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.abc.com.ua, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

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

Методика. У роботі наведені результати визначення гідрохімічного складу води озер м. Києва, структури їхньої 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 загальновизнаних методів. Встановлення таксономічної належності паразитів здійснювались за відповідними визначниками.

Результати. У роботі наведено декілька важливих гідрохімічних характеристик дослідних озер, розвиток кормової бази риб — організмів зообентосу, фізіолого-біохімічних показників окремих представників корокових видів риб у озерах м. Києва, які зумовлені різним ступенем антропогенного навантаження. Насамперед, було досліджено індекси внутрішніх органів та низку біохімічних показників плазми крові риб.

Паразитоценози виявилися специфічними для кожного озера. Найменша їх чисельність була в оз. Лугове, яке характеризується суттєвим антропогенним навантаженням. В оз. Бабиному, яке взято за умовний контроль, були наявні паразити риб, що не зустрічалися в інших озерах. У краснопірки з оз. Кирилівське, інвазованої 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 4,0 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 відмічався 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 різним чином 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 корокових риб, їхніх 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 ANTROPOGENIC 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 Kyrlyvske invaded with parasites had a 13% higher spleen index ($r = 0.98$). Also, the infected fish from the Kyrlyvske 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 Kyrlyvske is 16% more ($r = -0.83$) compared to this species from the lake Babyne. The roach from the lake Kyrlyvske 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 Kyrlyvske 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, г. Киев

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

А. С. Потрохов, alport@bigmir.net, Институт гидробиологии НАН Украины, г. 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 исследования гидрохимического состава воды из озер г. Киева, структуры их кормовой базы (зообентоса). В качестве маркерных морфо-физиологических признаков карася серебристого, красноперки обыкновенной и плотвы обыкновенной использовали индекс печени и селезенки. В плазме крови рыб было исследовано содержание глюкозы, кортизола и тиреоидных гормонов. Сбор и обработка ихтиологического материала выполнены в соответствии с общепринятыми методиками. Установление таксономической принадлежности паразитов осуществлялось 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 г. Киева, которые подвергаются разной степени антропогенной нагрузки. Прежде всего, были исследованы 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. Бабье, принятом за условный контроль, были найдены паразиты рыб, которые не встречались в других озерах. У красноперки из оз. Кирилловское, инвазированной паразитами, наблюдался более высокий индекс селезенки — на 13% ($r = 0,98$). Также у зараженных рыб из оз. Кирилловское и Луговое наблюдалось более 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 оказался больше на 16% ($r = -0,83$) относительно плотвы из оз. Бабье. Также у плотвы из оз. Кирилловское наблюдалось меньшее содержание кортизола в крови в 4,7 ($r = -0,83$) и Т3 в 4,0 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 отмечалось 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 комплексное 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 воздействии неблагоприятных условий урбанизации. Исследованные биохимические показатели рыб можно использовать для оценки качества воды водоемов.

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 прямого або опосередкованого впливу людської діяльності, які викликають гідрохімічні зміни, а разом з ними і зміни у біоценозах [2]. Сукупність екосистемних змін, викликаних антропогенним впливом, може призвести до деградації популяцій окремих видів гідробіонтів, в тому числі — зменшення чисельності видів риби у водоймах [3].

Токсиканти, які потрапляють у водойми, призводять до виникнення явищ гострого чи хронічного стресу у гідробіонтів, зокрема риби. 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 (риби), 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 риби, адже комплексний вплив паразитів і 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 тощо). Прикладом таких водних об'єктів є озера системи «Опечень» (Оболонський район, м. Києва), які характеризуються істотними екологічними та гідрохімічними порушеннями [5]. Дослідження домінуючих представників іхтіофауни та їхніх фізіолого-біохімічних показників, порівняння видового складу екто- та ендопаразитів риби 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 р. 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 твердості, хімічного споживання кисню (дихроматного) та окисно-відновного потенціалу проводилось загальноприйнятими методами [8]. Впродовж дослідного періоду температуру води вимірювали 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 на карась сріблястому (*Carassius auratus* Bloch, 1782), краснопірці звичайній (*Scarbinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758) та плітці звичайній (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758). Риби характеризувались наступними масо-розмірними показниками: карась — середня довжина 21,9 см, середня маса 196,5 г, середній вік — 4 роки; краснопірка — відповідно 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-2100C.

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

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Умовно контрольне оз. Бабіне 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. Бабіне не зазнавало суттєвого спрямованого впливу антропогенних чинників. Вода з цього озера відповідає класу II категорії 3 (добра, досить чиста) [14, 15].

