

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ НА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РИБ ТА СКЛАД ЇХНІХ ПАРАЗИТОЦЕНОЗІВ

Ю. О. Коваленко, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. О. Шлапак, olga.shlapak@outlook.com, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. С. Потрохов, alport@bigmir.net, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. Г. Зіньковський, hydrobiol@igb.ibc.com.ua, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Мета роботи. Встановити характер змін фізіолого-біохімічних показників риб, якісного та кількісного складу їх паразитоценозів залежно від різного ступеню забруднення водойм.

Методика. У роботі наведені результати визначення гідрохімічного складу води озер м. Києва, структури їх кормової бази (зообентосу). Як маркерні морфо-фізіологічні ознаки карася сріблястого, краснопірки звичайної та плітки звичайної використовували індекс печінки та селезінки. У плазмі крові риб досліджено вміст глюкози, кортизолу та тиреоїдних гормонів. Збір та опрацювання іхтіологічного матеріалу виконано у відповідності до загально визначених методів. Встановлення таксономічної належності паразитів здійснювались за відповідними визначниками.

Результати. У роботі наведені кілька важливих гідрохімічні характеристики дослідних озер, розвиток кормової бази риб – організмів зообентосу, фізіолого-біохімічного показників окремих представників корошових видів риб у озерах м. Києва, які обумовлені різним ступенем антропогенного навантаження. Насамперед, було досліджено індекси внутрішніх органів та низку біохімічних показників плазми крові риб.

Паразитоценози виявились специфічними для кожного озера. Найменша їх чисельність була в оз. Лугове, яке характеризується суттєвим антропогенним навантаженням. В оз. Бабиному, яке прийнято за умовний контроль, були наявні паразити риб, що не зустрічались в інших озерах. У краснопірки з оз. Кирилівське, інвазованих паразитами, спостерігався вищий індекс селезінки на 13% ($r=0,98$). Також у заражених риб з оз. Кирилівське та Лугове був встановлений вищий вміст трийодтироніну (T_3) у плазмі крові у 2,2 рази ($r=0,82$ та $r=0,75$, відповідно) порівняно з рибами з оз. Бабине.

Встановлено, що у плітки з оз. Кирилівське індекс селезінки більший на 16% ($r=-0,83$) відносно плітки з оз. Бабине. У плітки з оз. Кирилівське вміст кортизолу в крові виявився меншим у 4,7 ($r=-0,83$) та T_3 у 4 рази ($r=-0,71$) порівняно з рибами з оз. Бабине. У карася з оз. Кирилівське та Лугове індекси селезінки були меншими на 44 та 37%, у порівнянні з рибами з оз. Бабине. Крім того, у карася з оз. Лугове відмічається менший вміст кортизолу та T_3 у 1,7 та 1,5 рази відповідно порівняно з рибами оз. Бабине. Можна припустити, що досліджені види риб по різному реагують на сукупний вплив антропогенного навантаження.

© Ю. О. Коваленко, О.О. Шлапак, О. С. Потрохов, О. Г. Зіньковський, 2019



Наукова новизна. Вперше використано різнорівневі маркери (морфо-фізіологічні, біохімічні та паразитологічні) для встановлення реакції риб на комплексний антропогенний вплив в умовах водойм урбанізованих територій.

Практична важливість. Отримані дані необхідні для визначення закономірностей пристосувальних реакцій господарсько-цінних видів корошових риб, їх паразитів і кормових об'єктів за дії несприятливих умов урбанізації. Досліджені фізіолого-біохімічні показники риб можна використовувати для оцінки якості води водойм.

Ключові слова: карась, краснопірка, плітка, пристосування, озеро, антропогенне навантаження, кормова база, ектопаразити, ендопаразити.

EFFECT OF ANтропоGENIC POLLUTION ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FISH AND COMPOSITION OF THEIR PARASITOCENOSES

Ju. Kovalenko, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

O. Shlapak, olga.shlapak@outlook.com, Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

A. Potrokhov, alport@bigmir.net, Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

O. Zin'kovskiy, hydrobiol@igb.ibc.com.ua, Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

Purpose. To establish the nature of changes in physiological and biochemical parameters of fish, the qualitative and quantitative composition of their parasitocenoses, depending on the degree of the pollution of water bodies.

Methodology. The paper contains the results of the determination of hydrochemical composition of water from the lakes of Kyiv, the structure of their food supply (zoobenthos). As a marker of morpho-physiological features of the Prussian carp, rudd and roach, their liver and spleen indices were used. The content of glucose, cortisol and thyroid hormones was determined in fish blood plasma. The collection and processing of ichthyological material was performed in accordance with generally accepted methods. The taxonomic identification of parasites was carried out according to the appropriate identification keys.

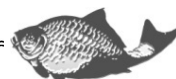
Findings. The work presents some hydrochemical characteristics of the lakes under study, the development of the natural food supply for fish - zoobenthic organisms, changes in the physiological and biochemical parameters of some representatives of cyprinids in the lakes of Kyiv, which are subjected to different degrees of human impact. First of all, the indices of internal organs and a number of biochemical parameters of fish blood plasma were studied.

Parasitocenoses were specific for each lake. Their smallest number was in the lake Luhove, which was characterized by a significant human impact. The lake Babyne, which was taken as conditional control, had some fish parasites, which were not found in other lakes. The rudd from the lake Kyrylivske invaded with parasites had a 13% higher spleen index ($r = 0.98$). Also, the infected fish from the Kyrylivske and Luhove lakes had a 2.2-fold higher content of triiodothyronine (T_3) in the blood plasma ($r = 0.82$ and $r = 0.75$, respectively) compared with fish from the lake Babyne.

The spleen index of the roach from the lake Kyrylivske is 16% more ($r = -0.83$) compared to this species from the lake Babyne. The roach from the lake Kyrylivske had a 4.7 times smaller number of cortisol in the blood ($r = -0.83$) and 4 times lower T_3 level ($r = -0.71$) compared to fish from the lake Babyne. The Prussian carp from the Kyrylivske and Luhove lakes had spleen indices were lower by 44 and 37%, and the glucose content was 3.6 and 2.7 times lower in comparison with fish from the lake Babyne. In addition, the Prussian carp from lake Luhove had a lower content of cortisol and T_3 by 1.7 and 1.5 times, respectively, compared with fish from the lake Babyne. It can be assumed that the studied fish species have different sensitivity to the cumulative or individual effects of anthropogenic stress and parasites.

Originality. For the first time, multilevel markers (morphophysiological, biochemical and parasitological) were used to establish the response of fish to the complex human impact in the conditions of water bodies in urbanized territories.

Practical Value. The obtained data are necessary to determine the patterns of adaptive



reactions of economically valuable cyprinids, their parasites and forage objects under the action of adverse conditions of urbanization. The biochemical parameters of fish that can be used to assess the quality of water in water bodies were also studied.

