



Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental Control of AIC

Fish creeping species as test objects of bioindication of natural reservoirs for anthropogenic loading

N. M. Prysiazniuk, N. E. Grynevych, Yu. V. Kunovskii, O. R. Myhalskiy, O. A. Khomiak

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 06.12.2017

Received in revised form
11.12.2017

Accepted 18.12.2017

Bila Tserkva National

Agrarian University,

pl. Soborna, 8/1

Bila Tserkva, Kyivska

oblast, 09117, Ukraine

Tel. +38 04563 52587

E-mail:

mignarod@ukr.net

At the present day there is no sufficient amount of fundamental research that had been conducted on the effects of hydroecological system changes on the state of the ichthyofauna. At the same time it is necessary to project the impact of anthropogenic loading on the formation of the aquatic ecosystems a-biotic and biotic environment. Such studies are necessary for the ecological network monitoring at the regional and local levels. The constituent elements of the negative impact of polluting compounds on fish and hydroecosystem are consequent from the negative influence of pollutants on the ichthyofauna on the different levels of biological organization i.e. genetic, molecular, biochemical, physiological, morphological, behavioral reactions of fish, as biomarkers, based on those. At the present time, for bio monitoring studies, salmon, blueberries and harrier fishes are considered as representative species for evaluation of the quality of the aquatic environment according to specific indicators. Fishes that have high toxicological sensitivity, accumulate toxins in their bodies faster because of higher intensity of metabolic processes for those organisms. For each of these groups number of advantages and disadvantages could be named, which determine the possibilities and limitations for the performance of certain tasks. Five individuals of same age from aboriginal fish species were used in this study, in particular: ordinary pike (*Esox lucius L.*), common catfish (*Silurus glanis L.*), perch flies (*Perca fluviatilis*). The representatives of carnivorous ichthyofauna of the Ros river were used from the catchment within the upper (Glybichka village) and the lower (village of Shkarivka) of Bila Tserkva reservoirs. In order to investigate the features of morphological changes in the liver, histological structure, morphometric indicators of the organ and cells were studied. Studies indicated that in the liver of fish caught within the lower reservoir vascular and parenchyma dystrophic and destructive changes were developing. The weight of the liver of ordinary pike, common catfish and perch is on 18.6%, 19.8% and 18.1% greater respectively, in comparison to the organ weight for fish caught within the upper Ros River reservoir. In fish caught from the downstream reservoir, thickening of the liver capsule due to overgrowth of the connective tissue was observed. The vessels of the liver were filled with blood, the obliteration of particular blood vessels was observed. In the central parts of hepatic lobules sinusoids and vascular spaces were enlarged. An increase in the number of nuclei and a nuclear-cytoplasm ratio in the hepatocyte nuclei in the fish from downstream reservoir of the Ros river indicated the activation of the latent nucleus-forming regions of the chromosomes, i.e., transition to more active functional state – the increase of protein's activity in the cells. The increase in protein synthesis leads to the accumulation of plastic material, increase in activity of enzymes, etc. Such intensification of metabolic processes promotes the increase of cell resistance and optimal development of cellular and intracellular regeneration mechanisms. According to the obtained morphometric data, it should be noted that the insignificant influence of toxic substances intensifies the processes of physiological regeneration in fish organism along with the increase of functional activity of hepatocytes. The increase in the number of nucleoli in the nuclei of hepatocytes and the number of dual-core hepatocytes, as well as nuclear-cytoplasm ratio.

Keywords: anthropogenic loading; reservoir; hydro ecosystem; ichthyofauna; aboriginal fish species; liver; biomarkers; toxicants; morphological parameters

Citation:

Prysiazniuk N. M., Grynevych N. E., Kunovskii Y. V., Myhalskiy O. R., Khomiak O. A. (2017). Fish creeping species as test objects of bioindication of natural reservoirs for anthropogenic loading. *Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental Control of AIC*, 5(4), 31–36.

