

## ЗАСТОСУВАННЯ МАРКЕРНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЛІТКИ (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДОЙМ В УМОВАХ НАДМІРНОГО АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Ю. О. Коваленко, [kovalenkoyuliia888@gmail.com](mailto:kovalenkoyuliia888@gmail.com), Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. С. Потрохов, [alport@bigmir.net](mailto:alport@bigmir.net), Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

М. В. Причепка, [prichepa1987@ukr.net](mailto:prichepa1987@ukr.net), Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Л. О. Горбатюк, [Horbatiuk@nas.gov.ua](mailto:Horbatiuk@nas.gov.ua), Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

**Мета.** Дослідити зміни біохімічних показників плітки як реакцію виду на вплив антропогенного забруднення, що необхідно для подальшого біомаркування водного середовища.

**Методика.** Відлов риб здійснювали з використанням гачкових знарядь лову. В роботі були визначені біохімічні показники плітки, зокрема: вміст глікогену та загальних ліпідів, активність лактатдегідрогенази, сукцинатдегідрогенази, АТФ-ази і лужної фосфатази.

**Результати.** Розглянуто зміну окремих біохімічних показників у плітки за дії антропогенного впливу. Встановлено нижчий вміст глікогену та ліпідів (на 68,65 і 16,12%) у риб із забрудненої водойми (оз. Кирилівське) порівняно з рибами із умовного контролю (оз. Бабине). Активне використання запасних ліпідів та глікогену вказує на загальне погіршення екологічних умов в озері Кирилівське.

Встановлено вищу активність СДГ у тканинах печінки та зябер (на 25 та 48%) відносно контролю. На противагу цьому, показано нижчу активність ЛДГ (на 11 та 16%) у всіх досліджуваних тканинах (м'язів, печінки та зябер) плітки із забрудненої водойми. За умов забруднення водойми токсикантами різної хімічної природи у плітки посилюються аеробні окисно-відновні процеси, як результат протидії потенційному токсичному середовищу. На користь цього свідчить вища активність СДГ у тканинах печінки та зябер. За результатами досліджень, також встановлено вищу активність лужної фосфатази у риб із оз. Кирилівське (на 39,9 та 24,6%) відносно умовного контролю. Це вказує на посилення фосфорилляції у цих тканинах, процес якої спрямований на знешкодження та виведення токсичних сполук з організму після їх детоксикації.

Відмінності між досліджуваними угрупованнями риб за біохімічними показниками доводить, що вони перебувають у суттєво відмінних екологічних та токсикологічних умовах.

**Наукова новизна.** Вперше представлені результати зміни біохімічних маркерних показників активності ферментів плітки із деяких водойм м. Києва, які відрізняються за рівнем антропогенного навантаження.

© Ю. О. Коваленко, О. С. Потрохов, Л. О. Горбатюк, 2020



**Практична значимість.** Отримані результати фізіологічного стану плітки можуть бути використані у якості критерію для оцінки екологічного ситуації окремих водойм, зокрема тих, які географічно розташовані на урбанізованих територіях.

**Ключові слова:** плітка, антропогенне забруднення, активність ферментів, екологічний стан.

---

## APPLICATION OF MARKER PARAMETERS OF ROACH (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) FOR DIAGNOSIS OF ECOLOGICAL CONDITION OF WATER BODIES IN CONDITIONS OF EXCESSIVE ANTHROPOGENIC POLLUTION

**Yu. Kovalenko**, [kovalenkoyuliia888@gmail.com](mailto:kovalenkoyuliia888@gmail.com), Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

**A. Potrokhov**, [alport@bigmir.net](mailto:alport@bigmir.net), Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

**M. Prychepa**, [prichepa1987@ukr.net](mailto:prichepa1987@ukr.net), Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

**L. Gorbatiuk**, [Horbatiuk@nas.gov.ua](mailto:Horbatiuk@nas.gov.ua), Institute of Hydrobiology NANU, Kyiv

**Purpose.** To investigate changes in the biochemical parameters of roach as a species response to the effects of anthropogenic pollution, which is necessary for further biomarking of the aquatic environment.