Keywords: Prussian carp, rudd, roach, adaptations, lake, human impact, food supply, ectoparasites, endoparasites.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ И СОСТАВ ИХ ПАРАЗИТОЦЕНОЗОВ

Ю. А. Коваленко, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

О.О. Шлапак, olga.shlapak@outlook.com, Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

А. С. Потрохов, alport@bigmir.net, Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

О. Г. Зиньковский, hydrobiol@igb.ibc.com.ua, Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

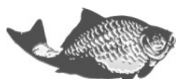
Цель работы. Установить характер изменений физиолого-биохимических показателей рыб, качественного и количественного состава их паразитоценозов в зависимости от степени загрязнений водоемов.

Методика. В работе приведены результаты определений гидрохимического состава воды из озер м. Киева, структуры их кормовой базы (зообентоса). Как маркерные морфо-физиологические признаки карася серебристого, красноперки обычной и плотвы обычной использовали индекс печени и селезенки. В плазме крови рыб было исследовано содержание глюкозы, кортизола и тиреоидных гормонов. Сбор и обработка ихтиологического материала выполнено в соответствии с общепринятыми методиками. Установление таксономической принадлежности паразитов осуществлялись по соответствующим определителям.

Результаты. В работе приведены некоторые гидрохимические характеристики исследуемых озер, развитие кормовой базы рыб – организмов зообентоса, изменения физиолого-биохимических показателей некоторых представителей карповых видов рыб в озерах м. Киева, которые подвергаются разной степени антропогенной нагрузки. Прежде всего, было исследовано индексы внутренних органов и ряд биохимических показателей плазмы крови рыб.

Паразитоценозы оказались специфическими для каждого озера. Наименьшая их численность была в оз. Луговом, которое характеризуется существенной антропогенной нагрузкой. В оз. Бабьем, которое было принято за условный контроль, были найдены паразиты рыб, которые не встречались в других озерах. У красноперки с оз. Кирилловское, были найдены инвазивные паразитами, у этого вида наблюдался высокий индекс селезенки на 13% ($r = 0,98$). Также у зараженных рыб из оз. Кирилловское и Луговое наблюдался высокое содержание трийодтиронина (Т3) в плазме крови в 2,2 раза ($r = 0,82$ и $r = 0,75$ соответственно) по сравнению с рыбами из оз. Бабье.

Установлено, что у плотвы из оз. Кирилловское индекс селезенки больше на 16% ($r = -0,83$) относительно плотвы из оз. Бабье. У плотвы из оз. Кирилловское наблюдался меньшее содержание кортизола в крови в 4,7 ($r = -0,83$) и Т3 в 4 раза ($r = -0,71$) по сравнению с рыбами из оз. Бабье. У карася из оз. Кирилловское и Луговое индексы селезенки были меньше на 44 и 37% по сравнению с рыбами из оз. Бабье. Кроме того, у карася из оз. Луговое отмечается меньшее содержание кортизола и Т3 в 1,7 и 1,5 раза соответственно по сравнению с рыбами оз. Бабье. Можно предположить, что исследованные виды рыб имеют различную чувствительность к совокупному или отдельному влиянию антропогенной нагрузки и паразитов.



Научная новизна. Впервые использованы разноуровневые маркеры (морфо-физиологические, биохимические и паразитологические) для установления реакции рыб на комплексный антропогенное воздействие в условиях водоемов урбанизированных территорий.

Практическая значимость. Полученные данные необходимы для определения закономерностей приспособительных реакций хозяйственно-ценных видов карповых рыб, их паразитов и кормовых объектов при действии неблагоприятных условий урбанизации. Исследованы биохимические показатели рыб можно использовать для оценки качества воды в водоемах.

Ключевые слова: карась, красноперка, плотва, приспособления, озеро, антропогенная нагрузка, кормовая база, эктопаразиты, эндопаразиты.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Загальновідомо, що екологічна ситуація водойм України погіршується через значне техногенне забруднення води, особливо це стосується озер, які мають невеликі об'єми води та знаходяться в межах мегаполісів [1]. Озер в нашій країні налічується близько 20 тис. і більшість з них вразливі до дії прямого або опосередкованого впливу людської діяльності, які викликають гідрохімічні зміни, а разом з ними і зміни у біоценозах [2]. Сукупність екосистемних змін, що викликаються антропогенним впливом, може призвести до деградації популяцій окремих видів гідробіонтів, в тому числі зменшення чисельності видів риб у водоймах [3].

Токсиканти, які потрапляють у водойми, призводять до виникнення явищ гострого чи хронічного стресу у гідробіонтів, зокрема риб. Вони можуть спричинити загибель чутливих автотрофів (продуцентів) та консументів першого рівня (зоопланктону, зообентосу). Це модифікує трофічну ланку, або може її розірвати. Крім того, токсичне забруднення води впливає на життєдіяльність консументів другого й третього рівня (риб), у яких може виникати необхідність споживання нетипової для них їжі. Отруйні речовини можуть мати безпосередній або опосередкований вплив на розповсюдженість, інтенсивність та патогенність паразитів [4], що, у свою чергу, впливає на фізіологічний стан риб, адже комплексний вплив паразитів та забруднення може бути синергічним та в кінцевому результаті більш шкідливим [4].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Озера м. Києва мають комплексне призначення, багато з них знаходяться у зонах значної урбанізації та використовуються для рекреації й любительського рибальства. Основними джерелами забруднення цих водойм є надходження токсикантів з поверхневим стоком, з каналізаційними стоками, з техногенним забрудненням (промислові, побутові підприємства, автозаправки та ін.). Прикладом таких водних об'єктів є озера системи «Опечень» (Оболонський район, м. Києва), які характеризуються істотними екологічним та гідрохімічними порушеннями [5]. Дослідження домінуючих представників іхтіофауни та їх фізіолого-біохімічних показників, порівняння видового складу екто- та ендопаразитів риб у водоймах з різним ступенем антропопресії актуальні з точки



зору пошуку біомаркерів санітарно-паразитологічного стану водойм урбанізованих територій.

Загальний фізіологічний стан риб можна визначити, перш за все, за одними з найбільш поширених у діагностиці екологічного моніторингу показників зміни рівня гормонального фону, зокрема гормонів інтерренальної (кортизол) та тиреоїдної (тироксин, трийодтиронін) залоз. Враховуючи їх здатність до швидкої реакції на зміни токсикологічних та гідрохімічних показників у водоймах, що викликані надходженням токсичних речовин [6]. Крім того, важливістю для досліджень зазначених гормонів є те, що вони пов'язані з регуляцією енергетичного обміну, адже для протидії негативному впливу отруйних сполук, організм риб залучає більшу кількість енергії, яка у свою чергу регулюється завдяки змінам у обміні речовин, що пов'язаний із мобілізацією або заощадженням енергетичних сполук [7], насамперед згаданими вище гормонами: кортизолом, тироксином та трийодтироніном. Особливу цікавість становить порівняння вмісту досліджуваних гормонів із вмістом глюкози, як джерела енергетичного забезпечення клітин організму, зокрема в умовах стресу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводились у весняно-літній період 2018 року на трьох озерах з різним ступенем антропогенного навантаження: оз. Бабине, оз. Кирилівське та оз. Лугове.

Визначення концентрації розчиненого кисню у воді, рН, загального вмісту солей, карбонатної жорсткості, хімічного споживання кисню (дихроматного) та окисно-відновного потенціалу проводилось загально прийнятими методами [8]. Впродовж дослідного періоду температуру води заміряли кожного дня (щоденно) у ранковий період.