Хищные виды рыб как тест-объекты биоиндикации природных водоемов при антропогенной нагрузке

Н. М. Присяжнюк, Н. Е. Гриневич, Ю. В. Куновський, О. Р. Михальський, О. А. Хомяк,

Белоцерковский национальный аграрный университет, Белая Церковь, Украина

Охарактеризован способ диагностики ранних нарушений в чувствительных компонентах гидробиологических группировок, с использованием морфометрических параметров печени костных рыб, как биотест-системы при экологическом мониторинге. В течение жизни гидробионты постоянно подвергаются воздействию неблагоприятных экологических факторов абиотических (критические границы и флуктуации температуры, рН, ионный состав воды) и биотических (голодание, хищничество, конкуренция) к которым у рыбы адаптировались. В отличие от природных факторов, антропогенные стрессоры, в частности химические являются опасными для водных организмов. Выяснено возможность прогнозирования воздействия токсических веществ на состояние аборигенной ихтиофауны, учитывая морфометрические показатели внутренних паренхиматозных органов рыбы. Доказано, что протоплазматические и гемолитические токсиканты нарушают клеточный метаболизм, вызывая дистрофию клеток печени рыб. Поэтому морфоанализ параметров печени клинически здоровых пресноводных рыб это основа биоиндикации раннего неблагополучия объектов рыбоводства и аквакультуры и своевременного предупреждения существующей опасности. Токсическое воздействие на рыбу зависит от изменений экологических условий водоемов (снижение растворенного в воде кислорода), постепенного загрязнения водоемов в результате отмирания высших водных растений и водорослей, появления нитритов, избыточной углекислоты и сероводорода. Полученные результаты являются научным основанием для разработки природоохранных мероприятий, в оценке и оптимизации экологических условий сохранения биологического разнообразия экосистемы в условиях повышенного антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка; водоем; гидроэкосистемы; ихтиофауна; аборигенные виды рыб; печень; биомаркеры; токсиканты; морфологические параметры

Хижі види риб як тест-об'єкти біоіндикації природних водойм за антропогенного навантаження

Н. М. Присяжнюк, Н. Є. Гриневич, О. А. Хом'як, Ю. В. Куновський, О. Р. Михальський

Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

Охарактеризовано спосіб діагностики ранніх порушень в найчутливіших компонентах гідробіологічних угруповань, за використання морфометричних параметрів печінки кісткових риб, як біотест-системи при екологічному моніторингу. Протягом життя гідробіонти постійно зазнають дії несприятливих екологічних чинників: абиотичних (критичні межі та флуктуації температури, рН, іонний склад води) та біотичних (голодування, хижацтво, конкуренція) до яких у риби сформувалися адаптації. На відміну від природних чинників антропогенні стресори, зокрема хімічні – небезпека для водних організмів. З'ясовано можливість прогнозування впливу токсичних речовин на стан аборигенної іхтіофауни, враховуючи морфометричні показники внутрішніх паренхіматозних органів риби. Доведено, що протоплазматичні та гемолітичні токсиканти порушують клітинний метаболізм, викликаючи дистрофію клітин печінки риб. Тому морфоаналіз параметрів печінки клінічно здорових прісноводних риб – основа біоіндикації раннього неблагополуччя об'єктів рибництва і аквакультури та своєчасного попередження існуючої небезпеки. Токсичний вплив на рибу залежить від змін екологічних умов водоймищ (зниження розчиненого у воді кисню), поступового забруднення водойм внаслідок відмирання вищих водних рослин та водоростей, появи нітритів, надлишкової вуглекислоти і сірководню. Отримані результати є науковим підґрунтям для розробки природоохоронних заходів, щодо оцінки й оптимізації екологічних умов збереження біологічного різноманіття екосистеми в умовах підвищеного антропогенного навантаження.

Ключові слова: антропогенне навантаження, водосховище, гідроекосистема, іхтіофауна, аборигенні риб, печінка, біомаркери, токсиканти, морфологічні параметри

Вступ

Забруднення водного середовища, зумовлене антропогенним навантаженням на гідроекосистеми – глобальний процес, який протягом останніх десятиліть охопив усі внутрішні та морські водні

об'єкти України (Yanovich and Shvets, 2017). За останні роки проведено недостатньо фундаментальних досліджень із вивчення впливу змін у гідроекосистемі на стан іхтіофауни. Саме тому виникає необхідність прогнозування впливу антропогенного навантаження на формування

абіотичного та біотичного середовища водних екосистем. Проведення такої роботи викликано необхідністю формування моніторингу екологічної мережі регіонального та локального рівнів (Rudneva, 2006). Складовими елементами оцінки негативного впливу забруднюючих сполук як на організм риб, так і на гідроекосистему в цілому, є забруднюючі речовини, що діють на іхтіофауну в розрізі різних рівнів біологічної організації та генетичні, молекулярні, біохімічні, фізіологічні, морфологічні, поведінкові реакції риб, як біомаркери, що ґрунтуються на них (Van der Oost et al., 2003; Dudkin, 2005; Scardi et al., 2006).