**Methodology.** Fish were caught using hook and line fishing gears. Following biochemical parameters of roach were determined: glycogen and lipid contents, activities of lactate dehydrogenase, succinate dehydrogenase, ATPase and alkaline phosphatase.

**Findings.** Changes in some biochemical parameters of roach under the effect of anthropogenic pollution have been found. A lower content of glycogen and lipids (by 68.65 and 16.12%) was detected in fish from a polluted water body (Lake Kyrylivske) compared to fish from the conditional control (Lake Babyne). The active use of reserved lipids and glycogen emphasizes the general deterioration of ecological conditions in the Lake Kyrylivske.

A higher LDH activity in liver and gill tissues (by 25 and 48%) relative to control was found. In contrast, a lower LDH activity (by 11 and 16%) in all studied tissues (muscles, liver and gills) of roach from the polluted water body was detected. Under conditions of pollution of the water body with toxicants of various chemical nature, aerobic redox processes in roach body are intensified as a result of counteracting a potentially aggressive environment. This is confirmed by a higher LDH activity in liver and gill tissues. According to the results of study, a higher alkaline phosphatase activity was also detected in fish from the Lake Kyrylivske (by 39.9 and 24.6%) compared to the control. This indicates an increase in phosphorylation in these tissues, the process of which is aimed at neutralization and excretion of toxic compounds from the body after their detoxification.

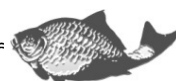
The differences between the studied groups of fish in biochemical parameters prove that they live in significantly different ecological and toxicological conditions.

**Originality.** For the first time, the results of changes in biochemical markers of roach enzyme activity from some water body of Kyiv, which differ in the level of anthropogenic pollution, are presented.

**Practical value.** The obtained results of the physiological state of roach can be used as a criterion for assessing the ecological status of individual waterbodies, in particular those that are located in urban areas.

**Key words:** roach, anthropogenic pollution, enzyme activity, ecological condition.

---



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ю. О. Коваленко, [kovalenkoyuliiia888@gmail.com](mailto:kovalenkoyuliiia888@gmail.com), Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

А. С. Потрохов, [alport@bigmir.net](mailto:alport@bigmir.net), Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

Н. В. Причепа, [prichepa1987@ukr.net](mailto:prichepa1987@ukr.net), Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

Л. О. Горбатюк, [Horbatiuk@nas.gov.ua](mailto:Horbatiuk@nas.gov.ua), Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

**Цель.** Изучить изменения биохимических показателей плотвы как реакцию вида на влияние антропогенного загрязнения, что необходимо для последующего биомаркирования водной среды.

**Методика.** Отлов рыб осуществляли с использованием крючковых орудий лова. В работе были определены биохимические показатели плотвы, а именно: содержание гликогена, липидов, активность лактатдегидрогеназы, сукцинатдегидрогеназы, АТФ-азы и щелочной фосфатазы.

**Результаты.** Рассмотрены изменения некоторых биохимических показателей плотвы в условиях антропогенного влияния. Установлено, что у рыб из загрязненного водоема (оз. Кирилловское) содержится меньше гликогена и липидов (на 68,65 и 16,12%) по сравнению с рыбами из условного контроля (оз. Бабино). Активное использование запасных липидов и гликогена указывает на общее ухудшение экологических условий в озере Кирилловское.