Риб виловлювали із озер гачковими знаряддями лову. Дослідження проводились на найбільш поширених видах риб у міських водоймах та тих, що зустрічаються у аматорському лові, а саме карась сріблястий (*Carassius auratus* (Bloch, 1782), краснопірка звичайна (*Scarbinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758) та плітка звичайна (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758). Риби характеризувались наступними масо-розмірними показниками: карась – середня довжина 21,9 см, середня маса 196,5 г, середній вік – 4; краснопірка – 12,6 см, 21,7 г, 2 роки; плітка – 15,5 см, 18,8 г, 2 роки.

Вгодованість риб, індекси їх печінки та селезінки розраховували загальноприйнятими методиками, порівнюючи масу органів із масою тіла риб [9]. Встановлення таксономічної належності паразитів здійснювали за відповідними визначниками [10; 11]. Статистичну обробку чисельності та біомаси зообентосу здійснювали за загальноприйнятими гідробіологічними методиками [12] та класифікували за відповідним визначником [13].

Кров відбирали із серця, використовуючи гепаринізований шприц. У лабораторних умовах її центрифугували для відділення плазми протягом 15 хв при 3000 R-ротора. У плазмі крові визначали вміст глюкози глюкозооксидазним методом з використанням стандартних комерційних наборів «Філісіт-Діагностика» (Україна). Загальний вміст трийодтироніну, тироксину та кортизолу у плазмі крові риб встановлювали імуноферментним методом з використанням



наборів «Т3–ІФА», «Т4–ІФА» (НВЛ «Гранум», Україна) та «ДС–ІФА–Стероїд–Кортизол» (НВО «Діагностичні системи», Росія) на аналізаторі Rayto RT–2100С.

Статистичну обробку цифрового матеріалу проводили з використанням програм «Statistica.10» та «Excel» з пакету «Microsoft Office».

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Умовно контрольне оз. Бабине знаходиться у лісопарковій зоні м. Києва на території Труханового острова, розміщеного посеред Дніпра і входить до складу заплавних водойм лівого берега Канівського водосховища. Площа водного дзеркала водойми становить 9,5 га, середня глибина – 2 м, максимальна – 5 м., довжина – 1,7 км, ширина – 35–80 м, площа прибережної смуги – 51,2 га. Наприкінці ХХ ст. оз. Бабине не підлягало суттєвому спрямованому впливу антропогенних чинників. Вода з цього озера відповідає класу II категорії 3 (добра, досить чиста) [14, 15].

На період досліджень в оз. Бабине характеризувалося наступними показниками: температура води становила 19–24°C; концентрація розчиненого кисню у воді – 6,23 мг/дм³; рН – 8,23; загальний вміст солей – 131 мг/дм³; жорсткість карбонатна – 2,2 моля/дм³; хімічне споживання кисню (дихроматне) – 5,39 мг О/дм³; окисно-відновний потенціал – +271,3 мВ. За даними багаторічних досліджень (2007–2012 рр.), проведених співробітниками Інституту гідробіології НАН України (Романенко О.В., Арсан О.М., Кіпніс Л.С. та Ситник Ю.М.) у воді оз. Бабине було відмічена концентрація нафтопродуктів – 52,4–109,2 мкг/дм³, загальних фенолів 167,0–172,0 мкг/дм³ у літній період, хром (III) – 11,4–33,6 мкг/дм³ [15].

Особливістю озер системи «Опечень» є те, що їх утворили на місці правобережної притоки Дніпра – р. Почайни, адже наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років будувався сучасний житловий масив Оболонь, створений в результаті наміву піску. Ґрунт для наміву території забирався саме з місця, де текла р. Почайна. Потужність насипного техногенного шару тут змінюється від 3 до 7 і більше метрів. [17]. В наслідок перебудови утворились переважно глибоководні озера, більшість з яких сполучені колекторами. На сьогодні «Опечень» та її прибережна територія знаходяться у занедбаному стані: засмічені побутовим сміттям, автомобільними шинами, будівельними матеріалами, тощо [16]. За даними низки авторів якість води відзначаються як незадовільна. Озера Лугове, Андріївське, Кирилівське, Йорданське за окремими показниками класифікувалися як «брудні» та «дуже брудні» за IV і V класами якості води – «погана» та «дуже погана» [17].

Оз. Кирилівське – довжиною 760 м, з найбільшою шириною – 380 м, площа водного дзеркала – 19 га, об'єм – 2,28 млн. м³, середня глибина – 12 м, а найбільша – 15 м. В це озеро впадають річка Сирець та Кирилівський струмок [18]. Стік р. Сирець формується шляхом підземних, поверхневих та скидних вод промислових підприємств, зливових систем житлових масивів Сирець, Куренівка, Виноградар [14, 15]. Озеро з'єднується з оз. Богатирським та оз. Йорданським трубопроводами, сумарна величина притоку поверхневих вод до оз. Кирилівського становить 2988 тис. м³ за рік [16].

Під час досліджень в оз. Кирилівське температура води становила 18–21°C;



концентрація O_2 – 8,33 мг/дм³; рН – 8,55; загальний вміст солей – 379 мг/дм³; жорсткість карбонатна – 2,7 моль/дм³; хімічне споживання кисню (дихроматне) – 6,76 мг O /дм³, окисно-відновний потенціал – +160,9 мВ. Вміст NO_2^- становив 0,018 мг N /дм³, що також відповідає результатам досліджень Панасюк І.В. та ін [16]. В період 2007–2012 рр. (за даними Романенко О.В. та ін.) в оз. містились нафтопродукти у концентрації 194,4–380,4 мкг/дм³, феноли – 167,7–225,0 мкг/дм³, АСПАР – 43,4–455,3 мкг/дм³ [15].

Оз. Лугове – довжина 1,1 км, ширина коливається на різних ділянках в межах 70–120 м, площа водного дзеркала – 11,9 га [18]. Це озеро зазнає найбільшого забруднення, адже за даними моніторингових спостережень низки дослідників з 1990 по 2003 рр. відбулося збільшення концентрації нафтопродуктів у 23 рази, а вміст органічних речовин збільшився у 2,2 рази [17]. Також в цю водойму щорічно скидається 3,83 млн. м³/рік неочищених стічних вод, що майже в 3 рази перевищує об'єм самих водойм. Стік забруднюючих речовин із території басейну водозбору становить нафтопродуктів – 50,6 т/рік [17; 18], зважених речовин – 5497,75 т/рік, БСКп – 226,14 т/рік. [17].

За період досліджень в оз. Лугове температура води коливалась у межах 21–24°C, концентрація O_2 становила 5,53 мг/дм³; рН – 8,53; загальний вміст солей – 344 мг/дм³; жорсткість карбонатна – 2,7 моль/дм³; хімічне споживання кисню (дихроматне) – 7,42 мг O /дм³; окисно-відновний потенціал – +186,9 мВ.