Взаємодія як окремого організму риб, так і їх популяцій та угруповань із навколишнім середовищем ґрунтується на адаптаційних механізмах. Забруднення водного середовища призводить до порушення їх функціонування, що супроводжується загибеллю окремих клітин, пригніченням певних фізіолого-біохімічних процесів, а за подальшого наростання – загибеллю організму, зникненням із угруповань чутливих видів із переважанням толерантних та зміни продуктивних характеристик водойм (Yanovich and Shvets, 2017).

На сьогоднішній день в якості об'єктів для біомоніторингових досліджень для оцінки якості водного середовища за станом показників використовують представників лососевих, сигових і харіусових риб. Риб із підвищеною токсикочутливістю, у яких процеси обміну речовин та накопичення токсинів в їх організмі протікають швидше. Кожна з цих груп має ряд переваг і недоліків, які визначають можливості та обмеження у виконанні тих чи інших задач (Antonova et al., 2000; Sepúlveda et al., 2004; Moiseenko, 2009).

Ряд вчених відзначав різке збільшення чисельності лососевих риб із порушеннями у розвитку внутрішніх органів (печінки, серця, гонад), а потім і зниження виживання її потомства (Alabaster, 1984; Vasenko, 1988).

Показником фізичного стану організму є співвідношення розміру тіла (або окремого органа) і маси особини. Зокрема, при визначенні патологічних змін у функціях окремовзятих органів доцільно використовувати морфометричні показники, наприклад органосоматичні індекси (відношення маси певного органа до маси тіла та коефіцієнт вгодованості, виражений як відношення маси риби до її довжини) (Schlenk et al., 2008). Вказані біомаркери легко досліджуються, проте вони завжди залежні від сезонності, температури, від фізіологічного стану риб та в той чи інший період. Тому процес ідентифікації чинника впливу на стан риби дещо ускладнюється. Проте можуть відбутися швидкі зміни в роботі внутрішніх

органів, наприклад у печінці (гепатосоматичний індекс), в гонадах (гонадосоматичний індекс), чи в серцево-судинній системі (Salman et al., 2012).

Одним із біомаркерів є ріст риби, що обчислюється шляхом вимірювання маси тіла за певний проміжок часу, або за сталих умов утримання. Причини зниження темпу росту за впливу поллютантів полягають у зменшенні споживання енергії або зростанні її витрат рибами для уникнення дії до небезпечних сполук, детоксикації ксенобіотиків та відновлення тканин (Schlenk et al., 2008). Порушення дихальної функції, що призводить до зміни дихальних показників (споживання кисню, вміст газів у крові, парціальний тиск кисню в артеріальній крові, парціальний тиск вуглекислого газу, рН крові, проліферація клітин зябер) може також вказувати на вміст у водному середовищі забруднюючих речовин (Handy et al., 2002; Vodyanits'kyu et al., 2016).

Традиційною групою біомаркерів є фізіологічні маркери, які включають показники фізичного стану риб (коефіцієнт вгодованості, темп росту, органосоматичні індекси), респіраторні та серцево-судинні показники, гематологічні параметри.

Метою досліджень було з'ясувати морфологічні зміни печінки аборигенних хижих видів риб верхнього та нижнього білоцерківських водосховищ при антропогенному навантаженні.

Матеріал і методи досліджень

За період проведення дослідження використовували по п'ять екземплярів одного віку аборигенних риб, а саме: щука звичайна (*Esox lucius* L.), сом звичайний (*Silurus glanis* L.), окунь річковий (*Perca fluviatilis*).

Представників хижої іхтіофауни річки Рось виловлено лісковими сітками з кроком вічка у діапазоні 18–36 мм у межах верхнього (село Глибичка) та нижнього (село Шкарівка) білоцерківських водосховищ. Постановка сіток здійснювалась у вечірній час, а їхнє перебирання ранком наступного дня через 12 годин стояння. Сітки ставили одноманітно, паралельно до берега. Вилів розбирали по видам, вимірювали та зважували. Вік риби визначали по лусці, взятій вище бічної лінії під спинним плавцем, за допомогою оптичного приладу (бінокляр МБС-10).

