

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

МЕДОВНИК
Дмитро В'ячеславович



УДК [597:556.53:911.375] (477) (043.3)

**ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИБНОГО
НАСЕЛЕННЯ МАЛИХ РІЧОК УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

03.00.10 – іхтіологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті гідробіології НАН України, м. Київ

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор,
академік НАН України,
Романенко Віктор Дмитрович,
Інститут гідробіології НАН України,
радник при дирекції, головний науковий співробітник
відділу екологічної фізіології гідробіонтів та
біотехнології

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України,
Євтушенко Микола Юрійович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
професор кафедри іхтіології та гідробіології

кандидат біологічних наук
Гурбик Олександр Богданович,
Інститут рибного господарства НААН України,
науковий співробітник відділу вивчення біоресурсів
водосховищ

Захист дисертації відбудеться 9 квітня 2020 р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.213.01 в Інституті гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту гідробіології НАН України (04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12).

Автореферат розісланий 6 березня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.б.н.



Н. І. Кірпенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Під час глобального зарегулювання великих рік малі річки слугують основними резерватами для реофільної іхтіофауни (Иванчева, 2008; Клевакин и др., 2002), екологічні особливості представників якої не дозволяють їм повною мірою адаптуватись до існування у водосховищах (Halls, Welcomme, 2005; Shea, Peterson, 2007). Проте, виступаючи рефугіумами для популяцій рідкісних видів риби, малі річки відіграють і роль екологічних коридорів для небажаних інтродуцентів (Соколов и др., 2001).

При цьому, іхтіофауна малих річок відома найбільшою чутливістю до дії різноманітних природних і антропогенних чинників (Вечканов и др., 2001; Иванчева, 2008). Так, формування структури рибного населення малих річок урбанізованих територій залежить від ступеню антропогенного навантаження, зокрема від характеру трансформації цих водотоків. Каналізування русла, спорудження водозливів та побічних водних об'єктів порушують їх гідрологічний режим, спричиняючи зникнення зі складу іхтіоценозів одних видів риби та зростання чисельності інших (Вечканов и др., 2001; Иванчева, 2008).

Прикладом таких річок можуть слугувати водотоки, які протікають територією м. Києва та зазнали різного ступеню антропогенної трансформації внаслідок гідротехнічного будівництва. Разом з тим, попри істотне антропогенне навантаження, у вказаних малих річках відмічена присутність рибного населення (Romanenko, Medovnik, 2017).

При цьому видове різноманіття іхтіофауни вказаних водотоків, її якісний і кількісний склад та представленість у ній видів, що належать до різних екологічних груп, до останнього часу були висвітлені лише фрагментарно і стосувались переважно результатів епізодичних досліджень на окремих руслових ставках (Кундиев та ін., 2005; Ситник та ін., 2005).

Враховуючи вищенаведене, збереження видового багатства аборигенної іхтіофауни потребує дослідження впливу антропогенного навантаження на рибне населення малих річок, зокрема вивчення закономірностей формування структури іхтіоценозів, еколого-фізіологічних особливостей та адаптивної здатності риби на ділянках з різним ступенем порушення в залежності від якості оточуючого середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась протягом 2013-2018 рр. в рамках науково-дослідних тем Інституту гідробіології НАН України: «Особливості еколого-фізіологічної адаптації інвазійних та зникаючих аборигенних видів риби та безхребетних до дії природних і антропогенних чинників» (державний реєстраційний № 0108U000504); «Фізіолого-біохімічні та цитогенетичні механізми пристосування риби та безхребетних до несприятливих змін екологічних чинників» (державний реєстраційний № 0113U001581).

Мета і завдання. Мета роботи – на підставі вивчення морфологічних, фізіолого-біохімічних і популяційних особливостей аборигенних та інвазивних видів риби встановити закономірності формування структури рибного населення

малих річок урбанізованих територій залежно від типу трансформації русла та ступеню антропогенного навантаження.

Завданнями роботи було:

- охарактеризувати ділянки досліджуваних водотоків за значущими для рибного населення типами трансформації русла та оцінити ступінь антропогенного навантаження;
- дослідити видове різноманіття, якісний і кількісний склад рибного населення за різних умов існування;
- проаналізувати представленість екологічних груп риб залежно від характеру трансформації русла та ступеню антропогенного навантаження;
- встановити найбільш важливі структурно-функціональні характеристики популяцій тих видів риб, що адаптувались до постійного існування в малих річках урбанізованих територій;
- з'ясувати фізіолого-біохімічні характеристики представників аборигенних і інвазивних видів риб, їх адаптивний потенціал, з врахуванням гідрохімічних та еколого-токсикологічних характеристик водотоків.

Об'єкт дослідження: рибне населення малих річок урбанізованих територій з різним типом трансформації русла та ступенем антропогенного навантаження.

Предмет дослідження: видове різноманіття, якісний і кількісний склад рибного населення, представленість екологічних груп та особливості адаптації до умов оточуючого середовища на морфологічному, фізіолого-біохімічному і популяційному рівнях.

Методи дослідження: в роботі використані іхтіологічні, морфометричні, фізіолого-біохімічні, гідрохімічні, токсикологічні та статистичні методи досліджень. Способи відбору та обробка іхтіологічного матеріалу не суперечили законодавству України та нормам біологічної етики.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше було досліджено видове різноманіття, якісний і кількісний склад рибного населення малих річок, що протікають територією м. Києва (річки Либідь, Нивка, Сирець і Горенка) та представленість у ньому екологічних груп, з'ясовано фізіолого-біохімічні характеристики його представників та структуру їх популяцій за різного ступеню антропогенного навантаження.

З'ясовано залежність видової та екологічної структури рибного населення малих річок від ступеню ізоляції ділянок русла від приймаючої водойми. Встановлено наявність сезонних міграцій у більшості аборигенних видів риб в зазначених водних об'єктах. Отримано нові данні щодо розповсюдження інвазивних видів риб малими водотоками. Виявлено популяції окремих видів риб, що адаптувались до значного антропогенного навантаження. Вперше показано, що аборигенний вид пічкур звичайний (*Gobio gobio* (L.), 1758) має значні адаптивні можливості до існування в малих річках за різних типів трансформації русла і рівнів антропогенного навантаження. Описано особливості змін вмісту енергоємних сполук у аборигенного виду пічкура звичайного та інвазивного – карася китайського (*Carassius auratus* (L.), 1758) за розвитку адаптивних реакцій до умов значно змінених водних об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати щодо закономірностей формування структури рибного населення в малих річках урбанізованих територій можуть бути використані для розробки і вдосконалення природоохоронних заходів, спрямованих на збереження і відновлення стану значно порушених водних об'єктів. Отримані знання знайдуть місце в освітній галузі, зокрема в рамках підготовки фахівців, що вивчатимуть урбанізовані екосистеми. Наукові результати, викладені в дисертаційній роботі, були використані при розробці проекту реконструкції гідротехнічних споруд з відновленням екологічного та санітарно-гігієнічного стану р. Либідь в м. Києві (№ держреєстрації 01180007100).

Особистий внесок здобувача. Дисертантом самостійно зібрано і проаналізовано фахові наукові літературні джерела з питань обраної проблеми, проведено безпосередній збір і опрацювання дослідного матеріалу. Також автору належить основна роль в аналізі й узагальненні результатів досліджень та формулюванні основних положень дисертаційної роботи. Формулювання мети, завдань і висновків роботи, підготовку друкованих праць, формування структури викладення матеріалу й аналіз окремих положень виконано сумісно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження. Основні положення, викладені в дисертаційній роботі, були представлені на наукових конференціях: Науково-практичній конференції, присвяченій 75-річному ювілею Інституту гідробіології НАН України «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (м. Київ, 2015 р.); III науково-практичній конференції для молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (м. Київ, 2016 р.); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Біологічні дослідження – 2017» (м. Житомир, 2017 р.); IV науково-практичній конференції для молодих вчених, присвяченій 100-річчю Національної академії наук України «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (м. Київ, 2017 р.); V науково-практичній конференції молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (м. Київ, 2018 р.); VII Всеукраїнській науковій конференції «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», присвяченій 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України (м. Київ, 2018 р.); VIII з'їзді Гідроекологічного товариства України, присвяченому 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції (м. Київ, 2019 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, серед яких 6 статей у фахових виданнях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, огляду фахової літератури, матеріалів і методів досліджень, чотирьох розділів власних досліджень, висновків та списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 179 сторінок машинопису. Текст роботи ілюстровано 12 рисунками та 22 таблицями. Список використаних літературних джерел налічує 221 найменування, з яких 41 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СТАН РИБНОГО НАСЕЛЕННЯ МАЛИХ РІЧОК УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