На період досліджень оз. Бабіне 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; твердість карбонатна — 2,2 моль/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. Бабіне було відмічено концентрацією нафтопродуктів — 52,4–109,2 мкг/дм³, загальних фенолів 167,0–172,0 мкг/дм³ у літній період, хрому (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 рр. 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 м і більше [17]. Внаслідок 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 відзначається 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 підземними, поверхневими та скидними водами 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; твердість 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 озері 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 раза [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 забруднювальних речовин із території басейну водозбору становить: нафтопродуктів — 50,6 т/рік [17; 18], завислих 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; твердість карбонатна — 2,7 моль/дм³; хімічне споживання кисню (дихроматне) — 7,42 мг O /дм³; окисно-відновний потенціал — +186,9 мВ.

Істотні відмінності гідрологічних та гіdroхімічних режимів водойм можуть справляти прямий вплив на їхню 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 черевоногих молюсків (клас *Gastropoda*) складала 32 ос./м², а біомаса — 13,44 г/м², двостулкових молюсків (клас *Bivalvia*) — 8 ос./м², а біомаса — 96 г/м²; личинок комарів-дзвінців (родина *Chironomidae*) — 153 мг/м². Зустрічалися личинки комах: ряд бабки (*Odonata*) (підряди: рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) та різнокрилі бабки (*Anisoptera*)); одноденки (ряд *Ephemeroptera*); веснянки (ряд *Plecoptera*) — 1999 мг/м³, малощетинкові черви (клас *Oligochaeta*) 13,3 мг/м², а також 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 за численністю та за масою — 1,61 г/м². Їхнє домінування узгоджується 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, з масою 1,09 г/м². Щільність черевоногих молюсків (клас *Gastropoda*) становила 13 ос./м², а їхня маса — 64 мг/м². Крім того, зустрічалися личинки комарів-дзвінців (родина *Chironomidae*) — 42 ос./м², масою 3,1 г/м²; личинки комах ряду бабки (*Odonata*) підряду рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) — 1,8 г/м², інші організми — 0,1 мг/м².

Загальна маса бентосних організмів у оз. Лугове склала $1,53 \text{ г/м}^2$, без врахування черевоногих молюсків (клас *Gastropoda*), щільність яких становила 4 ос./м^2 , а біомаса — 30 г/м^2 , та двостулкових молюсків (клас *Bivalvia*) щільність — 2 ос./м^2 , а біомаса — $0,04 \text{ г/м}^2$. Серед інших представників зустрічались поодинокі личинки комах ряд Бабки (*Odonata*) підряду рівнокрилі бабки (*Zygoptera*) та веснянки — $1,5 \text{ г/м}^2$, та личинки комарів-дзвінців (*Chironomidae*) — 30 мг/м^2 .

Отже, у помірно забрудненому оз. Кирилівське була найбільша біомаса кормових організмів з поміж інших дослідних озер, а домінуючим видом у цій водоймі були малощетинкові черви. Проте, оз. Бабине характеризувалось найбільшим видовим різноманіттям, хоча переважали молюски. 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./ос.), та риб'ячих п'явок — *Piscicola geometra* (EI — 14%; II — 1 екз./ос.).

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

Плітка звичайна була інвазована ендopазитами роду *Diplostomum* sp. (EI — 83%; II — 14 екз./ос.). Оскільки пісцикольоз 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./ос.), ендopазити — цестодою *Caryophyllaeus laticeps* (EI — 14%; II — 1 екз./ос.).

Краснопірка звичайна була заражена лише ендopазитами — цестода *Caryophyllaeus laticeps* (EI — 20%; II — 3 екз./ос.) та метацеркарії який *Diplostomum* sp. (EI — 60%; II — 11 екз./ос.).

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

Оскільки деякі паразити розміщуються в життєво важливих органах, то вони впливають на фізіологічний стан риб. Реакція на паразитарний вплив може виявлятися у зміні 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 — моногеніями роду *Dactylogyrus* (EI — 100%, II — 70 екз./ос.) та *Gyrodactylus* (EI — 20%, II — 4 екз./ос.). Краснопірка звичайна була заражена ектопаразитами — моногенією роду *Dactylogyrus* (EI — 33%; II — 96 екз./ос.) та ендопаразитами — *Diplostomum* sp. (EI — 67%; II — 3 екз./ос.). Варто звернути увагу, що в цьому озері не було виявлено ектопаразитів *Trichodina* sp.

Паразитофауна досліджуваних видів риб наведена у таблиці 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 / Babynе	оз. Кирилівське / Kyrylivske	оз. Лугове / Luhove
Ектопаразити / Ectoparasites:			
<i>Dactylogyrus</i> sp.:	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</i> sp.	1, 2	1	–
<i>Gyrodactylus</i> sp.	–	–	1
<i>Piscicola geometra</i>	1, 2	–	–
<i>Argulus foliaceus</i>	2	–	–
Ендопаразити / Endoparasites:			
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	–	1, 2	–
<i>Diplostomum</i> sp.	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 водойм чинять істотний вплив на фізіологічний стан риб, існує необхідність дослідження морфологічних характеристик та фізіолого-біохімічних показників у риб, зокрема маси внутрішніх органів та їхніх 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 [25–27].