Перед іхтіологічним розтином, рибу для запобігання негативному впливу стрес-фактора, попередньо присипляли розчином гіпнодиду (5–10 мг/л). При розтині порожнини тіла риб спостерігали відсутність або наявність рідини та газів.

При зовнішньому огляді печінки звертали увагу на колір, консистенцію, кровонаповнення, наявність крововиливів, новоутворень. Для промірів відокремлену печінку риб поміщали в кювету або в чашки Петрі. Лінійкою вимірювали довжину та ширину органа, після чого зважували на електронних вагах ВЛКТ-500г-М. Об'єм визначали за кількістю витісненої рідини. Для цього мірний циліндр заповнювали водою, записували початковий об'єм води, занурювали у воду печінку та записували кінцевий об'єм води.

Для фіксації відбирали фрагменти печінки товщиною 0,3–0,5 см. Фіксацію матеріалу проводили в 10%-ному водному розчині нейтрального формаліну протягом 24 год. при кімнатній температурі. Після фіксації матеріал промивали проточною водою, зневоднювали спиртами зростаючої концентрації та заливали в парафін. Зрізи товщиною 10 мкм виготовляли на мікротомі МПС-2 та забарвлювали гематоксиліном і еозином. Виготовлені гістологічні препарати вивчали за допомогою мікроскопів *Axiostar plus*. Обчислення проводили за допомогою світлового мікроскопа “Біолам–Ломо”, використовуючи окуляр-мікрометр гвинтовий МОВ–1–16х (Goralsky et al., 2011).

На гістологічних препаратах підраховували кількість гепатоцитів у полі зору мікроскопа (об'єктив 40^x, окуляр 10^x), яке приймали за умовну одиницю площі. В ній рахували кількість гепатоцитів у полі зору та по межі верхнього та правого сектору у 90°. Клітини по нижній і лівій межі поля зору мікроскопа не підраховували (по аналогії з рахувальною рамкою). Для отримання статистичних даних рахували кількість клітин у 10 полях зору мікроскопа. Підраховували кількість ядерця в ядрах гепатоцитів, вимірювали площу клітин, їх цитоплазми і ядер, а також відстань між суміжними ядрами гепатоцитів. Всі цитоморфометричні виміри проводили при збільшенні в 400 разів. Морфологічним критерієм активації фізіологічної регенерації та функціональної діяльності паренхіми печінки вважали збільшення ядерно-цитоплазматичного зростання кількості ядерця у ядрах гепатоцитів та

кількості двоядерних гепатоцитів тощо. Статистичну обробку одержаних цитоморфометричних даних здійснювали методами варіаційної статистики. Вірогідність різниці між контрольними і експериментальними групами оцінювали за t-критерієм Ст'юдента. Вірогідною вважали різницю між порівнюваними групами при P<0,05. Для розрахунків використовували комп'ютерну програму Excel (Microsoft, USA).

Результати та їх обговорення

З метою з'ясування особливостей морфологічних змін печінки вивчали гістологічну структуру, морфометричні показники органа та клітин. Проведені дослідження показали, що в печінці риби, виловленої у межах нижнього водосховища розвивались судинні і паренхіматозні зміни дистрофічного та деструктивного характеру. Маса печінки щуки звичайної, сома звичайного та окуня більша на 18,6%, 19,8% та 18,1% відповідно, порівняно з масою органу риб, виловлених у межах верхнього водосховища річки Рось. У риб, виловлених з нижнього водосховища, спостерігали потовщення капсули печінки внаслідок розростання сполучної тканини. Судини печінки були переповнені кров'ю, спостерігали облітерацію окремих судин. У центральній частині печінкових часточок були розширені синусоїди та периваскулярні простори. Діаметр центральних вен щуки, сома та окуня був більший у риб нижнього водосховища на 12,1 %, 16,7 %, 14,2 % відповідно. Навколо судин печінки виявляли дрібні інфільтрації. Фізіологічна структура печінкових часточок збережена. Більшість гепатоцитів мали дрібно краплинні ліпідні включення в цитоплазмі. У центрі печінкових часточок спостерігали печінкові клітини з великими вакуолями та ядром округлої форми, середнього та великого розміру, що займало центральне положення в клітині, подекуди розміщувалося і ексцентрично. У субкапсулярній зоні печінки відмічали набухання гепатоцитів, хроматоліз і лізис ядер.