У розділі проведено аналіз світових та вітчизняних літературних даних стосовно структури та фізіологічного статусу рибного населення малих річок в залежності від ступеню антропогенного навантаження, зокрема урбанізації водозбірних територій та порушень гідрологічного режиму. Систематизовано перелік екологічних чинників, що здатні впливати на онтогенез і відтворення риб в умовах малих річок урбанізованих територій, висвітлено питання якості середовища їх існування та стан кормової бази. Відзначено відмінності між видами риб за здатністю адаптуватись до певних типів трансформації русла та антропогенного навантаження. Обґрунтовано необхідність комплексного підходу у дослідженні структурно-функціонального стану рибного населення малих річок урбанізованих територій, їх адаптивної здатності до наслідків трансформації русла через будівництво на них гідротехнічних споруд різного типу та несприятливих умов оточуючого середовища у зв'язку з надходженням до водойми забруднюючих речовин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основу роботи покладено результати натурних і експериментальних досліджень, проведених протягом 2010–2018 рр. Об'єктом досліджень слугувало рибне населення трансформованих ділянок річок Либідь, Нивка і Сирець, що протікають урбанізованими територіями м. Києва, та ділянки природного русла (умовний контроль) – р. Горенка. Видовий склад риб встановлювали за визначниками (Мовчан, 2011), а їх приналежність до екологічних груп – за (Крыжановский, 1948; Павлов, Касумян, 2002). Для характеристики видового різноманіття рибного населення використано загальноприйняті (Алексанов, 2017) показники – інформаційний індекс Шеннона, індекс домінування Макінтоша, індекс полідомінантності та коефіцієнт подібності Сьєренсена. Обробка іхтіологічного матеріалу досліджуваних видів риб включала повний морфометричний аналіз (Алексієнко, Подобайло, 1998), визначення віку за препаратами луски (Чугунова, 1959), статі, стадії зрілості статевих продуктів за шкалою Г. В. Нікольського (Правдин, 1966), індивідуальної абсолютної плодючості, загальної маси тіла і без нутрощів, маси печінки, селезінки, нирок і гонад, жирності за шкалою М. Л. Прозоровської (Поливанная, Соломонова, 1984), ступеню візуального наповнення кишково-шлункового тракту за шкалою М. В. Лебедева (Инструкция по сбору и обработке материала для исследования питания рыб в естественных условиях, 1971), видову належність організмів у харчовій грудці (Поливанная, Соломонова, 1984).

Для з'ясування еколого-фізіологічних особливостей адаптації риб до наслідків антропогенного навантаження використано іхтіологічний матеріал,

зібраний на річках Горенка і Нивка у 2014–2016 рр.: 59 особин аборигенного виду пічкара звичайного та 57 особин інвазивного виду карася китайського. Опрацювання зібраних іхтіологічних проб було виконано згідно загальноприйнятих методик (Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод, 2006; Правдин, 1966). Біохімічні дослідження тканин печінки, м'язів і зябрових пелюсток проведено на 15 особинах пічкара звичайного та 18 карася китайського з річок Либідь, Нивка, Сирець і Горенка, вік яких становив 2–3 роки. Були досліджені рівні активності ферментів, що відображають напруженість білкового катаболізму в тканинах печінки (гамма-глутамілтранспептидаза – ГГТП), інтенсивність біосинтетичних процесів (лужна фосфатаза – ЛФ) та рівня анаеробного обміну (лактатдегідрогеназа – ЛДГ), а також вміст малонового діальдегіду (МДА), що є неспецифічним маркером патологічних процесів, та рівень накопичення енергоємних сполук як показник загального фізіологічного стану риб. Вміст глікогену в тканинах було визначено антроновим методом (Практикум по биохимии, 1989), вміст загального білку – за методом Лоурі (Lowry J. O. H et al, 1951), вміст МДА – за методом Стальної (Современные методы в биохимии, 1977), вміст ліпідів, активність ЛДГ, ЛФ та ГГТП – з використанням відповідних стандартних комерційних наборів від виробника «Філісіт-Діагностика», Україна.

Для відбору іхтіологічного матеріалу було використано іхтіологічні сачки та гачкові знаряддя лову. При цьому не були застосовані знаряддя, використання яких суперечить чинному законодавству України чи потребує спеціальних дозволів. Обробку іхтіологічного матеріалу виконано з дотриманням норм біоетики.

Якість води за гідрохімічними показниками та гостру летальну токсичність води і донних відкладів на досліджених ділянках річок було визначено посезонно згідно загальноприйнятих методик (Брагинский, 2000; Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод, 2006; Романенко та ін., 1998). Ступінь порушення ділянок малих річок урбанізованих територій було визначено за рівнем трансформації гідроморфологічних і гідрологічних характеристик. Типи трансформації русла та спричинені ними порушення гідрологічного режиму класифіковано згідно Керівництва до Водної Рамкової Директиви (Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Керівництво № 4, 2003), а ступінь антропогенного навантаження – згідно методики (Романенко та ін., 2010). Статистичну обробку отриманих даних проведено в MS Excel 2007, на рисунках наведено величини середніх значень та їхні стандартні похибки.

ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ РІЧОК ЛИБІДЬ, НИВКА, СИРЕЦЬ І ГОРЕНКА НА ДІЛЯНКАХ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ПОРУШЕННЯ

Формування структури іхтіофауни малих річок урбанізованих територій залежить від ступеню антропогенної трансформації цих водотоків. Каналізування русла, спорудження водозливів та побічних водних об'єктів порушують їх гідрологічний режим, призводячи до змін у видовій і екологічній

структурі іхтіофауни. Прикладом таких річок можуть слугувати водотоки, які протікають територією м. Києва та внаслідок гідротехнічного будівництва зазнали різного ступеню трансформації русла. Разом з тим, попри істотне антропогенне навантаження, в цих річках відзначена присутність рибного населення. У зв'язку з цим збереження і відновлення екологічного стану малих річок потребує з'ясування закономірностей формування іхтіоценозів на ділянках з різним ступенем трансформації русла.

Згідно класифікації (Романенко, 2010) ступінь антропогенного навантаження на досліджені ділянки річок Либідь, Сирець, Нивка та Горенка оцінений відповідно у 8, 5/4 (верхня/нижня течія), 7 та 5 балам, при рівні їх каналізованості 95, 47, 60 та 20%. Проведена оцінка якості води на досліджених ділянках за екологічною класифікацією (Романенко та ін., 1998) показала, що за показниками вмісту неорганічних сполук азоту вона відповідала класу III–V, категорії 5–7 «помірно забруднена – дуже забруднена», проти I–III класу, 1–4 категорії «дуже чиста – слабко забруднена» в умовному контролі – р. Горенка. За показниками вмісту органічних речовин належала до класу III–V, категорії 4–7 «слабко забруднена – дуже забруднена», проти класу II, категорії 3 «досить чиста» – р. Горенка (умовний контроль). В той же час за водневим показником, вмістом розчиненого кисню та мінералізацією в усіх досліджених водотоках вода відповідала I–III класу, 1–4 категорії «відмінна – задовільна».

Рівень гострої летальної токсичності води і донних відкладів на дослідних ділянках річок Либідь, Нивка і Сирець був вищим, ніж в умовному контролі (р. Горенка), періодично досягаючи відповідно високого, середнього і помірного рівнів. Незалежно від сезону та гідрологічного режиму вода мала нижчу токсичність порівняно з донними відкладами. Це вказує на накопичення в них токсичних речовин, що за відповідних умов може призвести до вторинного забруднення води. Доцільно припустити, що внаслідок періодичного надходження з прилеглих територій зливого стоку, забрудненого токсикантами, чинить стресуючу дію на рибне населення річки, а накопичення останніх у донних відкладах зумовлює хронічний шкодочинний вплив, в першу чергу на придонних риб, що живляться зообентосом.

ВИДОВА ТА ЕКОЛОГІЧНА СТРУКТУРА РИБНОГО НАСЕЛЕННЯ МАЛИХ РІЧОК ЗА РІЗНОГО ТИПУ ТРАНСФОРМАЦІЇ РУСЛА

Необхідно відзначити, що в досліджуваних річках, які можна віднести до категорії значно змінених водних об'єктів (Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Керівництво №4, 2003), рибне населення було виявлено переважно в нижній і середній течії, співвідношення кількості видів риб між якими становило близько 3:1. У складі іхтіофауни р. Либідь виявлено 16 видів риб, р. Сирець – 11, а р. Нивка – 9, р. Горенка (умовний контроль) – 7.

При цьому розбіжності видової структури на досліджених ділянках водотоків значною мірою узгоджувалися з типом трансформації русла – переривання річки водозливами, уповільнення течії внаслідок створення побічних водних об'єктів (рис. 1).