Установлено более высокую активность СДГ в тканях печени и жабр (на 25 и 48%) относительно контроля. При этом, показано меньшую активность ЛДГ (на 11 и 16%) во всех исследуемых тканях (мышцы, печень и жабры) плотвы из загрязненного водоема. В условиях загрязнения водоема токсикантами различной химической природы у плотвы ускорялись аэробные окислительно-восстановительные процессы — как результат противодействия потенциально токсической среде. В пользу этого свидетельствует более высокая активность СДГ в тканях печени и жабр. В результате исследований также установлено более высокую активность щелочной фосфатазы у рыб из оз. Кирилловское (на 39,9 и 24,6%) относительно условного контроля. Это указывает на усиление фосфорилирования в этих тканях, направленного на ликвидацию и выведение токсических соединений из организма рыб после их детоксикации.

Отличия по биохимическим показателям между изученными группами рыб доказывают, что последние пребывают в различных экологических и токсикологических условиях.

**Научная новизна.** Впервые представлены результаты изменения биохимических маркерных показателей активности ферментов плотвы из некоторых водоемов г. Киева, отличающихся по уровню антропогенной нагрузки.

**Практическая значимость.** Полученные результаты физиологического состояния плотвы могут быть использованы в качестве критерия для оценки экологической ситуации некоторых водоемов, в частности тех, которые географически расположены на урбанизированных территориях.

**Ключевые слова:** плотва, антропогенное загрязнение, активность ферментов, экологическое состояние.

---

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Внаслідок збільшення урбанізованих ландшафтів через зростання площі міст щоразу нові внутрішні водойми опиняються в межах їх території [1, 2]. Це призводить до трансформації не лише водного, але й довколаводного середовища,



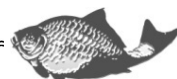
зокрема одамбовування берегової лінії, знищення прибережної рослинності та заплавних лісів, що істотно порушує самоочисну здатність озерних систем [3] при потраплянні до водойми токсичних сполук або надмірної кількості біогенних речовин, що істотно погіршує якість довкілля [4]. Це, зокрема, впливає на наявність певних видів водяних тварин та їхню чисельність. Внаслідок неоднакових резистентних можливостей і різної здатності долати стресовий стан, відбуваються істотні зміни у структурі іхтіоценозів із домінуванням у озерах більш стійких видів та їх угруповань [5]. Види, що виживають за змінених умов існування, перебувають у пригніченому фізіологічному стані, що відображають зміни їхніх фізіологічних та біохімічних показників [6, 7]. Саме це робить зазначену проблему актуальною у контексті вирішення питання збереження біологічного розмаїття іхтіофауни риб середньої течії Дніпра в умовах багатфакторного забруднення.

Одним із вирішальних підходів у проведенні біомоніторингу є вибір видів-індикаторів. Плітка як один із типових представників іхтіофауни водойм Києва є чудовим модельним видом для проведення досліджень. Враховуючи особливості живлення (бентофаг) та екологічну нішу, яку займає плітка, цей вид здатен відображати екологічні умови, у яких він існує. У контексті проблеми забруднення донних відкладів та води важкими металами і нафтопродуктами плітка може бути ключовим об'єктом у екотоксикологічній оцінці водного середовища. Тому зазначена публікація є своєрідним доповненням до вже існуючих, присвячених вивченню гідроекологічного стану озер м. Києва та їх іхтіофауни. Саме розв'язанню проблеми адаптації видів риб до несприятливих умов, викликаних надмірним антропогенним навантаженням на географічно урбанізованих територіях, буде присвячена зазначена робота.

### **ВИДЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ**

Зміни умов існування, викликані трансформацією водних екосистем, ініціюють перебудову структури іхтіоценозів, що відображається на кількісних та якісних показниках іхтіофауни. Однією із важливих умов у раціональному використанні рибних ресурсів є проведення періодичного моніторингу екологічного стану водойм, які експлуатуються людиною. Загалом, значну увагу приділено вивченню гідрохімічних (вміст біогенних сполук) та гідробіологічних показників (фітопланктон, зоопланктон, макрозообентос, паразитоценози), що характеризують якість середовища [1]. У зв'язку з цим, пошук і застосування індикаторів для екотоксикологічної оцінки є перспективним напрямком, який дозволить не лише доповнити подібні існуючі, але й отримати інформацію про екологічний стан середовища. Одними із таких методів є використання біохімічних індикаторів фонових представників іхтіофауни, зокрема активності ферментів, а закономірності змін цих показників можуть відображати умови існування представників іхтіофауни в умовах періодичного чи постійного забруднення водних екосистем у межах міст. Це у подальшому дасть змогу запобігти негативним наслідкам, спричиненим інтенсивним забрудненням водного середовища, та попередити вимирання видів і зменшення їхньої чисельності.