Істотні відмінності гідрологічних та гідохімічних режимів водойм можуть мати прямий вплив на їх іхтіофауну та/або опосередкований, позначаючись на представниках зообентосу [4, 19], які є кормовими об'єктами для низки видів риб.

Порівняльну оцінку потенційних кормових організмів риб у модельних водоймах за чисельністю та біомасою донних безхребетних було проведено в літній період (червень 2018 р.). Біомаса кормових організмів оз. Бабіне становила 2.16 г/м³ (без урахування молюсків). Щільність червевоногих молюсків (клас *Gastropoda*) 32 ос./м², а біомаса 13,44 г/м², двостулкових молюсків (клас *Bivalva*) – 8 ос./м², а біомаса – 96 г/м²; личинки комарів-дзвінців (родина *Chironomidae*) – 153 мг/м², личинки комах: ряд бабки (*Odonata*) (підряди: рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) та різнокрилі бабки (*Anisoptera*)); одnodенки (ряд *Ephemeroptera*); веснянки (ряд *Plecoptera*) – 1999 мг/м³, малощетинкові черви (клас *Oligochaeta*) 13,3 мг/м², зустрічались поодинокі п'явки (клас *Hirudinea*), тощо.

У оз. Кирилівське було відмічено найбільшу загальну біомасу бентосних організмів – 7,7 г/м² (без урахування молюсків) Переважну більшість становили малощетинкові черви (клас *Oligochaeta*) – 236 ос./м² та масою 1,61 г/м², їх домінування узгоджуються з дослідженнями інших авторів у 2007–2012 рр. [15]. Олігохети здатні виживати у водоймах з істотним забрудненням води органічними речовинами [20]. Здебільшого у озері траплялись п'явки (клас *Hirudinea*) – 10 ос./м², масою – 1,09 г/м². Щільність червевоногих молюсків (клас *Gastropoda*) становила 13 ос./м², а їх маса – 64 мг/м². Крім того зустрічались личинки комарів-дзвінців (родина *Chironomidae*) – 42 ос./м², масою 3,1 г/м², личинки комах ряд бабки (*Odonata*) підряд рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) – 1,8 г/м², інші організми – 0,1 мг/м².

Загальна маса бентосних організмів у оз. Лугове склала 1,53 г/м², без врахування червевоногих молюсків (клас *Gastropoda*), щільність яких становила 4



ос./м², а біомаса 30 г/м² та двостулкових моллюсків (клас *Bivalva*) щільність – 2 ос./м², а біомаса 0,04 г/м². Серед інших представників, зустрічались поодинокі личинки комах ряд Бабки (*Odonata*) підряд: рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) та веснянки (ряд) – 1,5 г/м² та личинки комарів-дзвінців (*Chironomidae*) – 30 мг/м².

Отже, у помірно забрудненому оз. Кирилівське була найбільша біомаса кормових організмів поміж інших дослідних озер, а домінуючим видом у цій водоймі були малощетинкові черви. Проте, в оз. Бабине характеризувалось найбільшим видовим різноманіттям, хоча переважали моллюски. У свою чергу, оз. Лугове виявилось досить бідним на бентос у порівнянні з іншими дослідними озерами.

Дослідження паразитоценозу карася сріблястого з оз. Бабине виявило лише ектопаразитів – інфузорій *Trichodina sp.* (екстенсивність інвазії (EI) – 100%), моногеней роду *Dactylogyrus* (EI – 100%; інтенсивністю інвазії (II) – 50 екз./особ.), та риб'ячі п'явки – *Piscicola geometra* (EI – 14%; II – 1 екз./особ.).

У краснопірки звичайної були виявлені ектопаразити – моногеней роду *Dactylogyrus* (EI – 50%; II – 74 екз./особ.), паразитичні інфузорії *Trichodina sp.* (EI – 14%), риб'ячі п'явки – *Piscicola geometra* (EI – 14%; II – 3 екз./особ.), паразитичні ракоподібні роду *Argulus* (EI – 28%; II – 3 екз./особ.), а також ендопаразити – *Diplostomum sp.* (EI – 100%; II – 15 екз./особ.).

Плітка звичайна була інвазована ендопаразитами роду *Diplostomum sp.* (EI – 83%; II – 14 екз./особ.). Оскільки, пісциколюоз зустрічався тільки у контрольній водоймі, можна зауважити, що кисневий режим цього озера має стабільні високі значення, що забезпечує існування цього ектопаразита [20].

Риби з оз. Кирилівське характеризувалися наступним видовим складом паразитів:

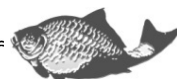
Карась сріблястий: ектопаразити представлені інфузоріями роду *Trichodina* (EI – 100%) та моногенейми роду *Dactylogyrus* (EI – 100%, II – 78 екз./особ.), ендопаразити – цестодою *Caryophyllaeus laticeps* (EI – 14%; II – 1 екз./особ.).

Краснопірка звичайна була заражена лише ендопаразитами – цестода *Caryophyllaeus laticeps* (EI – 20%; II – 3 екз./особ.) та метацеркарії *Diplostomum sp.* (EI – 60%; II – 11 екз./особ.).

У плітки звичайної представниками ендопаразитів були метацеркарії *Diplostomum sp.* (EI – 80%; II – 19 екз./особ.) та *Tylodelphys sp.* (EI – 20%; II – 7 екз./особ.).

Оскільки деякі паразити розміщуються в життєво-важливих органах, то вони впливають на фізіологічний стан риб, реакцією на паразитарний вплив може бути зміна поведінки заражених риб [22; 23]. Прикладом подібного явища може бути вплив метацеркарій *Tylodelphys clavata* та *Diplostomum sp.*, які локалізуються в скловидному тілі очного яблука та можуть порушувати гостроту зору риб. Вражені риби гірше знаходять кормові об'єкти, зрештою втрачають вгодованість та стають жертвою основних хазяїв паразита – рибоїдних птахів [24].

В оз. Лугове карась сріблястий був заражений лише ектопаразитами – моногеней роду *Dactylogyrus* (EI – 100%, II – 70 екз./особ.) та *Gyrodactylus* (EI – 20%, II – 4 екз./особ.). Краснопірка звичайна була заражена ектопаразитами –



моногенії роду *Dactylogyrus* (EI – 33%; II – 96 екз./особ.) та ендопаразитами – *Diplostomum sp.* (EI – 67%; II – 3 екз./особ.). Варто звернути увагу, що в цьому озері не було виявлено ектопаразитів *Trichodina sp.*

Паразитофауна досліджуваних видів риб наведена у Табл. 1.

Таблиця 1. Паразитофауна досліджуваних видів риб

Table 1. Parasitic Fauna of the studied fish species

Паразитичні угруповання / Parasitic groups:	Водні об'єкти / Waterbodies		
	оз. Бабіне / Babyne	оз. Кирилівське / Kyrylivske	оз. Лугове / Luhove
Ектопаразити / Ectoparasites:			
<i>Dactylogyrus sp.:</i>	1, 2	1	1, 2
– <i>D. extensus</i>	1	-	-
– <i>D. vastator</i>	1	-	-
– <i>D. wegneri</i>	-	1	1
– <i>D. anchoratus</i>	-	1	1
– <i>D. minutus</i>	-	1	-
<i>Trichodina sp.</i>	1, 2	1	-
<i>Gyrodactilus sp.</i>	-	-	1
<i>Piscicola geometra</i>	1, 2	-	-
<i>Argulus foliaceus</i>	2	-	-
Ендопаразити / Endoparasites:			
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	-	1, 2	-
<i>Diplostomum sp.</i>	2, 3	2, 3	2
<i>Tylodelphys clavata</i>	-	3	-

Примітка: 1–карась; 2–краснопірка; 3–плітка.