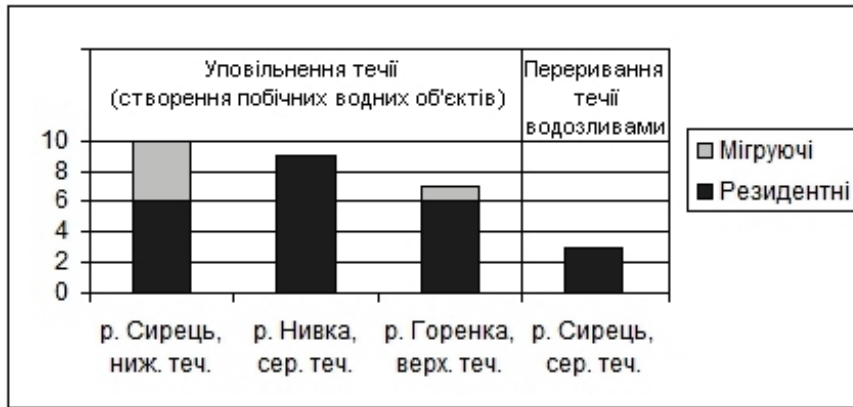


Рис. 1. Кількість видів у складі рибиного населення на ділянках річок з різним типом трансформації русла

Так, у нижній течії річок, сполучених з водосховищем та озером (річки Либідь і Сирець), відмічено відповідно 16 і 10 видів риби, 7 і 6 з яких зустрічались у водотоках незалежно від сезону року, при цьому 9 і 4 види здійснювали міграції з приймаючої водойми протягом вегетаційного періоду. В той же час на ділянках у середній течії, відокремлених від гирла річки гідротехнічними спорудами, було відмічено значно менше видове багатство риби, яке було представлено виключно резидентними видами. За наявності ставків (річки Нивка і Горенка) у складі рибиного населення зареєстровано 9 і 7 видів, а за їх відсутності (р. Сирець) – лише 3 види. Тобто, порівняно високі показники видового багатства значною мірою залежать від сполучення малих річок з іншими водними об'єктами, які є резерватами для більшості відмічених видів риби (рис. 2).

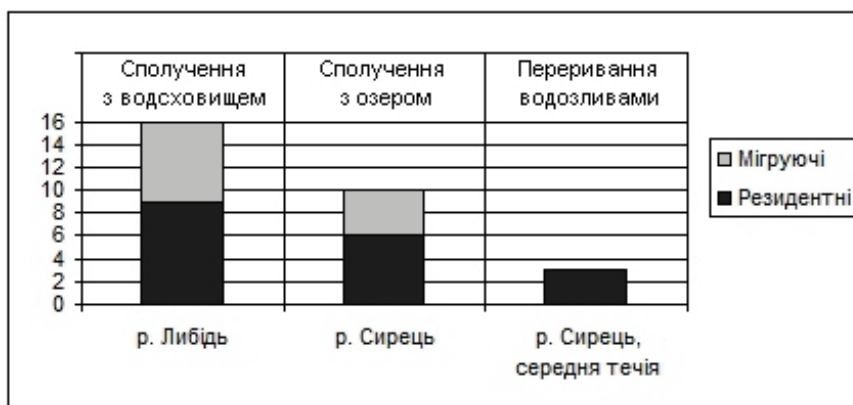


Рис. 2. Кількість видів у складі рибиного населення на ділянках малих річок сполучених з іншими водоймами

Вищенаведена тенденція підтверджується значеннями індексу Шеннона – 1,18–1,85 за умов сполучення ділянки русла з приймаючою водоймою та 0,87–1,30 на ділянках, відокремлених гідротехнічними спорудами. Подібність видового складу риби на ділянках з однаковим типом трансформації русла показано порівняно високими значеннями коефіцієнта Сьєренсена – 0,62 на ділянках, сполучених з приймаючою водоймою (річки Либідь та Сирець), та 0,60 на ділянках з русловими ставками (річки Нивка та Горенка).

З 6 родин риб, відмічених у водотоках, за кількістю видів (70%) та чисельністю (88%), переважала родина Коропові, тоді, як родини В'юнові, Колючкові, Окуневі, Головешкові й Бичкові були представлені одиничними видами. З 20 видів риб, зареєстрованих на досліджених ділянках річок, 5 було відмічено незалежно від типу трансформації русла. До них можна віднести аборигенних плітку звичайну (*Rutilus rutilus* (L.), 1758), пічкара звичайного (*Gobio gobio* (L.), 1758), окуня звичайного (*Perca fluviatilis* L., 1758) та інвазивних триголкову колючку звичайну (*Gasterosteus aculeatus* L., 1758) і карася китайського (*Carassius auratus* (L.), 1758), що відрізняються значною екологічною пластичністю. Разом з тим більшість лімnofільних видів риб набули поширення виключно на тих ділянках русла, де спостерігалось уповільнення течії внаслідок зарегулювання річки. Тобто вказані представники рибного населення не виявили здатності адаптуватись до існування в умовах руслових ділянок малих річок за збереженої в повній мірі проточності. В той же час середньоциклові реофільні аборигенні види риб були зареєстровані лише за умов збереження міграційних шляхів до приймаючої водойми. Це може бути пов'язано з їх біологічними особливостями, що не можуть забезпечити існування на відокремлених гідроспородах ділянках річок. В цілому представленість певних видів риб у малих річках обумовлювалась відповідністю їх екологічних особливостей умовам середовища та можливістю міграцій із суміжних водних об'єктів.

Структура домінуючих комплексів іхтіофауни також залежала від особливостей гідрологічного режиму. Домінування індиферентних до швидкості течії аборигенного в'язя звичайного (*Idus idus* (L.), 1758) та верховодки звичайної (*Alburnus alburnus* (L.), 1758) спостерігалось при сполученні ділянок русла з приймаючою водоймою, а за його порушення – аборигенного реофіла пічкара звичайного та представників короткоциклових інвазивних лімnofільних видів.

Варто відзначити, що набуття інвазивними видами масовості та їх входження до домінуючих комплексів спостерігалось виключно за відсутності конкуренції та хижацтва з боку аборигенних середньоциклових видів риб та розбіжності за способом живлення.

Екологічна структура рибного населення малих річок залежала від типу трансформації русла. Так, на ділянках водотоків, обмежених водозливами, переважали інвазивні, короткоциклові, лімnofільні види риб; за способом живлення найбільш чисельними були зообентофаги. Збереження сполучення з приймаючою водоймою характеризувалося наявністю аборигенних, середньоциклових, індиферентних до швидкості течії видів, а за способом – живлення чисельним переважанням зоопланктофагів (рис. 3).

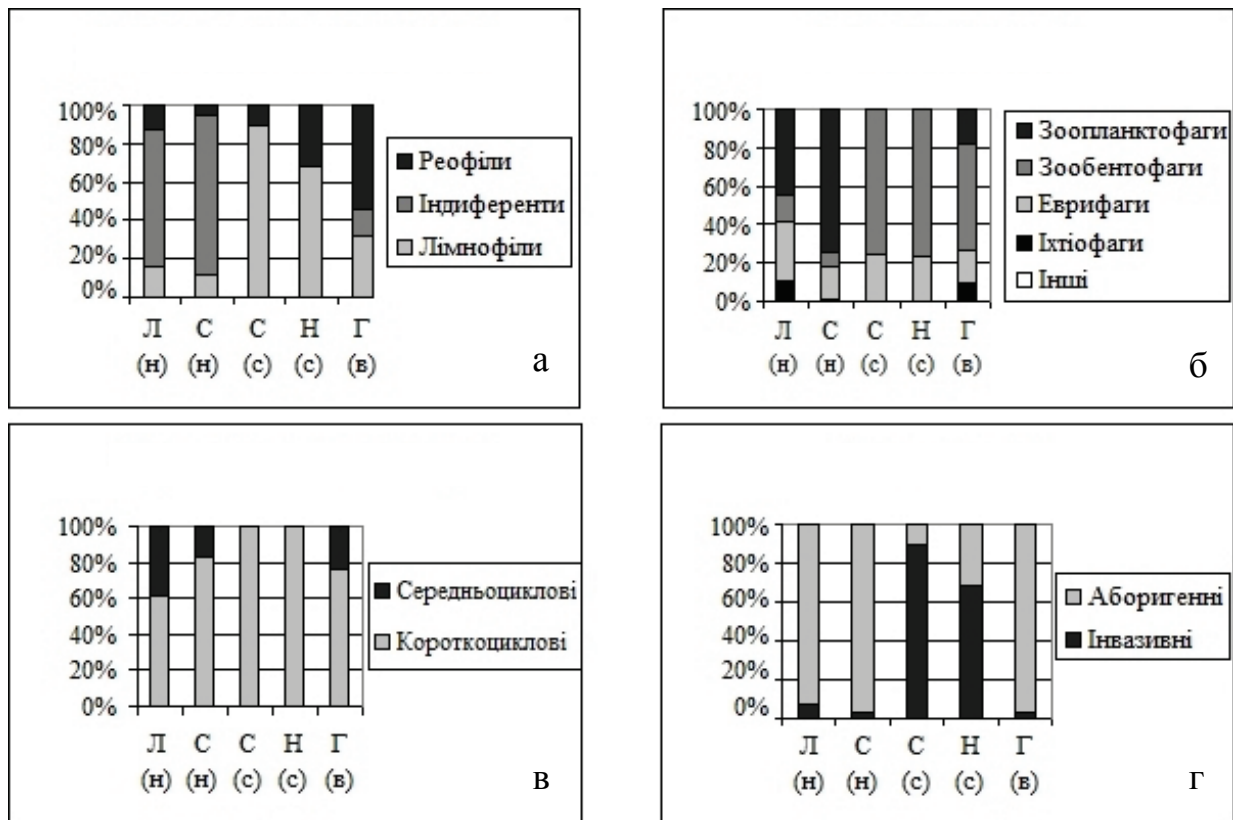


Рис. 3. Відносна чисельність видів риб за відношенням до швидкості течії (а), способом живлення (б), тривалістю життєвого циклу (в) та походженням (г) на ділянках малих річок (відносна чисельність).