Метою роботи було дослідження зміни біохімічних показників плітки як реакції виду на вплив антропогенного забруднення, що необхідно для подальшого біомаркування водного середовища.



## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Відбір біологічного матеріалу проводили протягом липня 2018 р. у водоймах м. Києва (оз. Кирилівське, Бабіне). Відлов риби здійснювали гачковими знаряддями лову. Об'єктом досліджень була плітка *Rutilus rutilus* (L.). Для біохімічних досліджень обрано особин віком 2 роки. Плітка з оз. Бабіне була довжиною та масою  $14,8 \pm 0,2$  см та  $29,7 \pm 0,6$  г, з оз. Кирилівське —  $16,2 \pm 0,21$  см та  $42,4 \pm 0,56$  г. Відбір проб води для гідрохімічних досліджень здійснювали у ранкові години. Вміст розчиненого кисню визначали за методом Вінклера, водневий показник (рН) — за допомогою рН-метра РН-009 [1], загальну мінералізацію води — TDS-метра IDS-2. Вміст глікогену (мг/г) виявляли антроновим методом [8]. Вміст загальних ліпідів (мг/г) досліджували з використанням фосфорнованілінового реагенту із застосуванням комерційних наборів «Загальні ліпіди» («Філісіт Діагностика», Україна). Зазначені визначення проводили фотоколориметрично із використанням приладу «КФК-2 МП». Концентрацію нафтопродуктів оцінювали методом, описаним С. Є. Севериним [9]. Активність лужної фосфатази оцінювали спектрофотометрично з використанням комерційних наборів «Лужна фосфатаза» («Філісіт Діагностика», Україна); активність лактатдегідрогенази (ЛДГ) (КФ 1.1.1.27) — за методом Секвела Товарека з використанням комерційних наборів «Гранум» (Дніпро). (Україна). Активність сукцинатдегідрогенази (СДГ) (КФ 1.3.5.1) визначали за методом Векса, що ґрунтується на окисненні сукцинтау до фумарату [10]. Активність  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -аденозинтрифосфатази (КФ 3.6.1.4) визначали за наростанням неорганічного фосфору в дослідній пробі (метод Фіске-Субароу) [11]. Активність ферментів перераховували на 1 мг білка в пробі за методом Лоурі [12].

Отримані цифрові дані були статистично оброблені за загальноприйнятими методами варіаційної статистики [13]. Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою програм «Excel» із пакету «Microsoft Office» та «Statistica 5.5». Ймовірність відмінностей між значеннями оцінювали за допомогою критерію Стьюдента за рівнем ймовірності  $p < 0,05$ .

**Характеристика районів дослідження. Оз. Кирилівське** — знаходиться в південно-західній частині масиву Оболонь. Його довжина становить 760 м, найбільша ширина — 380 м, площа водного дзеркала — 19 га, об'єм — 2,28 млн м<sup>3</sup>, середня глибина — 12 м, а найбільша — 15 м. Наявна підвищена мінералізація води, значна концентрація хлоридів та сульфатів свідчать про значний антропогенний вплив на водойму. Крім того, згідно з результатами досліджень [2–4], наявне забруднення водойми важкими металами, зокрема свинцем, міддю, цинком та манганом. Джерелами забруднення озера є поверхневий стік, у тому числі й від розташованих поряд автострад та промислових об'єктів, а також р. Сирець, що приймає стічні води низки промислових підприємств. Забруднення також надходять із ґрунтовими та зливовими водами із житлових масивів Мінський, Оболонь, Сирець, Куренівка. Вміст розчиненого у воді кисню складає 9,6 мг О/дм<sup>3</sup>, рН — 7,9, загальна мінералізація — 635 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст нафтопродуктів у воді становив 0,117 мг/дм<sup>3</sup> (власні дані). Вміст токсичних сполук у донних відкладах: свинець — 89, 5 мг/г, мідь — 29,4 мг/кг, кадмій — 1,4 мг/кг, цинк — 52,4 мг/кг, нафтопродукти — 63,3 мг/кг [14].