Notes: 1–crucian carp; 2–rudd; 3–roach.

У карася сріблястого в оз. Лугове та Кирилівське були встановлені представники тих самих видів – *D. anchoratus* та *D. wegneri*, однак у оз. Бабіне ці види не зустрічалися, а були визначені *D. extensus* та *D. vastator*.

З огляду на те, що паразити разом з комплексним забрудненням водою складають істотний вплив на фізіологічний стан риб, існує необхідність дослідження морфологічних характеристик та фізіолого-біохімічних показників у риб, зокрема маси внутрішніх органів та їх індексів. Дослідження індексів печінки та селезінки дають можливість отримати об'єктивну інформацію, яка може бути критерієм визначення фізіологічного стану риб. Ці індекси свідчать про наявність патологій з урахуванням фізико-хімічних параметрів середовища [25, 26, 27].

Індекси печінки карася із оз. Кирилівське та Лугове не мали вірогідної відмінності у порівнянні з рибами з оз. Бабіне, що свідчить на користь більшої толерантності цього виду до несприятливого впливу. На противагу, індекс



селезінки у цих риб був меншим з оз. Кирилівське на 44% та з оз. Лугове на 37% відповідно, щодо карася з оз. Бабине (Рис. 2 А). Через необхідність більш інтенсивного постачання кисню та поживних речовин в органи та тканини риб, можна припустити знижене депоновання крові у цьому органі, що можливо призводить до зменшення індексу селезінки. Високі значення індексів органів у карася з оз. Бабиному, однак, спостерігались на тлі високої зараженості риб'ячими п'явками, що могло позначитися на загальному фізіологічному стані риб.

Краснопірка з оз. Кирилівське мала індекс печінки та селезінки на 34% та 13% більші у порівнянні з рибами з оз. Бабине, а з оз. Лугового – навпаки, індекс селезінки був у 2 рази меншим у порівнянні з умовним контролем (Рис. 1 В). Відмічена пряма залежність між індексом селезінки та наявністю паразитів у риб з оз. Кирилівське ($r=0,98$).

Плітка з оз. Кирилівське також мала більші індекси печінки (на 16,5%) та селезінки (16%), порівняно з рибами з оз. Бабине. Збільшення розмірів печінки може бути обумовлене детоксикацією та виведенням токсичних речовин за умов хронічного забруднення водного середовища [26].

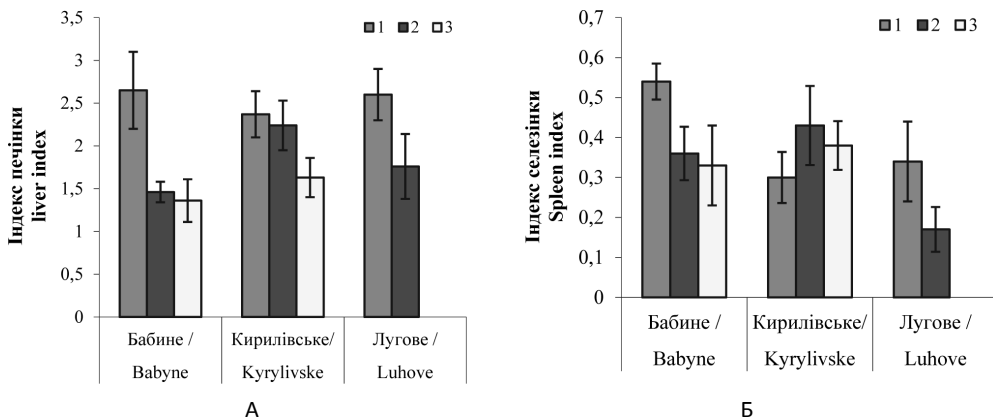
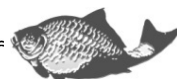


Рис. 1. Індекси печінки (А) та селезінки (Б) у карася (1); краснопірки (2) та плітки (3) з оз.: Бабине, Кирилівське та Лугове ($M \pm m$, $n = 5-8$)

Fig. 1. Liver indices (A) and spleen (B) in a crucian carp (1); rudd (2) and roach (3) from the lakes: Babyne, Kyrylivske and Luhove ($M \pm m$, $n = 5-8$)

Одним з найбільш поширених діагностичних критеріїв фізіологічного стану живих організмів є вміст глюкози у крові, яка є основним енергетичним джерелом для проходження метаболічних процесів [28]. Кортизол, в свою чергу, регулює вуглеводний обмін в організмі та приймає участь в розвитку стрес-реакцій [29]. За його участю відбувається заощадження наявних енергетичних ресурсів організму та відтворення втрачених через посилення синтезу глюкози. Крім того кортизол регулює обмінні процеси, зокрема пригнічує розклад глюкози та посилює синтез білків [29].

Вміст глюкози у плазмі крові у карася з оз. Кирилівське був більшим у 3,6 рази, у краснопірки на 22,4% порівняно з умовним контролем. Проте у плітки він був у 3 рази нижче контролю. Карась з оз. Лугове також характеризувався



більшим вмістом глюкози у 2,7 рази, а у краснопірки її вміст не мав вірогідних відмінностей щодо краснопірки з оз. Бабине (Рис. 2 А).

Краснопірка з оз. Кирилівське відзначилась більшим на 30,2% вмістом кортизолу в плазмі крові на відміну від плітки, у якої він був у 4,7 рази нижчий. Карасі з цих водойм не відрізнялися за вмістом цього гормону у крові. Залежність між його вмістом та ступенем паразитарного ураження плітки з оз. Кирилівське була зворотною ($r=-0,83$), що може відображати особливості загальної реакції риб на паразитування метацеркарій трематод родини Diplostomatidae.

Зміни вмісту глюкози у крові риб дозволяють активно протидіяти токсичному впливу. У досліджених водоймах спостерігались зміни вмісту глюкози та кортизолу у плазмі крові риб в залежності від виду риб, ступеня антропогенного навантаження, зараженості паразитами.

В особливо несприятливих умовах (оз. Лугове) карась характеризується зниженням вмісту кортизолу в крові у 1,7 рази, а краснопірка – збільшенням у 4,2 рази порівняно до риб з контрольної водойми. Несприятливі умови навколишнього середовища, які пов'язані з істотним забрудненням води, на нашу думку, викликають стресовий стан у більш чутливого виду - краснопірки. Відомо, що реакцією риб на високий вміст кортизолу у крові супроводжується змінами індексів селезінки та печінки [26]. Кортизол, як гормон стресу, пригнічує імунну систему, в результаті чого можуть відбутись порушення у функціонуванні селезінки та як наслідок – зменшитись її індекс. У риб з оз. Кирилівське відмічена зворотна кореляція між індексом селезінки та кількістю паразитів у плітки ($r=-0,83$), що є ознакою їх впливу на кровоносну систему і, можливе, пригнічення імунної системи завдяки тривалій дії стресових факторів.