Таблиця 1.

Показники морфометрії печінки риб виловлених у межах верхнього водосховища річки Рось

Показники	Вид риби		
	щука звичайна	сом звичайний	окунь річковий
Довжина, см	11,19 ± 0,188***	10,66 ± 0,360***	6,50 ± 0,322***
Ширина, см	1,88 ± 0,073***	5,35 ± 0,260***	2,06 ± 0,180***
Абсолютна маса, г	7,90 ± 0,362***	32,23 ± 1,156***	3,18 ± 0,305***
Діаметр центральних вен, мкм	9,33 ± 0,555***	19,01 ± 1,175***	6,24 ± 0,298***
Об'єм гепатоцитів	2,96 ± 0,150***	2,11 ± 0,172***	1,93 ± 0,154***
Кількість двоядерних гепатоцитів, %	11,2 ± 0,135***	17,60 ± 0,386***	14,9 ± 0,491***
ЯЦВ	0,09 ± 0,006***	0,64 ± 0,096***	0,09 ± 0,012***

Примітка: *** – p<0,001

Таблиця 2.

Показники морфометрії печінки риб виловлених у межах нижнього водосховища річки Рось

Показники	Вид риби		
	щука звичайна	сом звичайний	окунь річковий
Довжина, см	13,69 ± 0,188***	16,08 ± 0,360***	8,80 ± 0,322***
Ширина, см	02,43 ± 0,073***	06,03 ± 0,260***	2,14 ± 0,180***
Абсолютна маса, г	09,37 ± 0,625***	38,61 ± 0,816***	3,75 ± 0,289***
Діаметр центральних вен, мкм	10,50 ± 0,841***	22,20 ± 0,254***	7,10 ± 0,121***
Об'єм гепатоцитів	03,31 ± 0,065***	02,41 ± 0,153***	2,17 ± 0,492***
Кількість двоядерних гепатоцитів, %	12,60 ± 0,247***	20,10 ± 0,174***	12,2 ± 0,611***
ЯЦВ	00,10 ± 0,326***	00,72 ± 0,369***	0,10 ± 0,314***

Примітка: *** – p<0,001

Поряд із цим, спостерігали прояви компенсаторно-адаптаційних процесів: гіпертрофія ядер і ядерець гепатоцитів, гіперплазія ендотелію судин, збільшення кількості двоядерних гепатоцитів у щуки звичайної на 12,8 %, сома звичайного на 14,3 %, окуня річкового на 10,6 %; ядерно-цитоплазматичного відношення у щуки, сома та окуня відповідно на 13,4 %, 12,7 % та 13,1%. Більшість авторів вважають (Vander Oost et al., 2003; Scardi et al., 2006), що збільшення кількості двоядерних гепатоцитів свідчить про посилення інтенсивності регенерації паренхіми печінки на внутрішньоклітинному рівні. Така реакція типова для процесів адаптації організму, яка стимулює фізіологічну регенерацію. Збільшення кількості ядерець і ядерно-цитоплазматичного відношення в ядрах гепатоцитів риб нижнього водосховища річки Рось, свідчить про активацію латентних ядерцевоутворюючих районів хромосом, тобто спостерігається їх перехід до більш активного функціонального стану – активізації білоксинтетичної активності клітин. Підвищення синтезу білків веде до накопичення пластичного матеріалу, посилення активності ферментів тощо. Подібна інтенсифікація метаболічних процесів сприяє збільшенню резистентності клітин і оптимальному розвитку клітинних і внутрішньоклітинних механізмів регенерації.

Отримані дані дали змогу визначити, що незначний вплив токсичних речовин у риб інтенсифікує процеси фізіологічної регенерації та функціональної активності гепатоцитів, про що свідчить збільшення кількості ядерець в ядрах гепатоцитів та кількість двоядерних гепатоцитів, зростання ядерно-цитоплазматичного відношення.