**Оз. Бабіне** — природна заплавна водойма, стариця видовженої форми, що знаходиться на території Труханового острова. Через побудову греблі



Київської ГЕС, озеро має гідрологічний зв'язок із річкою лише в період великих паводків. Водойма має площу 9,5 га, довжину — 1,7 км, ширину — 35–80 м; середню глибину — 2 м, максимальну — 5 м [1]. Через ізолюваність і острівне розміщення озеро не зазнає суттєвого антропогенного впливу, за виключенням рибальства та рекреації. У зв'язку з цим, його було обрано як контрольну водойму. Вміст розчиненого у воді кисню становив  $9,5 \text{ мг/дм}^3$ , рН — 8,0, загальна мінералізація —  $270 \text{ мг/дм}^3$ . Вміст нафтопродуктів у воді —  $0,024 \text{ мг/дм}^3$  (власні дані). За даними М. Т. Гончарової [14], вміст токсичних сполук у донних відкладах становив: свинець —  $8,2 \text{ мг/кг}$ , мідь —  $3,1 \text{ мг/кг}$ , кадмій —  $0,1 \text{ мг/кг}$ , цинк —  $1,6 \text{ мг/кг}$ , нафтопродукти —  $11,6 \text{ мг/кг}$ .

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень було встановлено істотні відмінності за вмістом енергомістких/енергоємних сполук у тканинах печінки плітки з різних угруповань. У плітки із оз. Кирилівське було встановлено менший вміст глікогену та ліпідів — на 16,6 та 68,65% відповідно, ніж у плітки з оз. Бабіне (рис. 1). Це може вказувати на те, що риби із оз. Кирилівського (на період проведення досліджень) фізіологічно перебували у пригніченому стані.

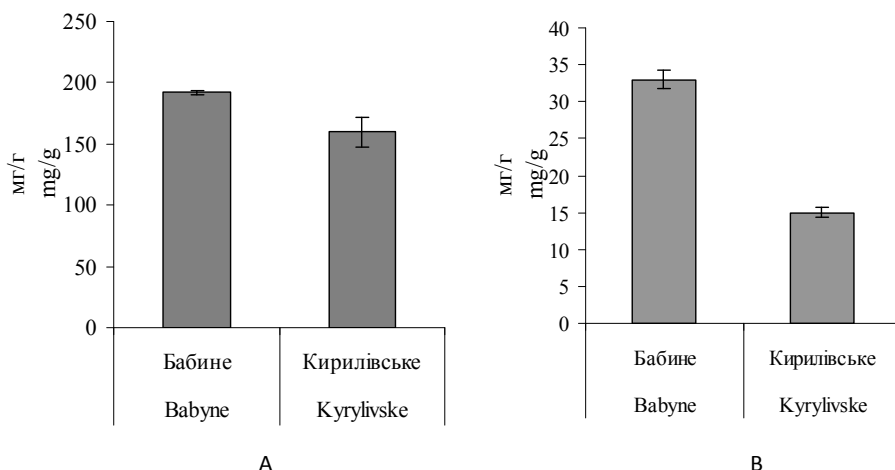
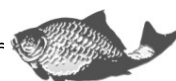