Примітка: Л (н) – р. Либідь, нижня течія; С (н) – р. Сирець, нижня течія; С (с) – р. Сирець, середня течія; Н (с) – р. Нивка, середня течія; Г (в) – р. Горенка, верхня течія.

У всіх водотоках спостерігалася низька кількість і чисельність хижих видів риб, які були представлені переважно одиничними екземплярами окуня звичайного (*P. fluviatilis*) та головешки ротаня (*Perccottus glenii* D u b o w s k i, 1877). Необхідно відмітити, що з 20 відмічених видів риб лише аборигенний пічкур звичайний та інвазивний карась китайський існували на всіх трансформованих ділянках з притаманним їм ступенем антропогенного навантаження, що свідчить про їх значний адаптивний потенціал порівняно з іншими видами.

МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПІЧКУРА ЗВИЧАЙНОГО І КАРАСЯ КИТАЙСЬКОГО В ТРАНСФОРМОВАНИХ МАЛИХ РІЧКАХ

Адаптовані до різних умов існування в малих річках пічкур звичайний і карась китайський виявляли подібну стратегію росту, розвитку і відтворення. Встановлено, що популяція пічкура звичайного на ділянках річок з різним ступенем трансформації русла була представлена п'ятьма віковими групами (0+ – 4+) зі значною часткою цьоголітків (56–59%) (рис. 4), а карася китайського (рис. 5) чотирма (0+ – 3+), з часткою цьоголітків 39–45%.

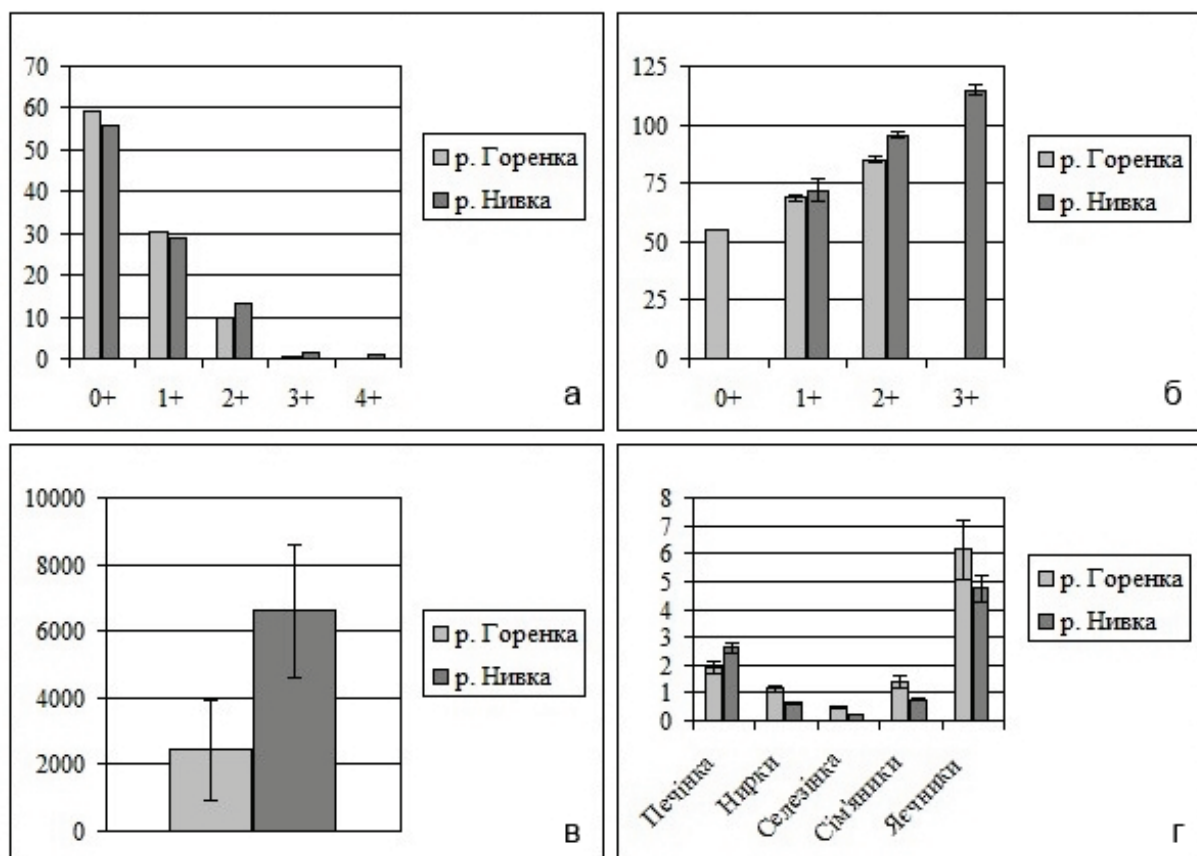


Рис. 4. Характеристика популяцій піщура звичайного за представленістю вікових груп, % (а); темпом лінійного росту за іхтіологічною довжиною, мм (б); абсолютною індивідуальною плодючістю, шт. (в); та індексом внутрішніх органів (г).

У піщура звичайного і карася китайського статева зрілість була притаманна особинам, починаючи з 2-го року життя, співвідношення статей наближалось до 1 : 1 з незначним переважанням самців (відповідно 56–57% та 57–67%).

У обох видів вищі темп росту і плодючість були притаманні особинам за існування на зарегульованих ділянках русла, що може бути пов'язано з більшою сприятливістю умов нагулу внаслідок інтенсивного накопичення донних відкладів та, відповідно, розвитку кормової бази – макрозообентосу.

Разом з тим за таких умов обидва види відрізнялись вищим печінковим індексом, нижчими індексами нирок, селезінки й сім'яників, а також підвищеною частотою трапляння аномалій розвитку, що може бути зумовлено хронічним шкодочинним впливом токсичних речовин, накопичених у донних відкладах та в кормових об'єктах.

Можна припустити, що дані види риб адаптувалися до існування в істотно змінених водних об'єктах всупереч шкодочинному впливу, зумовленому антропогенним навантаженням.

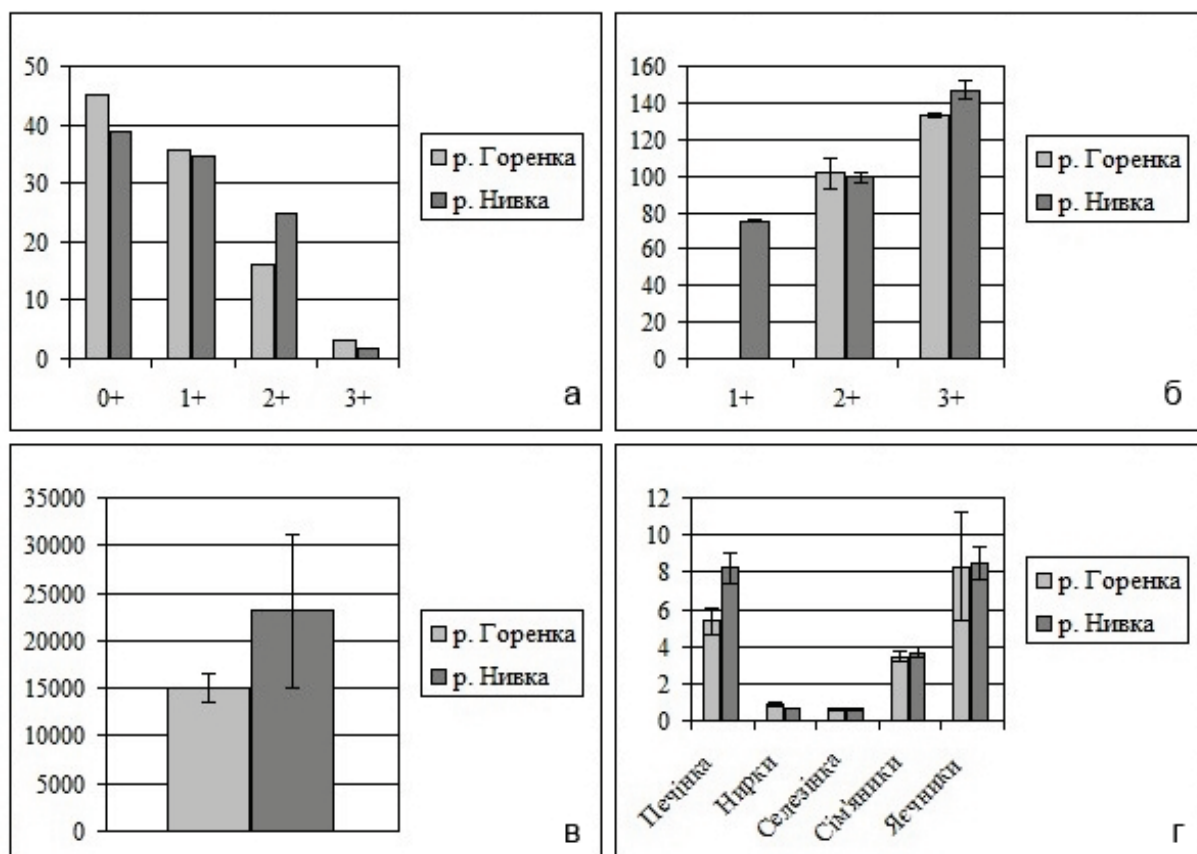


Рис. 5. Характеристика популяцій карася китайського за представленістю вікових груп, % (а); темпом лінійного росту за іхтіологічною довжиною, мм (б); абсолютною індивідуальною плодючістю, шт. (в); та індексом внутрішніх органів (г).