Зменшення вмісту кортизолу в плазмі крові карася з оз. Лугове у 1,7 рази та плітки з оз. Кирилівське у 4,7 рази відносно контролю може свідчити про певну перебудову їх енергетичного обміну залежно від особливостей умов існування.

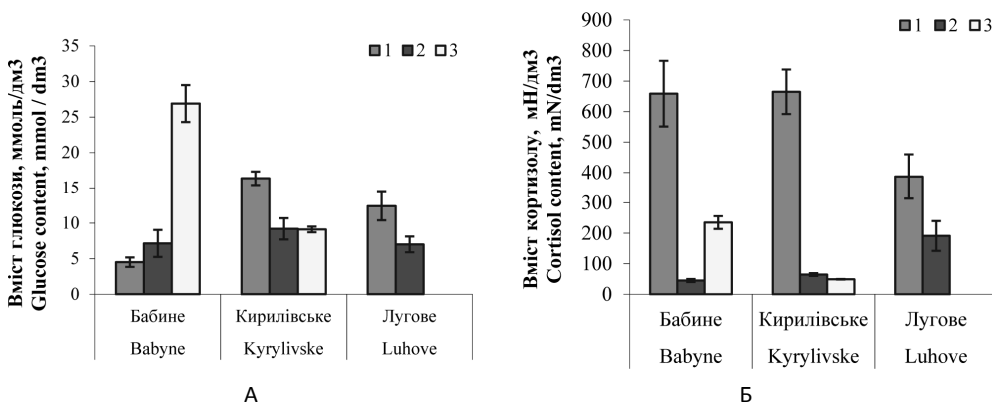


Рис. 2. Вміст глюкози (А) та кортизолу (Б) у плазмі крові у карася (1), краснопірки (2) та плітки (3). з оз.: Бабине, Кирилівське та Лугове ($M \pm m$, $n = 5-8$)

Fig. 2. Content of glucose (A) and cortisol (B) in blood plasma in crucian carp (1), rudd (2) and roach (3) from the lakes: Babyne, Kyrylivske and Luhove ($M \pm m$, $n = 5-8$)



Тироксин (T_4) та трийодтиронін (T_3) залучені у процеси, що пов'язані, в першу чергу, з обміном речовин, статевим розвитком та осморегуляцією [29]. T_3 та T_4 виконують роль стимуляторів окислювальних процесів, регулюють ліпідний обмін, приймають участь в реакціях при надходженні отруйних речовин до тканин організму риб [31]. Близько 80% T_3 утворюється у результаті дейодування T_4 у печінці та нирках, а 20% у клітинах, що виконують функцію щитоподібної залози [30].

Карась з оз. Кирилівське та оз. Лугове характеризувався меншим у 4,7 та 1,5 рази відповідно вмістом T_3 у плазмі крові порівняно з рибами з оз. Бабине. Крім того, у карася з оз. Бабине спостерігалась позитивна кореляція між наявністю паразитів та вмістом T_3 у крові ($r=0,9$). Це може свідчити про недостатнє надходження поживних речовин в організм внаслідок чисельної паразитарної інвазії. Також карась з оз. Кирилівське мав більший у 2 рази вміст T_4 , що вказує на стресовий стан у риб. Через те, що T_3 у 10 разів активніший за T_4 , природнім є посилення синтезу T_4 , як компенсаторної реакції риб. Слід зазначити, що нижчий вміст T_3 у поєднанні зі зниженим вмістом кортизолу у крові карася, ймовірно, вказує на уповільнення проходження обмінних процесів. Коефіцієнт кореляції між вмістом T_3 і кортизолом, та вмістом T_3 і глюкозою у риб з оз. Кирилівське становить $r=0,74$ та $r=0,98$ відповідно.

У свою чергу, в плітки з оз. Кирилівське всі досліджувані показники крові були значно меншими відносно риб з оз. Бабине, а саме вміст T_3 та T_4 у 2 та 4 рази нижчий порівняно до контролю (Рис. 3 В). Відмічена і негативна кореляція між ступенем паразитного ураження та вмістом T_3 у крові ($r=-0,71$). Це може вказувати на пригнічення активності проходження метаболічних процесів через надмірний вплив всіх чинників на організм.

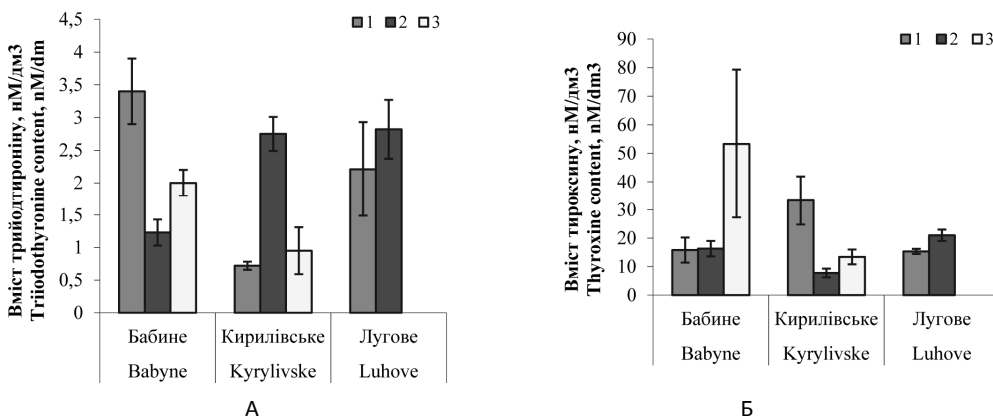


Рис. 3. Вміст трийодтироніну (А), тироксину (Б) у плазмі крові у 1–карася; 2–краснопірки та 3–плітки. з оз. Бабине, Кирилівське та Лугове ($M \pm m$, $n = 5-8$)

Fig. 3. The content of triiodothyronine (A), thyroxine (B) in blood plasma in crucian carp (1), rudd (2) and roach (3) from the lakes: Babyne, Kyrylivske and Luhove ($M \pm m$, $n = 5-8$)



У краснопірки з обох забруднених водойм спостерігався більший у 2,2 рази вміст T_3 у крові, а у риб з оз. Кирилівське був більшим і вміст T_4 у 2,1 рази. Проте, у риб а з оз. Лугове він був меншим на 22,4%, порівняно до контролю. Це свідчити про корегування проходження обмінних процесів в залежності від конкретних екологічних умов.

Помічена пряма залежність між вмістом глюкози та тиреоїдних гормонів у краснопірки з оз. Кирилівське ($r = 0,94$, $r = 0,73$). Ця залежність вказує на те, що вищий вміст глюкози у плазмі крові риб з забруднених озер пов'язаний з гуморальною регуляцією обмінних процесів за дії токсичних чинників, адже кореляції між ступенем паразитарної інвазії та вмістом T_3 та T_4 були зворотні ($r = -0,75$, $r = -0,96$ відповідно).