Рис. 1. Вміст глікогену (А) та ліпідів (В) у печінці плітки із оз. Бабіне та Кирилівське ( $M \pm m$ ,  $n = 6-8$ )

Fig. 1. Content of glycogen (A) and lipids (B) in the liver of the roach from lakes Babyne and Kyrylivske ( $M \pm m$ ,  $n = 6-8$ )

Активне використання запасних ліпідів може вказувати на загальне погіршення екологічних умов в озері Кирилівське, адже плітка використовує енергомісткі сполуки у процесах знешкодження потенційно токсичних речовин, що зазвичай супроводжуються посиленням процесів катаболізму цих сполук [15, 16]. Відомо, що у літній період у більшості риб відбувається процес активного росту, який неможливий без залучення енергоємних речовин. Крім того, риби, які існують в умовах антропогенного навантаження, зазнають і токсичного впливу, тому ліпіди використовуються й для протидії токсикозу.



Через надходження до оз. Кирилівського значної кількості комунально-побутових стоків, відбувається насичення водойми біогенними, органічними та токсичними сполуками [2, 4, 17]. Це викликає порушення кисневого режиму та призводить до виникнення гіпоксичних зон, особливо у придонних шарах води [18].

В умовах антропогенного забруднення водойм у риб відбуваються суттєві зміни у активності ферментів, які відображають перебіг біохімічних реакцій, спрямованих на посилення або послаблення процесів, пов'язаних із енергетичним забезпеченням клітин внутрішніх органів та тканин. Одним із таких показників є зміни у активності ферментів енергетичного (сукцинатдегідрогеназа (СДГ), лактатдегідрогеназа (ЛДГ) та  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ-аза}$ ) та фосфорного обміну (лужна фосфатаза). Результати проведених досліджень із активності цих ферментів вказують, що їх можна використовувати як біохімічні індикатори для екологічного моніторингу водойм, які підлягають антропогенному забрудненню. Тому саме активність цих ферментів було нами обрано для вивчення пристосувальних можливостей одного з представників коропових видів риб у водоймах м. Київ.

Встановлено, що активність СДГ у тканинах печінки та зябер була вищою на 25 та 48% відповідно, а у м'язовій тканині активність фермента була нижче на 31%, ніж у контролі (рис. 2 А).

Відомо, що зміна активності ферментів енергетичного обміну (СДГ та ЛДГ) впливає на баланс між аеробною та анаеробною гілками метаболізму. Коливання активності одного із цих ферментів свідчить про прискорення або послаблення циклу Кребса (СДГ) або гліколізу (ЛДГ) [19].

Нами було проаналізовано зміни активності ЛДГ у тканинах риб за дії забруднення водного середовища. Відомо, що цей фермент бере участь у регуляції процесів перетворення пірувату в лактат, а лактату — в піруват [20].

Встановлено, що у плітки із оз. Кирилівського спостерігалась менша активність ЛДГ у всіх досліджуваних тканинах. Так, її активність в тканинах м'язів, печінки та зябрових пелюсток була відповідно на 11,5; 11,0 та 16,0% нижчою відносно такої у риб з оз. Бабиного (рис. 2 Б).

Можна припустити, що за умов забруднення водойми токсикантами різної хімічної природи у плітки посилюються аеробні окисно-відновні процеси, що відбувається як наслідок протидії потенційному агресивному середовищу. На користь цього свідчить вища активність СДГ у тканинах печінки та зябрових тканин — як органів, які найбільшою мірою залучені у процесах протидії надходженню токсичних сполук до організму.

Далі нами було розглянуто зміну активності  $\text{Na}^+\text{/K}^+\text{-АТФ-ази}$ . Зазначений фермент відіграє важливу роль у підтриманні йонної рівноваги між зовнішнім та внутрішнім середовищем клітини. Також йому належить важлива роль у процесах обміну метаболітів, зокрема глюкози та амінокислот, що підтримує різницю осмотичного градієнту між зовнішнім і внутрішнім середовищем, яка важлива для забезпечення нормального функціонування клітин [21].