МЕТАБОЛІЧНІ ЗМІНИ ПІЧКУРА ЗВИЧАЙНОГО ТА КАРАСЯ КИТАЙСЬКОГО В ТРАНСФОРМОВАНИХ МАЛИХ РІЧКАХ

Проведений аналіз деяких біохімічних показників у аборигенного і інвазивного видів виявив відмінності за рівнем активності ферментів та вмістом енергоємних сполук у риб, що існували за різного ступеню антропогенного навантаження. Так, у пічкара звичайного, який адаптувався до існування в річках Либідь і Нивка, відзначено тенденцію до підвищеної активності ферментів гамма-глутамілтранспептидази (ГГТП), лактатдегідрогенази (ЛДГ) і лужної фосфатази (ЛФ) на 77–127, 31–116 і 24–184% відповідно (рис. 6).

Підвищена активність ГГТП у тканинах печінки пічкара звичайного, що відображає напруженість метаболічних процесів за токсичного ураження, підтверджує припущення щодо його існування в умовах забрудненого середовища і може бути обумовлена споживанням зообентосу, що розвивався в токсичних донних відкладах. Збільшена активність ЛДГ, що свідчить про вищий рівень анаеробного обміну, вказує на підвищення енергетичних потреб організму для забезпечення швидкого розвитку неспецифічної компенсаторно-адаптивної реакції на шкодочинний вплив середовища.

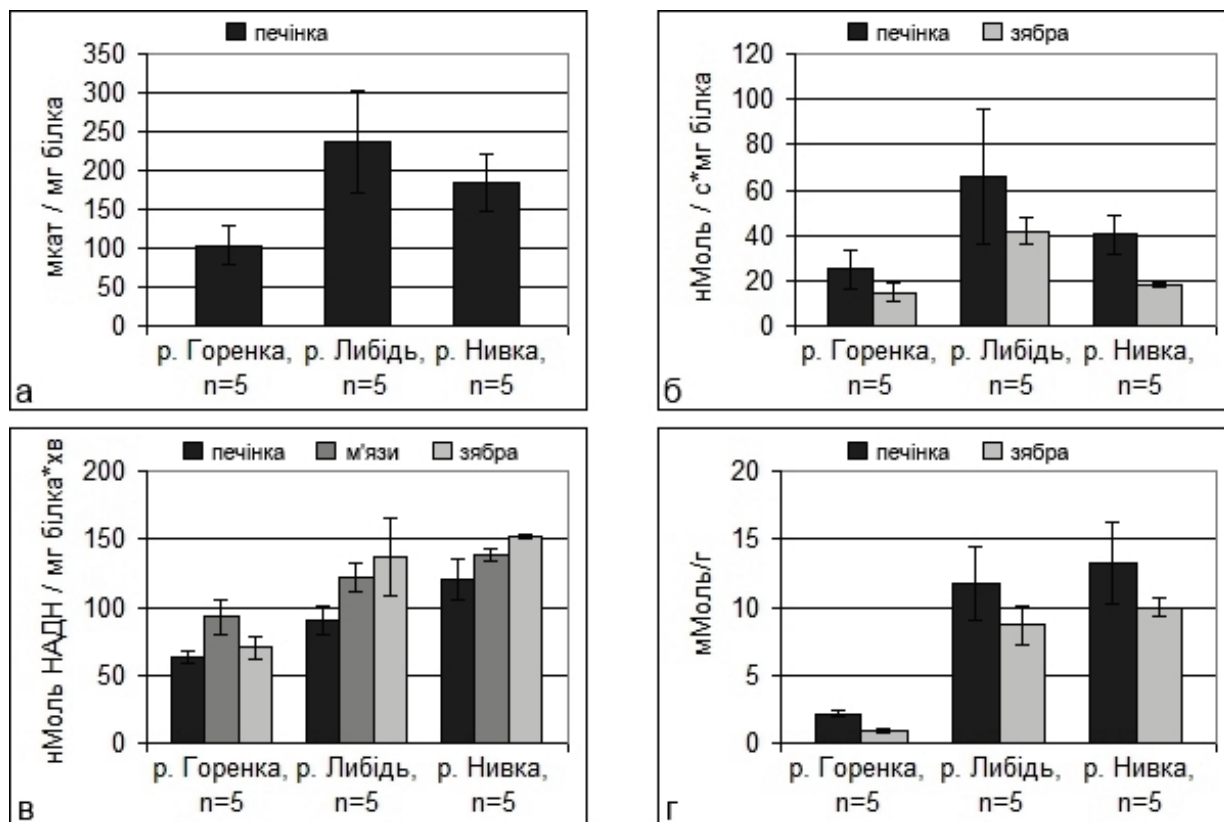


Рис. 6. Активність ГГТП (а), ЛФ (б), ЛДГ (в) та вміст МДА (г) у тканинах пічкара звичайного.

Разом з тим за існування в умовах значного антропогенного навантаження у пічкара звичайного було виявлено тенденцію до зростання вмісту в тканинах енергоємних сполук – глікогену, білків і ліпідів (рис. 7), а також кінцевого продукту пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) – малонового діальдегіду (МДА) (див. рис. 6), збільшений рівень вмісту якого свідчить про дисбаланс біохімічних процесів, спричинений тривалим впливом токсичного забруднення середовища.

У інвазивного виду – карася китайського – також відмічено істотно вищу активність ЛДГ і ГГТП в тканинах, в 1,4–12,1 і 2,2–5,7 разів відповідно, за існування в умовах порушених ділянок водотоків (рис. 8), що може свідчити про інтенсифікацію анаеробного обміну у відповідь на шкодочинний вплив середовища. В той же час у цього виду риб не виявлено прямої залежності вмісту білка й ліпідів у тканинах від якості водного середовища, однак відмічено тенденцію до зниженого вмісту глікогену печінці (на 7–46%) за існування в умовах антропогенного навантаження (рис. 9).