Висновки

1. Представники аборигенної іхтіофауни щука звичайна (*Esox lucius* L.), сом звичайний (*Siluris glanis* L.), окунь річковий (*Perca fluviatilis*) є біоіндикаторами погіршення екологічних умов водойми та тест-об'єктом для їх оцінки.

2. Морфометричні дослідження вказують на дистрофічні та інші деструктивні зміни в паренхіматозних органах, зокрема у печінці, що чітко відображає біоіндикацію за морфометричними та цитологічними показниками печінки.

3. Виконані біомоніторингові дослідження на прикладі верхнього (село Глибичка) та нижнього (село Шкарівка) водосховищ річки Рось, варто використовувати для нормування антропогенного навантаження на водні екосистеми.

References

- Alabaster, J. (1984). *Kriterii kachestva vodii dlya precnovodnix rib [Criteria for water quality for freshwater fish]*. Legkaja i Pishhevaja Promyshlennost', Moskva (in Russian).
- Antonova, V. P., Bezumova, A. L. & Zavisha, A. G. (2000). Prichiny neblagopoluchija zasposov lososevidnyh ryb pechorskogo bassejna v sovremennyh uslovijah [Causes of the unfavorable state of the salmonid fish stocks of the Pechora basin under current conditions]. *Sb. nauch. trudov GOSNIORH*, 326, 31—41. (in Russian).
- Dudkin, S. I. (2005). Biochemical methods of bioindication of toxic effects on hydrobionts. Methods of fishery and environmental research in the Azov-Black Seabasin. 292—315, Krasnodar (in Russian).
- Goralsky, L. P., Khomich, V. T. & Kononsky, O. I. (2011). Osnovi histologichnoi texniki i morfofunkcionalni metodi doslidjen u normi ta pri patalogii [Fundamentals of histological technique and morphological functional methods of research in norm and at pathology]. Polissya, Zhytomyr. (in Ukrainian).
- Handy, R. D., Jha, A. N. & Depledge, M. H. (2002). Biomarker approaches for ecotoxicological biomonitoring at different levels of biological organisation. Handbook of Environmental Monitoring.
- Moiseenko, T. I. (2009). Vodnaya ekotokcikologiya. Teoreticheskiye i prikladnye aspekty [Water ecotoxicology. Theoretical and applied aspects]. Institute of water problems RAN, Moskov (in Russian).
- Rudneva, I. I. (2006). *Primenenie biomarkerov ryb dlja jekotoksikologicheskoy diagnostiki vodnoj sredy [Applications of fish biomarkers for ecotoxicological diagnostics of aquatic environments]*. *Rybnoe Hozjajstvo Ukrainy*, 1, 20—30 (in Ukrainian).

- Salman, N. A., Ullman, J. L. & Snekvik, K. (2012). Histopathological markers for copper toxicity in rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*). *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 25 (2), 26–39.
- Scardi, M., Tancioni, L., & Cataudella, S. (2006). Monitoring Methods Based on Fish. *Biological Monitoring of Rivers*, 135–153.
- Schlenk, D., Handy, R., Steinert, S., Depledge, M., & Benson, W. (2008). Biomarkers. *The Toxicology of Fishes*, 683–731.
- Sepúlveda, M. S., Gallagher, E. P., & Gross, T. S. (2004). Physiological Changes in Largemouth Bass Exposed to Paper Mill Effluents Under Laboratory and Field Conditions. *Ecotoxicology*, 13(4), 291–301.
- Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149.
- Vasenko, A. G. (1988). On the role of biotesting and bioindication in the toxicological control system. First All-Union conference on fishery toxicology, 1, 55–56.
- Vodyanits'kyi, O. M., Primachov, M. T. & Hrynevych, N. Ye. (2016). Vplyv temperaturnoho ta kysnevoho rezhymiv vodnoho seredovyshcha na vyzhyvanist' i rozvytok koropovykh ryb [Influence of temperature and oxygen regimes of the aquatic environment on survival and development of carp fish]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 234, 70-78 (in Ukrainian).
- Yanovych, D. O. & Shvets', T. M. (2017). Khrom u hidroekosystemakh ta yoho vplyv na biotu vodoym (ohlyad) [Chromium in hydro ecosystems and its influence on biota of reservoirs]. *Hydrobiological Journal*, 53 (2), 87–93 (in Ukrainian).
-