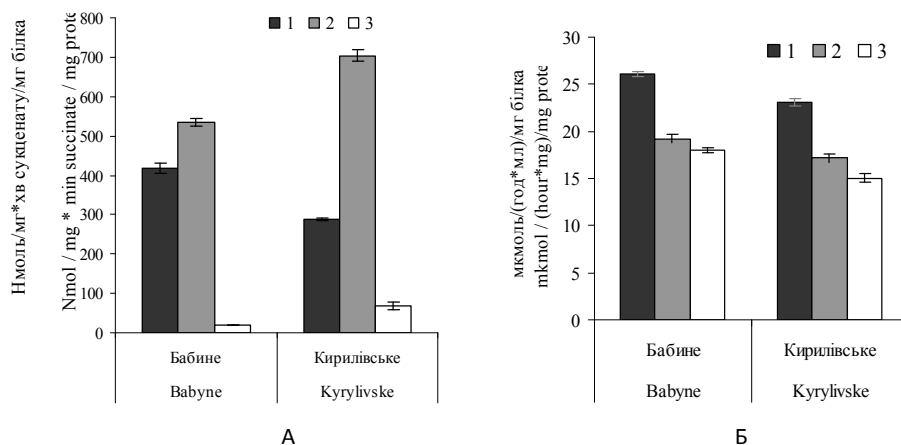


Рис. 2. Активність сукцинатдегідрогенази (А) та лактатдегідрогенази (Б) у м'язах (1), печінці (2) та зябрах (3) плітки з оз. Бабине, Кирилівське,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

Fig. 2. The activity of succinate dehydrogenase (A) and lactate dehydrogenase (B) in the muscle (1), liver (2) and gills (3) of the roach from lakes Babyne, Kyrylivske,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

Встановлено, що у плітки активність  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-ази у зябровій тканині була незначно більшою на 4,5% відносно риб з оз. Бабине (рис. 3), що може бути пов'язаним зі змінами у процесах регуляції йонного обміну за впливу антропогенного забруднення.

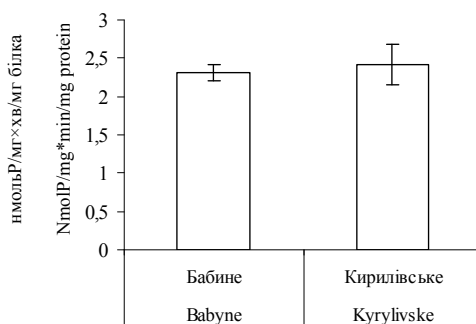


Рис. 3. Активність  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-ази у зябрах плітки з оз. Бабине, Кирилівське,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

Fig. 3. The activity of  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase in the gills of the roach from the lakes Babyne, Kyrylivske,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

У подальшому було розглянуто зміну активності лужної фосфатази (ЛФ).

Зазначений фермент бере участь у процесах гідролізу фосфорних ефірів та у транспорті фосфорних груп, а також має стосунок до енергозабезпечення організму [22, 23]. Встановлено, що у плітки з оз. Кирилівського активність ЛФ у м'язовій тканині була на 53,3% нижчою, ніж у плітки з оз. Бабиного. Це може бути пов'язаним із накопиченням токсичних речовин у тканинах риб, зокрема





важких металів, вміст яких вищий порівняно з референтними значеннями [14], особливо, враховуючи особливості живлення та поведінки плітки як виду, що мешкає у придонному шарі води, — саме там, де накопичується значна кількість розчинних фракцій нафтопродуктів та окремих важких металів.

У тканинах зябер та печінки активність ЛФ була вищою у риб із оз. Кирилівського на 39,9 та 24,6% відповідно, ніж у плітки із оз. Бабиного (рис. 4). Висока активність цього ферменту в тканинах дослідних риб свідчить про посилення процесів фосфорилування, які спрямовані на знешкодження та виведення токсиканта з організму шляхом детоксикації.