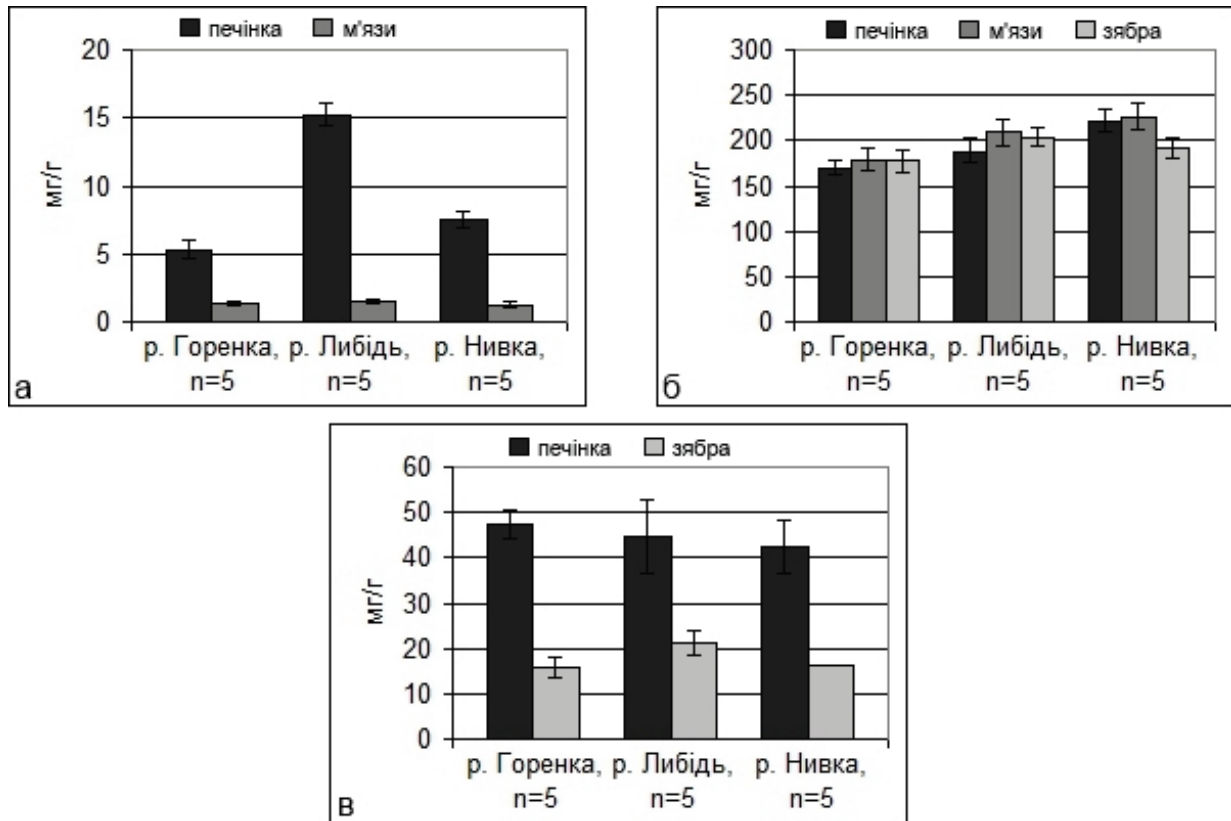


Рис. 7. Вміст глікогену (а), загального білка (б) і загальних ліпідів (в) у тканинах пічкара звичайного.

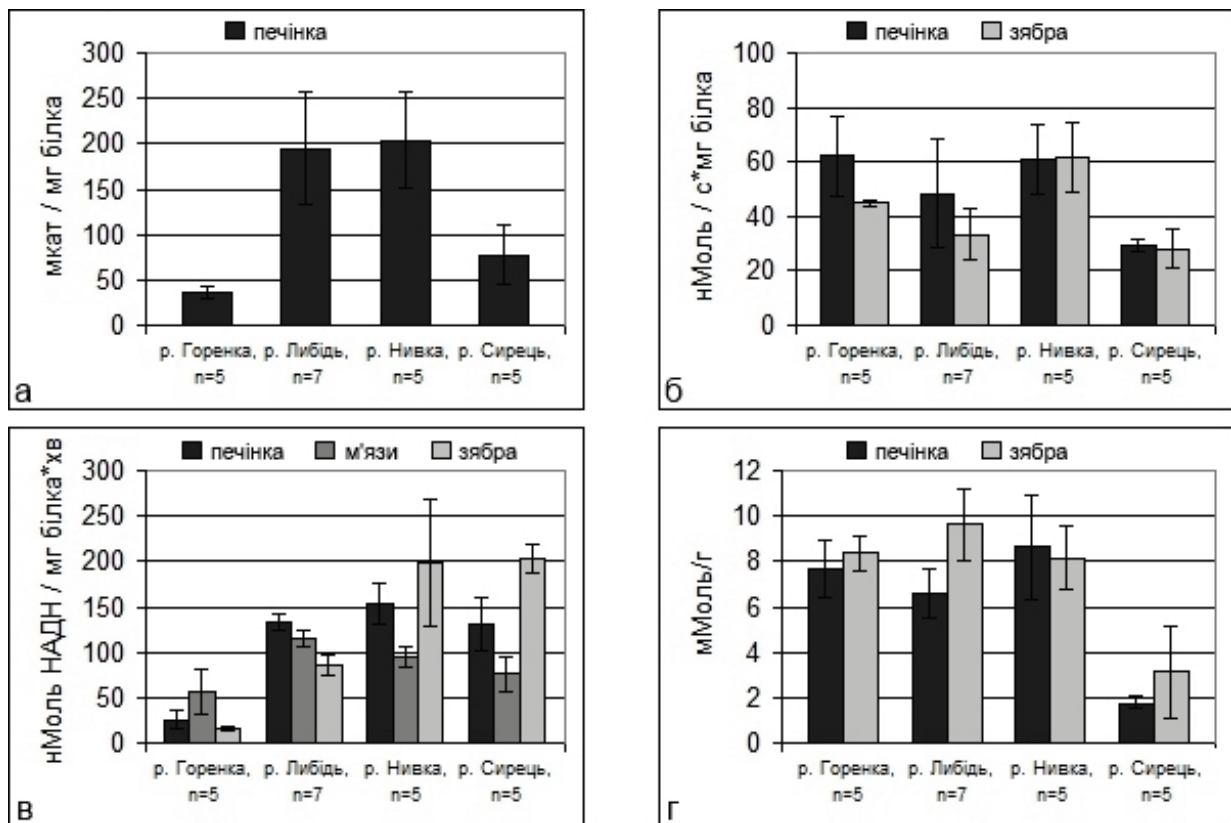


Рис. 8. Активність ГГТП (а), ЛФ (б), ЛДГ (в) та вміст МДА (г) у тканинах карася китайського.

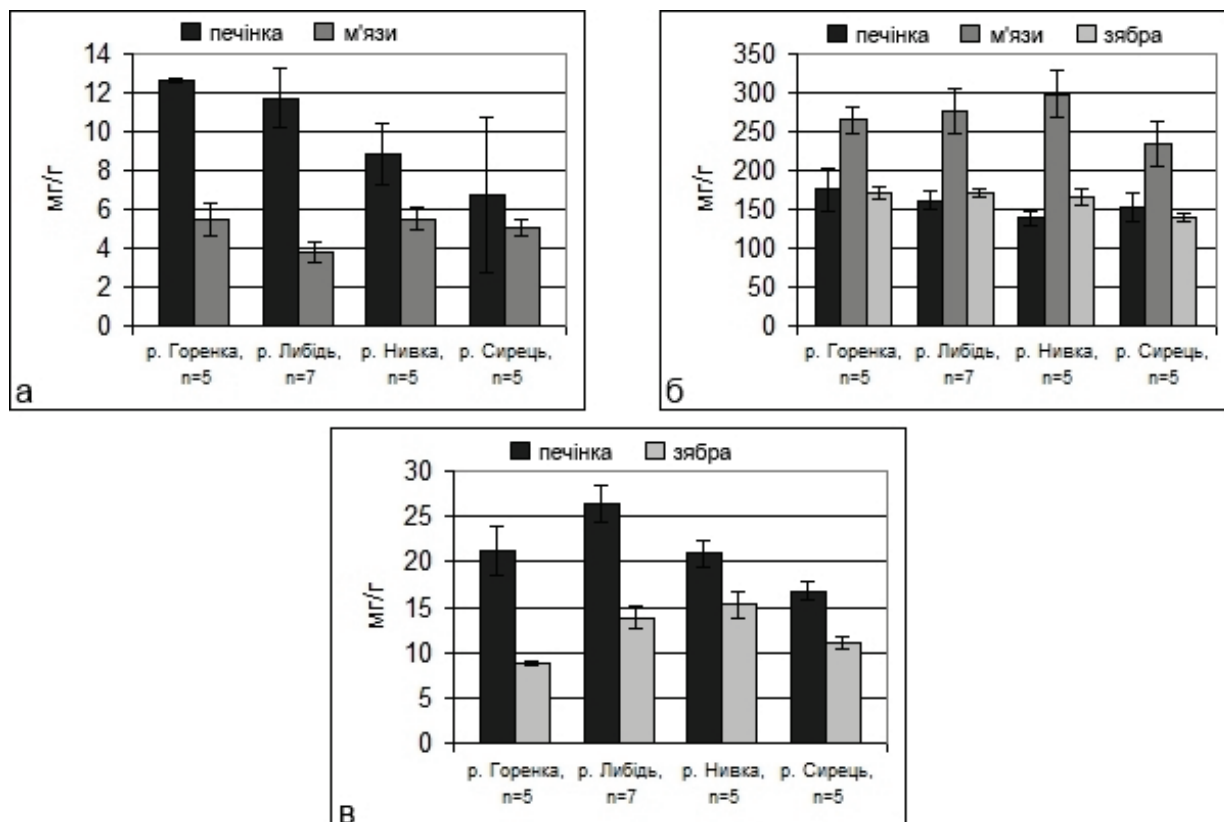


Рис. 9. Вміст глікогену (а), загального білка (б) і загальних ліпідів (в) у тканинах карася китайського.

Таким чином, у обох досліджених видів риб за адаптації до умов значно змінених водних об'єктів відзначено інтенсифікацію анаеробного обміну та розвиток деструктивних процесів у тканинах печінки, що свідчить про наявність шкодочинного впливу середовища. При цьому у пічкура звичайного виявлено тенденцію до підвищеного вмісту енергоємних речовин у тканинах, тоді як у карася китайського – істотно знижений вміст глікогену в печінці. Останнє може бути пояснене як властивою карасю інтенсивною витратою депонованого глікогену для забезпечення адаптивних реакцій, так і менш сприятливими умовами нагулу для цього виду риб в умовах трансформованих малих річок за низької біомаси планктону та конкуренції зі спеціалізованим зообентофагом пічкуром.

