108–112. DOI: 10.31210/visnyk2017.1-2.21 (in Ukrainian).
- Oliinyk, O. B., Kozii, M. S., Matviienko, N. M., & Mandyhra, M. S. (2017). Changes in the liver and spleen of carp affected by pathogens of crustaceans under the influence of the drugs “Zhavel-Clayd” and “Diamant”. *Veterynarna Medytsyna*, 103, 370–372 (in Ukrainian).
- Pal, S., Kokushi, E., Koyama, J., Uno, S., & Ghosh, A. R. (2012). Histopathological alterations in gill, liver and kidney of common carp exposed to chlorpyrifos. *Journal of Environmental Science and Health, Part B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 47(3), 180–195. DOI: 10.1080/03601234.2012.632285.
- Pepko, V., Orobchenko, O., Sachuk, R., Gutyj, B., Stravskyy, Y., Velesyk, T., & Katsaraba, O. (2022). The influence of veterinary and zootechnical measures on the content of essential microelements and the quality of meat of wild deer-like in the western region of Ukraine. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 12(4), e9344. DOI: 10.55251/jmbfs.9344.
- Prychepa, M., Hrynevych, N., Martseniuk, V., Potrokhov, O., Vodianskyi, O., Khomiak, O., Rud, O., Kytsokon, L., Sliusarenko, A., Dunaievska, O., Gutyj, B., Pukalo, P., Honcharenko, V., Yevtukh, L., Bozhyk, L., Prus, V., & Makhorin, H. (2021). Rudd (*Scardinius Erythrophthalmus* L., 1758) as a bioindicator of anthropogenic pollution in freshwater bodies. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 253–260. DOI: 10.15421/2021_108.
- Prysiashniuk, N. M., Klymenko, O. M., Kunovskyi, Yu. V., Mykhalskyi, O. R., & Heiko, L. M. (2013). The structure of the liver of certain species of freshwater fish. *Naukovyi Visnyk Veterynarnoi Medytsyny*, 11, 129–132 (in Ukrainian).
- Prysiashniuk, N. M., Slobodeniuk, O. I., Hrynevych, N. Ye., Baban, V. P., Kuzmenko, O. A., & Horchanok, A. V. (2019). Aboriginal fish species as test objects for studying the current state of hydroecosystems. *Ahroekologichnyi Zhurnal*, 1, 97–102. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2019.163277 (in Ukrainian).
- Prysiashniuk, N., Grynevych, N., Slobodeniuk, O., Kuzmenko, O., Tarasenko, L., Bevz, O., Khomiak, O., Horchanok, A., Gutyj, B., Kulyaba, O., Sachuk, R., Boiko, O., & Magrelo, N. (2019). Monitoring of morphological parameters of Cyprinidae liver. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 162–167. URL: <https://www.ujecology.com/articles/monitoring-of-morphological-parameters-of-cyprinidae-liver.pdf>.
- Pukalo, P. Y., & Loboiko, Y. V. (2005). The most common diseases of pond fish and their prevention. *Silskyi Hospodar*, 11, 36–38 (in Ukrainian).
- Rabcheniuk, O. O., Khomenchuk, V. O., Liavrin, B. Z., & Kurant, V. Z. (2017). Accumulation of ferrum in the body of freshwater fish due to its increased content in the aquatic environment. *Naukovi Zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho Pedahohichnoho Universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seria Bioloheia*, 1(68), 96–101 (in Ukrainian).
- Razanova, O., Yaremchuk, O., Gutyj, B., Farionik, T., & Novgorodska, N. (2022). Dynamics of some mineral elements content in the muscle, bone and liver of quails under the apimin influence. *Scientific Horizons*, 25(5), 22–29. DOI: 10.48077/scihor.25(5).2022.22-29.
- Reynaud, S., & Deschaux, P. (2006). The effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on the immune system of fish: A review. *Aquatic toxicology (Amsterdam, Netherlands)*, 77(2), 229–238. DOI: 10.1016/j.aquatox.2005.10.018.
- Sharamok, T. S., Kurchenko, V. O., & Kolesnyk, N. L. (2017). Histo-morphometric structure of the hepatopancreas of some carp fish (*Cyprinidae Rafinesque, 1810*) of the Zaporizhzhia reservoir. *Rybohospodarska Nauka Ukrainy*, 4, 75–79. DOI: 10.15407/fsu2017.04.075 (in Ukrainian).
- Velmurugan, B., Mathews, T., & Cengiz, E. I. (2009). Histopathological effects of cypermethrin on gill, liver and kidney of fresh water fish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), and recovery after exposure. *Environmental Technology*, 30(13), 1453–1460. DOI: 10.1080/09593330903207194
- Velmurugan, B., Selvanayagam, M., Cengiz, E. I., & Unlu, E. (2007). The effects of fenvalerate on different tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 42(2), 157–163. DOI: 10.1080/03601230601123292.
- Vodianskyi, O., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Khomiak, O., Khudiyash, Y., Prysiashniuk, N., Rud, O., Sliusarenko, A., Zagoruy, L., Gutyj, B., Dushka, V., Maxym, V., Dadak, O., & Liublin, V. (2020). Effect of reservoir temperature and oxygen conditions on the activity of Na-K pump in embryos and larvae of perch, roach, and ruffe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 184–189. DOI: 10.15421/2020_83.
- Yancheva, V., Velcheva, I., Stoyanova, S., & Georgieva, E. (2016). Histological biomarkers in fish as a tool in ecological risk assessment and monitoring programs: a review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(1), 47–75. DOI: 10.15666/aecer/1401_047075.
- Yesipova, N. B., Shvarts, H. V., & Tuchapskyi, Y. V. (2017). *Ictalurus Punctatus* Raf., 1818) choleliths, in the minds of extreme winters. *Rybohospodarska Nauka Ukrainy*, 4(42), 85–98. DOI: 10.15407/fsu2017.04.085 (in Ukrainian).
- Yevtushenko, A. V. (2002). Parasitological studies of hydrobionts of the Dnipro basin. *Veterynarna Medytsyna*, 80, 235–243 (in Ukrainian).