Таким чином, при застосуванні різнорівневих біомаркерів (морфо-фізіологічні, біохімічні та паразитологічні) отримано реакції риб різних видів, які дозволяють встановити відмінності між модельними водними об'єктами в умовах урбанізації та комплексного антропогенного впливу. Виявлено міжвидові відмінності у способах енергетичного забезпечення обмінних процесів у карася, краснопірки та плітки за дії паразитарних та антропогенних чинників.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

1. За результатами проведених досліджень встановлено, що посилене антропогенне навантаження на водойму істотно знижує біорізноманіття паразитофауни риб. Найменше паразитарне ураження риб спостерігалось у більш забрудненій водоймі. Це свідчить про наявність негативного впливу токсикантів не тільки для риб, а й їх паразитів. У риб з умовно чистого озера поміж інших паразитів відмічені *Piscicola geometra*, *Argulus foliaceus*, а в помірне забрудненій водоймі – цестоди *Caryophyllaeus laticeps* та метацеркарії *Tylodelphys clavata*.

2. За токсичним навантаженням у краснопірки істотно підвищується вміст T_3 та T_4 у плазмі крові відповідно у 2,2 та 2,1 рази порівняно до контролю. При цьому паразитарне ураження риб дещо знижує вміст тиреоїдних гормонів у крові, коефіцієнт кореляції між цими показниками становить $r = -0,75$, $r = -0,96$ відповідно. Це свідчить про модифікуючий вплив паразитарної інвазії на гуморальну регуляцію обмінних процесів у риб за токсичним навантаженням.

3. У плітки напроти за підвищеним антропогенним впливом зменшується вміст тиреоїдних гормонів у плазмі крові. Це неминуче призводить до пригнічення енергетичного обміну у риб. Паразитарне ураження ще більше знижує вміст цих гормонів ($r = -0,71$).

4. Карась сріблястий за посиленим антропогенним тиском реагує подібним до плітки чином за вмістом гормонів у плазмі крові. Проте, у відповідь на більшу паразитарну інвазію збільшується вміст T_3 у крові, що призводить до посилення енергетичного обміну у риб за цих умов ($r = 0,9$).

5. Таким чином, морфо-фізіологічні, біохімічні та паразитологічні показники корошових риб дозволяють оцінити екологічний стан водойм, що знаходяться в межах мегаполісу. При чому норма реакції риб на токсичне навантаження та/або паразитологічне ураження носить видоспецифічний характер.



ЛІТЕРАТУРА

1. Вміст іонів важких металів у органах та тканинах молюсків деяких водойм міської зони Києва / Ситник Ю. М. та ін. // Наукові записки Тернопільського Національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. 2012. № 2 (51). С. 230—236. (Серія : Біологія).
2. Клименко В. Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів // Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. С. 74—75.
3. Биоиндикация экологического состояния водоемов в черте г. Киева / Романенко В. Д. и др. // Гидробиологический журнал. 2010. Т. 46, № 2. С. 3—24.
4. Khan R. A., Thulin J. Influence of Pollution on Parasites of Aquatic Animals // *Advances in Parasitology*. 1991. Vol. 30. P. 201—238.
5. Гідрохімічний режим озер системи Опечень (м. Київ) / Линник П. М. та ін. // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. 2016. Вип. 269. С. 59—69.
6. Микряков Д. В., Силкина Н. И., Микряков В. Р. Влияние гормона стресса кортизона на окислительные процессы в иммунокомпетентных органах карпа *Cyprinus carpio* L. // *Биология внутренних вод*. 2007. № 3. С. 84—86.
7. Peter M. C. The role of the thyroid hormones in stress response of fish // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2011. Vol. 172, № 2. P. 198—210.
8. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
9. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2: Паразитические многоклеточные (Первая часть). Москва : Наука ; Зоол. ин-т АН СССР, 1985. 425 с. (Определители по фауне СССР ; № 143).
10. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3: Паразитические многоклеточные (Вторая часть). Москва : Наука ; Зоол. ин-т АН СССР, 1987. 583 с. (Определители по фауне СССР ; № 149).
11. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Санкт-Петербург : ГосНИОРХ, 1984. 52 с.
12. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Ленинград : Гидрометеоздат, 1977. 513 с.
13. Щербак В. И., Семенюк Н. Е. Разнообразие фитопланктона некоторых водоемов г. Киева // *Альгология*. 2006. Т. 16, № 4. С. 467-478.
14. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / Романенко О. В. та ін. Київ : Наукова думка, 2015. 189 с.
15. Батог С. В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук. Київ, 2018. 20 с.
16. Якість води у міських водоймах та характер освоєння водоохоронних зон (на прикладі озер системи «Опечень», м. Київ) / Панасюк І. В. та ін. // *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. Вип. 4 (20). С. 63—69.
17. Жежеря В. А., Линник П. М., Зубенко І. Б. Уміст та форми знаходження металів у озерах системи Опечень (м. Київ) // *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 70—86.
18. Романенко В. Д. Основи гідроекології. Київ : Обереги, 2001. 728 с.



19. Mundoli S., Manjunath B., Nagendra H. Effects of urbanisation on the use of lakes as commons in the peri-urban interface of Bengaluru, India // *International Journal of Urban Sustainable Development*. 2014. Vol. 7 (1). P. 89—108.
20. Koyun, M., Tepe, Y., Mart, A. First Record of *Piscicola geometra* (Annelida, Hirudinea) on some Species of *Cyprinidae* from Euphrates-Tigris Basin in Turkey // *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 2015. Vol. 10. P. 575—580.
21. Barber I., Wright H. A. Effects of parasites on fish behaviour: interactions with host physiology // *Fish physiology* / eds. Katherine R. W. W., Sloman A., Sigal B. San Diego : Academic Press, 2005. P. 109—149.
22. Barber I. Hoare D., Krause J. Effects of parasites on fish behaviour: an evolutionary perspective and review // *Rev Fish Biol Fish*. 2000. P. 131—165.
23. Different seasonal infection dynamics of two species of eye-flukes (*Diplostomum spathaceum* and *Tylodelphys clavata*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / Buchmann K. et al. // *Bull Eur Assoc Fish Pathol*. 1997. Vol. 17. P. 165—170.
24. Динаміка змін фізичних параметрів кровотворних органів коропа впродовж вегетаційного періоду / Клименко О. М. та ін. // *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2013. Вип. 10. С. 44—46.
25. Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю. Селезенка — морфофизиологический индикатор качества состояния популяции рыб // *Экологическая физиология водных организмов*. 1992. С. 11—17.
26. Руднева И. И., Кузьмина Н. С. Изменение биомаркеров гонад некоторых видов черноморских рыб, обитающих в условиях хронического загрязнения // *Экологические системы и приборы*. 2011. № 2. С. 8—12.
27. Kennish M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries // *Environmental Conservation*. [S. l.], 2002. 107 p.
28. Особливості пристосування риб до зміни температури і мінералізації води за показниками вмісту трийодтироніну, кортизолу і глюкози у плазмі крові / Потрохов О. С. та ін. // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка*. 2017. № 1. С. 89—95. (Серія : Біологія).
29. A journey through the gonadotropin'inhibitory hormone dydtem of fish / Munoz'Cuerto Jose A. et al. // *Frontiers in endocrinology*. 2017. Vol. 8. P. 285.
30. Geven E. J., Klaren P. H. M. The teleost head kidney: Integrating thyroid and immune signalling // *Developmental and Comparative Immunology*. 2017. Vol. 66. P. 73—83.