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, порівняно з карасем з оз. Бабине (Рис. 2 А). Через необхідність більш інтенсивного постачання кисню та поживних речовин в органи та тканини риб, можна припустити знижене депонування крові у цьому органі, що, можливо, призводить до зменшення індексу селезінки. Високі значення індексів органів у карася з оз. Бабине, 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% вищі у порівнянні з рибами з оз. Бабине, а з оз. Лугового — навпаки, індекс селезінки був у 2 рази нижчим у порівнянні з умовним контролем (рис. 1 Б). Відмічена пряма залежність між індексом селезінки та наявністю паразитів у риб з оз. Кирилівське ($r = 0,98$).

Плітка з оз. Кирилівське також мала вищі індекси печінки (на 16,5%) та селезінки (16%), порівняно з рибами з оз. Бабине. Збільшення розмірів печінки може бути зумовлене 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 бере 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 вищим у 3,6 раза, у краснопірки на — 22,4% порівняно з умовним контролем. Проте, у плітки він був у 3 рази нижче, ніж у контролі. Карась з оз. Лугове також характеризувався

більшим вмістом глюкози у 2,7 раза, а у краснопірки її вміст не мав вірогідних відмінностей, у порівнянні з краснопіркою з оз. Бабіне (рис. 2 А).

Краснопірка з оз. Кирилівське відзначилась на 30,2% вищим вмістом кортизолу в плазмі крові, на відміну від плітки, у якої він був у 4,7 раза 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 раза, а краснопірка — збільшенням у 4,2 раза порівняно з рибами 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 високий вміст кортизолу у крові супроводжується змінами індексів селезінки та печінки [26]. Кортизол, 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, можливо, пригнічення імунної системи внаслідок тривалої дії стресових факторів.

Зменшення вмісту кортизолу в плазмі крові карася з оз. Лугове у 1,7 раза та плітки з оз. Кирилівське у 4,7 раза 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. Бабіне, Кирилівське та Лугове ($M \pm m$, $n = 5-8$)

Fig. 2. Content of glucose (A) and cortisol (Б) 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 окиснювальних процесів, регулюють ліпідний обмін, беруть 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 раза 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 численної паразитарної інвазії. Також карась з оз. Кирилівське мав у 2 рази вищий вміст T_4 , що вказує на стресовий стан у риб. Оскільки T_3 у 10 разів активніший, ніж T_4 , природним 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, ніж у риб з оз. Бабине, а саме — вміст T_3 та T_4 у 2 та 4 рази нижчий порівняно з контролем (рис. 3 Б). 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 раза вміст T_3 у крові, а у риб з оз. Кирилівське був вищим і вміст T_4 — у 2,1 раза.

Проте, у риб з оз. Лугове він був меншим на 22,4%, порівняно з контролем. Це може свідчити про коригування проходження обмінних процесів в залежності від конкретних екологічних умов.

Помічена пряма залежність між вмістом глюкози та тиреоїдних гормонів у краснопірки з оз. Кирилівське ($r = 0,94$, $r = 0,73$). Вона 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

Встановлено, що антропогенне навантаження знижує біорізноманіття паразитофауни риб. Найменше паразитарне ураження риб спостерігалось у більш забрудненій водоймі. Це свідчить про наявність негативного впливу токсикантів на риб та й їх паразитів.

При токсичному навантаженні у краснопірки істотно підвищується вміст T_3 та T_4 у плазмі крові порівняно до контролю. Проте, 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 токсичного навантаження.

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

Карась сріблястий за посиленням 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 в риб за цих умов ($r = 0,9$).

Таким чином норма реакції риб на токсичне навантаження та/або паразитологічне ураження носить видоспецифічний характер.

Перспективою подальших досліджень є розширення оцінки екологічного стану водойм та можливості адаптації корошових риб, що знаходяться в межах мегаполісу до умов навколишнього середовища під дією різних рівнів антропогенного навантаження.

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 : Гидрометеиздат, 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. Kiev. *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 Ukrainskoho naukovo-doslidnoho hidrometeorologichnoho instytutu*, 269, 59-69.
6. Mikrjakov, D. V., Silkina, N. I., & Mikrjakov, V. R. (2007). Vlijanie gormona stressa kortizona na okislitel'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). *Ekologichni 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). *Ekologichna 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 hidroekologii*. 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 *Tyloodelphys 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). Selezenka – 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, obitajushhih v uslovijah hronicheskogo zagrjaznenija. *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 prystosuvannia 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. Seriya: 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 system 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.