Таким чином, формування структури рибного населення малих річок, що протікають урбанізованими територіями, визначається здатністю представників іхтіофауни адаптуватись до наявних типів трансформації русла та рівня антропогенного навантаження. При цьому адаптаційний потенціал видів риб залежить від їх біологічних особливостей, зокрема тривалості життєвого циклу, відношення до швидкості течії та якості водного середовища, а також від способу живлення та відтворення. Відповідно, перебіг адаптаційних процесів риб відображається на інтенсивності та спрямованості енергетичного обміну, морфо-фізіологічних особливостях, та може позначатись на структурно-функціональних характеристиках популяцій. Тому антропогенне порушення умов існування риб у малих річках спричиняє перебудови на всіх рівнях їхньої біологічної організації, починаючи з особливостей перебігу біохімічних реакцій і закінчуючи видовим різноманіттям іхтіофауни, та може становити небезпеку для існування аборигенних іхтіоценозів.

ВИСНОВКИ

На підставі багаторічних досліджень морфологічних, фізіолого-біохімічних і популяційних характеристик аборигенних та інвазивних видів риб встановлено закономірності формування структури рибного населення малих річок урбанізованих територій з різним ступенем трансформації русла та антропогенного навантаження.

1. Встановлено, що якість середовища існування риб у малих річках урбанізованих територій варіює у широкому діапазоні від слабко забрудненої до дуже забрудненої згідно екологічної класифікації, і значною мірою залежить від надходження токсичних речовин зі зливовим стоком, що має коливальний характер.

2. Рибне населення малих річок урбанізованих територій формується з представників аборигенних та інвазивних видів, і характеризується залежністю таксономічної структури від характеру трансформації русла та сезонною динамікою за рахунок міграційних процесів

3. Протягом 2010–2018 рр. у складі іхтіофауни річок Либідь, Нивка і Сирець виявлено відповідно 16, 9 і 10 видів, як належать до шести родин. Аборигенні риби були представлені 15-ма, а інвазивні – 5-ма видами. Найбільш масовими в усіх досліджених річках виявилась представники родини Cyprinidae.

4. Встановлено, що якісна структура та кількісні характеристики рибного населення малих річок залежать від ступеню ізоляції ділянок русла від приймаючої водойми. Зменшення видового багатства відзначається за умов порушення неперервності річки, а розвиток лімнофільної іхтіофауни – за створення на ній побічних водних об'єктів з уповільненою течією.

5. Аналіз поширення риб у малих річках урбанізованих територій виявив їх представленість лише у нижній та середній течії. Передгирлові ділянки характеризувались більш високим видовим різноманіттям рибного населення (індекс Шеннона 1,18–1,85) та значною представленістю аборигенних середньоциклових видів, переважно зоопланктофагів. В той же час у середній течії вище за гідроспороди основу рибного населення складали інвазивні короткоциклові лімнофіли, переважно зообентофаги, а видове різноманіття було істотно зниженим (0,87–1,30).

6. У всіх досліджених водотоках, незалежно від ступеню трансформації русла, виявлено популяції аборигенного виду пічкара звичайного та інвазивного карася китайського, структура яких характеризувалась наявністю цьоголітків (відповідно, 56–59 і 39–45%), значною кількістю статевозрілих особин (41–44 і 55–71%) та чисельним переважанням самців (56–57 і 57–67%).

7. На ділянках річок, де макрзообентос, як основа кормової бази риб, розвивався в донних відкладах з підвищеною токсичністю, у пічкара звичайного та карася китайського відмічено підвищений печінково-соматичний індекс та вищу частоту трапляння аномалій розвитку. В той же час за більш сприятливих умов нагулу відзначено вищі показники темпів росту, вгодованості та плодючості в обох зазначених видів риб.

8. В умовах антропогенного навантаження в тканинах пічкара звичайного і карася китайського спостерігалась підвищена активність ЛДГ (в 1,3–2,2 рази та

1,4–12,1 разів відповідно) та ГГТП (в 1,8–2,3 рази та 2,2–5,7 разів відповідно), що свідчить про посилення анаеробного обміну та розвиток деструктивних процесів у печінці. У пічкара звичайного також відзначено підвищені активність ЛФ (в 1,2–2,8 рази) та вміст МДА (в 5,7–10,6 разів) у тканинах, що підтверджує наявність токсичного впливу на організм та вказує на більшу вразливість пічкара до погіршення якості водного середовища.

9. У пічкара звичайного в умовах антропогенного порушення відмічено тенденцію до підвищеного вмісту енергоємних сполук у тканинах, що свідчить про інтенсифікацію їх накопичення, тоді як у карася китайського – істотно знижений вміст глікогену в печінці (на 7–46%), що може вказувати на його залучення для забезпечення адаптаційної реакції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях:

1. **Медовник Д. В.**, Алексієнко В. Р. Характеристика іхтіофауни колектора на р. Нивка (м. Київ). *Вісник Львівського ун-ту. Сер. Біологічна*. 2014. № 64. С 250–254. (відбір та обробка матеріалу, участь у аналізі даних та написанні статті).

2. Romanenko V. D., **Medovnik D. V.** Species Composition and Ecological Characteristics of the Fish Fauna of Small Rivers of Urban Territories. *Hydrobiol. J.* 2017. Vol. 53, N 6. P. 3–11. (відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та участь у написанні статті).

3. **Медовник Д. В.** Міжвидові відносини інвазивних та аборигенних видів риби у малих річках урбанізованих територій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного ун-ту. Сер. Біологія*. 2018. №2 (73). С. 170–174. (відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та написання статті).

4. **Медовник Д. В.** Малі річки урбанізованих територій як середовище існування іхтіоценозів. *Рибогосподарська наука України*. 2018. №3 (45). С. 5–15. (відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та написання статті).

5. Krot Yu. G., **Medovnyk D. V.**, Prychepa M. V. Peculiarities of physiological adaptation in fishes of small rivers of the urbanized territories. *Hydrobiol. J.* 2019. Vol. 55, N 1. P. 50–57. (відбір матеріалу та участь у обробці матеріалу, аналізі даних та написанні статті).

6. **Medovnyk D. V.** Ecological-physiological features of native and invasive fish species in small rivers under different degree of transformation. *Hydrobiol. J.* 2019. Vol. 55, N 4. P. 63–74. (відбір та обробка матеріалу, аналізі даних та написання статті).

Тези та матеріали конференцій:

7. **Медовник Д. В.** Біологічні особливості деяких видів риби із закритого колектора на р. Нивка (м. Київ). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем* : збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 75-річному ювілею Інституту гідробіології НАН України. Київ, 2015. С. 47–48.

8. **Медовник Д. В.**, Причеп М. В. Якісний і кількісний склад іхтіофауни річок Либідь, Нивка та Сирець (м. Київ). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем* : збірник матеріалів III науково-практичної конференції для молодих вчених. Київ, 2016. С. 35–37.

9. **Медовник Д. В.**, Причеп М. В. Сучасний стан іхтіофауни озера Кирилівське // *Біологічні дослідження – 2017* : збірник наукових праць VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Житомир, 2017. С. 97–100.

10. **Медовник Д. В.**, Причеп М. В. Особливості фізіологічної адаптації аборигенних та інвазивних видів риб у малих річках урбанізованих територій. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем* : збірник матеріалів IV науково-практичної конференції для молодих вчених, присвяченої 100-річчю Національної академії наук України. Київ, 2017. С. 43–44.

11. **Медовник Д. В.** Видовий склад іхтіофауни антропогенно трансформованої малої річки Почайна (м. Київ) // *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем* : збірник матеріалів V науково-практичної конференції молодих вчених. Київ, 2018. С. 38–40.

12. Крот Ю. Г., **Медовник Д. В.** Взаємодія резидентних і мігруючих видів риб у малих річках урбанізованих територій // *VII Всеукраїнська наукова конференція «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», присвячена 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України* : тези доповідей. Київ : Ніка-Центр, 2018. С. 157–158.

13. **Медовник Д. В.** Морфологічні аномалії розвитку риб малих річок Нивка та Горенка // *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів* : збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції. Київ, 2019. С. 208–210.

Подяка

Автор висловлює щиру вдячність науковому керівнику академіку НАН України В. Д. Романенку, співробітникам відділу екологічної фізіології гідробіонтів та біотехнології, та особисто його керівнику Ю. Г. Кроту, а також співробітникам лабораторії відтворення риб та іншим колегам за корисні поради, консультації та допомогу в опануванні методик досліджень.

Анотація

Медовник Д. В. Еколого-фізіологічні характеристики рибного населення малих річок урбанізованих територій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) зі спеціальності 03.00.10 «Іхтіологія». – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2020.