REFERENCES

1. Sytnyk, Yu. M., Arsan O. M., Kyrychuk H. Ye., & Liashenko A. V. (2012). Vmist ioniv vazhkykh metaliv u orhanakh ta tkanynakh moliuskiv deiakykh vodoim miskoi zony Kyieva. *Naukovi zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia*, 2(51), 230-236.
2. Klymenko, V. H. (2010). *Hidrolohiia Ukrainy*. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina.
3. Romanenko, V. D., Ljashhenko, A. V., Afanas'ev, S. A., & Zorina-Saharova, E. E. (2010). Bioindikacija jekologicheskogo sostojanija vodoemov v cherte g. Kieva. *Gidrobiologicheskij zhurnal*, 46(2), 3-24.
4. Khan, R. A., & Thulin, J. (1991). Influence of Pollution on Parasites of Aquatic Animals. *Advances in Parasitology*, 30, 201-238.



5. Lynnyk, P. M., Zhezheria, V. A., Zhezheria, T. P., Ivanechko, Ya. S., & Ihnatenko, I. I. (2016). Hidrokhimichniy rezhym ozer systemy Opechen (m. Kyiv). *Naukovi pratsi Ukrainського naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 269, 59-69.
6. Mikrjakov, D. V., Silkina, N. I., & Mikrjakov, V. R. (2007). Vliyanie gormona stressa kortizona na oksislitel'nye processy v immunokompetentnyh organah karpa *Cyprinus carpio* L. *Biologija vnutrennih vod*, 3, 84-86.
7. Peter, M. C. (2011). The role of the thyroid hormones in stress response of fish. *Gen.Comp. Endocrinol*, 172, (2), 198-210.
8. Pravdin, I. F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniju ryb*. Moskva: Pishh. prom-st'.
9. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR*. (1985). Vol. 2: Paraziticheskie mnogokletochnye (Part I). *Opredeliteli po faune SSSR*. Iss. 143. Moskva: Nauka; Zool. in-t AN SSSR.
10. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR*. (1987). Vol. 3: Paraziticheskie mnogokletochnye (Part II). *Opredeliteli po faune SSSR*. Iss. 143. Moskva: Nauka; Zool. in-t AN SSSR.
11. *Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovanijah na presnovodnyh vodoemah. Zoobentos i ego produkcija*. (1984). Leningrad: GosNIORH.
12. Kutikova, L. A., & Starobogatov, Ja. I. (1977). *Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Evropejskoj chasti SSSR (plankton i bentos)*. Leningrad: Gidrometeoizdat.
13. Shherbak, V. I., & Semenjuk, N. E. (2006). Raznoobrazie fitoplanktona nekotoryh vodoemov g. Kieva. *Al'gologija*, 16(4), 467-478.
14. Romanenko, O. V. (2015). *Ekolohichni problemy kyivskykh vodoim i prylehlykh terytorii*. Kyiv: Naukova dumka.
15. Batoh, S. V. (2018). *Ekoloho-hidrolohichna kharakterystyka vodoim m Kyieva. Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv.
16. Panasiuk, I. V., Tomiltseva, A. I., Zub, L. M., & Pohorielova, Yu.V. (2015). Yakist vody u miskykh vodoimakh ta kharakter osvoiennia vodookhoronnykh zon (na prykladi ozer systemy «Opechen», m. Kyiv). *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 4(20), 63-69.
17. Zhezheria, V. A., Lynnyk, P. M., & Zubenko, I. B. (2001). *Umist ta formy znakhodzhenia metaliv u ozerakh systemy Opechen (m. Kyiv)*. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 269, 70-86.
18. Romanenko, V. D. (2001). *Osnovy hidroekolohii*. Kyiv: Oberehy.
19. Mundoli, S., Manjunath, B., & Nagendra, H. (2014). Effects of urbanisation on the use of lakes as commons in the peri-urban interface of Bengaluru, India. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 7, (1), 89-108.
20. Koyun, M., Tepe, Y., & Mart, A. (2015). First Record of *Piscicola geometra* (Annelida, Hirudinea) on some Species of *Cyprinidae* from Euphrates-Tigris Basin in Turkey. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 10, 575-580.
21. Barber, I., & Wright H. A. (2005). Effects of parasites on fish behaviour: interactions with host physiology. *Fish physiology*. Katherine, R. W. W., Sloman, A., Sigal, B. (eds). San Diego: Academic Press, 109-149.
22. Barber, I., Hoare, D., Krause, J. (2000). Effects of parasites on fish behaviour: an evolutionary perspective and review. *Rev Fish Biol Fish*, 10, 131-165.
23. Buchmann, K., Moller, S. H., Uldal, A., & Bresciani J. (1997). Different seasonal infection dynamics of two species of eye-flukes (*Diplostomum spathaceum* and



- Tylodelphys clavata*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bull Eur Assoc Fish Pathol*, 17, 165-170.
24. Klymenko, O. M., Kunovskyi, Yu. V., Prysiazhniuk, N. M., Mykhalskyi, O. R., Heiko L. M. (2013). Dynamika zmin fizychnykh parametriv krovotvornykh orhaniv koropa vprodovzh vehetatsiinoho periodu. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynnytstva*, 10, 44-46.
 25. Ryzhkov, L. P., & Kuchko, T. Ju. (1992). Selezhenka – morfofiziologicheskij indikator kachestva sostojaniya populjacji ryb. *Jekologicheskaja fiziologija vodnyh organizmov*, 11-17.
 26. Rudneva, I. I., & Kuz'minova, N. S. (2011). Izmenenie biomarkerov gonad nekotoryh vidov chernomorskih ryb, obitajushhijh v uslovijah hronicheskogo zagriznenija. *Jekologicheskie sistemy i pribory*, 2, 8-12.
 27. Kennish, M. J. (2002). Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 107.
 28. Potrokhov, O. S. (2017). Osoblyvosti prystosuvannja ryb do zminy temperatury i mineralizatsii vody za pokaznykamy vmistu tryiodtyroninu, kortyzolu i hliukozy u plazmi krovi. *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu im. V. Hnatiuka. Serija : Biolohiia*, 1, 89-95.
 29. Munoz'Cuerto, Jose A., Paullada'Salmaron, Jos A, Aliaga'Guerrero, Maria, Cowan, Mairi E., Parhar, Ishwar S., & Ubuka, Takayoshi (2017). A journey through the gonadotropin'inhibitory hormone dydtem of fish. *Frontiers in endocrinology*, 8, 285.
 30. Geven, E. J., & Klaren, P. H. M. (2017). The teleost head kidney: Integrating thyroid and immune signalling. *Developmental and Comparative Immunology*, 66, 73-83.