Дисертаційна робота присвячена вивченню популяційних, морфо-фізіологічних і фізіолого-біохімічних характеристик риб за адаптації до

існування в малих річках урбанізованих територій, та закономірностей формування видової й екологічної структури рибного населення зазначених водотоків залежно від рівня антропогенного навантаження, зокрема характеру трансформації русла. Результати досліджень свідчать, що особливості видової структури рибного населення ділянок вивчених водотоків значною мірою узгоджуються з характером трансформації русла: на сполучених з приймаючою водоймою ділянках основу рибного населення складають аборигенні види, на відокремлених гідроспорудами – переважно інвазивні лімнофіли. Лише аборигенний вид пічкур звичайний (*Gobio gobio* (L.), 1758) та інвазивний карась китайський (*Carassius auratus* (L.), 1758) стабільно зустрічались на ділянках всіх досліджених водотоків. Їх популяції були представлені 4–5 віковими групами зі значною чисельністю цьоголітків та дозріванням на 2-му році життя. Вищі темп росту, вгодованість і плодючість були притаманні особинам обох видів за існування на зарегульованих ділянках русла, що може свідчити про більш сприятливі умови нагулу. Разом з тим в умовах антропогенного впливу у них відзначені підвищені частота трапляння аномалій розвитку, відносна маса печінки, інтенсивність анаеробного обміну та перебіг деструктивних процесів в організмі, що свідчить про наявність шкодочинного впливу, зумовленого токсичним забрудненням оточуючого середовища. При цьому пічкур звичайний в умовах антропогенного навантаження відзначався тенденцією до підвищеного вмісту в тканинах енергоємних сполук, тоді як карась китайський – істотно зниженим вмістом глікогену в тканинах печінки. На основі отриманих даних доцільно зробити висновок, що до існування в малих річках урбанізованих територій повною мірою адаптувались лише короткоциклові представники, тоді як аборигенні середньоциклові види риб, які здатні стримувати масове розмноження інвазивних видів, можуть тимчасово заходити до малих річок лише за умов збереження міграційних шляхів. Підвищенню різноманіття рибного населення в малих річках сприятиме збереження неперервності течії та зв'язку з приймаючою водоймою.

Ключові слова: малі річки урбанізованих територій, структура рибного населення, якість води та донних відкладів, еколого-фізіологічні характеристики.

Аннотація

Медовник Д. В. Эколого-физиологические характеристики рыбного населения малых рек урбанизированных территорий. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук (доктора философии) по специальности 03.00.10 «Ихтиология». – Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2020.

Диссертационная работа посвящена изучению популяционных, морфофизиологических и физиолого-биохимических характеристик рыб при адаптации к существованию в малых реках урбанизированных территорий, и закономерностей формирования видовой и экологической структуры рыбного населения указанных водотоков в зависимости от уровня антропогенной нагрузки, в частности характера трансформации русла. Результаты

исследований свидетельствуют, что особенности видовой структуры рыбного населения участков изученных водотоков в значительной степени согласуются с характером трансформации русла: на соединённых с принимающим водоемом участках основу рыбного населения составляют аборигенные виды, на обособленных гидросооружениями – преимущественно инвазивные лимнофилы. Только аборигенный вид пескарь обыкновенный (*Gobio gobio* (L.), 1758) и инвазивный карась китайский (*Carassius auratus* (L.), 1758) стабильно встречались на участках всех исследованных водотоков. Их популяции были представлены 4-5 возрастными группами со значительной численностью сеголетков и созреванием на 2-м году жизни. Более высокие темп роста, упитанность и плодовитость были присущи особям обоих видов при существовании на зарегулированных участках русла, что может быть связано с более благоприятными условиями нагула. Вместе с тем в условиях антропогенной нагрузки у них отмечено также повышенные частота встречаемости аномалий развития, относительная масса печени, интенсивность анаэробного обмена и протекание деструктивных процессов в организме, что свидетельствует о наличии вредоносного влияния, обусловленного токсическим загрязнением окружающей среды. При этом пескарь обыкновенный в условиях антропогенной нагрузки отличался тенденцией к повышенному содержанию в тканях энергоемких соединений, тогда как карась китайский – существенно сниженным содержанием гликогена в тканях печени. На основе полученных данных целесообразно заключить, что к существованию в малых реках урбанизированных территорий в полной мере адаптировались только короткоцикловые представители, тогда как аборигенные среднецикловые виды рыб, способные сдерживать массовое размножение инвазивных видов, могут временно заходить в малые реки только при условии сохранения миграционных путей. Повышению разнообразия рыбного населения в малых реках будет способствовать сохранение непрерывности течения и связи с принимающим водоёмом.

Ключевые слова: малые реки урбанизированных территорий, структура рыбного населения, качество воды и донных отложений, эколого-физиологические характеристики.

Abstract

Medovnyk D. Ecological and physiological characteristics of the fish population of small rivers of urbanized territories. – Manuscript.

Thesis for obtaining the Doctor of Philosophy degree (PhD) in Biological Sciences, specialty 03.00.10 "Ichthyology". – Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2020.

The work is devoted to the study of populations, morpho-physiological and biochemical characteristics of fish adapted to residence of small rivers of urbanized territories, and the formation patterns of fish population species and ecological structure in these watercourses, depending on the anthropogenic pressure level, in particular the character of riverbed transformation.

The research results indicate that the features of the fish population species structure of the studied watercourses are largely consistent with the riverbed transformation character.

Thus, in the small rivers sections connected with receiving reservoirs (Lybid and Syrets rivers), there are 10–16 fish species were noted, 6–7 of which occurred in watercourses regardless of season and 4–9 migrated from reservoirs during the growing season. At the same time, in the watercourses sections separated from the mouth by hydrotechnical structures, less fish population species diversity, represented by almost exclusively resident fish species, was noted. In the presence of ponds (Nyvka and Gorenka rivers), there are 7–9 fish species was registered, and in the case of ponds absence (Syrets river) only 3 fish species was present. That is, the small rivers fish population species diversity largely depends on the connection with the reservoirs, which are likely to be refugiums for most of the marked fish species. The above tendency is confirmed by the Shannon index values, which amounted to 1.18–1.85 for the riverbed sections connected with reservoir and 0.87 for the sections separated by hydraulic structures. Regarding the fish population species structure, most of limnophilic fish species were marked only if the flow was slowed down, when a significant part of aboriginal species were registered exclusively during the growing season and only for maintaining the connection with the receiving water body. The dominant complexes structure of the small rivers ichthyofauna also depended on the hydrological regime. In the case of conjunction with the receiving reservoirs aboriginal fish species were dominant, which are indifferent to the flow velocity. At the same time in riverbed sections separated by hydrostructures, the basis of the fish number was presented mostly by invasive limnophilous fish species. The similarity of the fish population species composition in the riverbed sections with the same transformation character was noted, as indicated by the value of the Sierensen coefficient which was 0.62 for the sections connected with the receiving reservoirs (Lybid and Syrets rivers), and 0.60 per availability of ponds (Nyvka and Gorenka rivers). However out of 20 fish species registered on the investigated sections of the rivers only aboriginal Common gudgeon (*Gobio gobio* (L.), 1758) and invasive Goldfish (*Carassius auratus* (L.), 1758) encountered in all studied watercourses. Their populations were represented by 4–5 age groups with a significant number of adolescents and maturation at the 2nd year of life. Higher growth rates, fattening and fecundity indexes were inherent in both species residing at the regulated riverbed sections, which may be due to more favorable conditions for feeding. Along with that, in anthropogenic pressure conditions its also noted an increased frequency of abnormalities occurrence, liver weight, anaerobic metabolism intensity and destructive processes in the liver tissues, indicating the presence of harmful effects due to toxic pollution. At the same time, in anthropogenic pressure conditions the Common gudgeon had a tendency to high energy-intensive compounds content in tissues, whereas Goldfish had a significantly reduced glycogen content in liver. The divergent trends of energy-intensive compounds content in the Common gudgeon and Goldfish tissues may be due both to the specificity of the compensatory-adaptive responses and to the different favorable conditions of feeding for these fish species in the small rivers of urbanized areas.

On the basis of the data obtained, it is reasonable to conclude that the only short-cycle representatives of ichthyofauna was fully adapted to residence in the small rivers of urbanized areas. Aboriginal medium-cycle fish that can restrain the mass reproduction of invasive species due to competition and elimination can temporarily enter small rivers only if migratory routes from the receiving reservoir are preserved. The obtained data testify to the importance of preserving the continuity of small rivers and of connecting their sections with the reserves to maintain the fish population species diversity. The results of research can be applied in the development and improvement of environmental measures aimed at the preservation and restoration of the small watercourses ichthyofauna under conditions of their anthropogenic transformation.

Key words: small rivers of urbanized territories, structure of fish population, water and bottom sediments quality, ecological and physiological characteristics.

Підп. до друку 29.01.2020. Формат 60×90¹/₁₆. Папір. офс. Гарнітура “Таймс”. Друк. офс.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. 26.

Віддруковано у ТОВ-Видавництві “ЛОГОС” із оригіналів автора.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 201 від 27.09.2000 р.
01030, Київ-30, вул. Богдана Хмельницького, 10, тел. 235-60-03