Високий вміст нафтопродуктів у донних відкладах у оз. Кирилівське (63,3 проти 11,6 мг/кг в оз. Бабине) [14, 24] наголошує на несприятливості екологічних умов для донної фауни озера, зокрема молюсків та інших безхребетних, які є трофічно-потенційними об'єктами для живлення плітки. Саме це може суттєво впливати на зміну низки досліджуваних показників, у т. ч. і на активність ферментів.

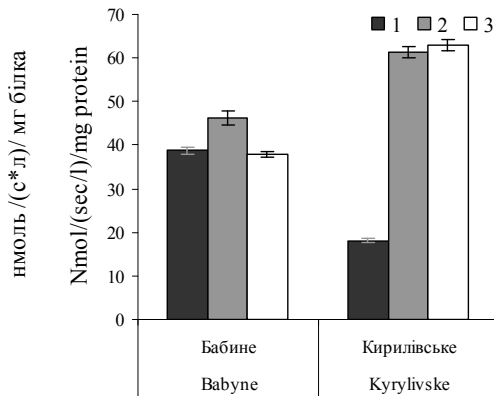


Рис. 4. Активність лужної фосфатази у м'язах (1), печінці (2) та зябрах (3) плітки з оз. Бабиного та Кирилівського,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

Fig. 4. Activity of alkaline phosphatase in muscle (1), liver (2) and gills (3) of the roach from lake Babyne and Kyrylivske,  $M \pm m$ ,  $n = 6-8$

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Нами було встановлено істотні зміни біохімічних показників у плітки, що існує у забрудненій водоймі, зокрема вмісту глікогену та ліпідів, активності СДГ, ЛДГ, ЛФ.

Сила антропогенного забруднення та специфіка найпоширеніших токсичних речовин у водоймі сприяли домінуванню аеробних процесів енергозабезпечення над анаеробними, зокрема у тканинах печінки та зябер дослідних риб з оз. Кирилівського, на що вказує підвищення активності СДГ на 25 та 48% і зниження активності ЛДГ на 11 та 16% відповідно.

Також встановлено високу активність лужної фосфатази у тканинах зябер та печінки — на 39,9 та 24,6% відповідно. Це вказує на посилення процесів фосфорилування у досліджуваних тканинах як наслідок протидії несприятливим умовам існування.

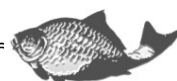


Таким чином, отримані результати стосовно біохімічних показників підтверджують дані токсикологічних показників оз. Кирилівського, що вказує на наявність несприятливих умов існування риб через коливання гідроекологічного стану водойми під час періодичного надходження з прилеглої території до акваторії забруднювальних речовин різної хімічної природи.

Отже, зазначені показники зміни вмісту енергомістких сполук та активності ферментів можна використовувати для проведення маркування екологічного стану водойм, які географічно розташовані у межах міста. Це необхідно для полегшення виявлення негативних змін, що відбуваються в озерах, які зазнають антропогенного впливу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій / Романенко О. В. та ін. Київ : Наукова думка, 2015. 189 с.
3. Упорядкування водоохоронних зон міських водойм на основі екологічної оцінки якості вод / Панасюк І. В. та ін. // Київ : Медінформ, 2016. 94 с.
4. 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.
5. Израэль Ю. А. Научные аспекты экологических проблем России. Т. 1. Проблемы антропогенной экологии. Москва : Наука, 2009. 221 с.
6. Крот Ю. Г., Медовник Д. В. Особливості фізіологічної адаптації риб малих річок урбанізованих територій // Гідробіологічний журнал. 2018. Т. 54, № 5. С. 53—62.
7. Коваленко Ю. О. Зміна вмісту малонового діальдегіду та активності лужної фосфатази у тканинах карася сріблястого (*Carassius auratus* (Bloch, 1782)) за дії токсичного забруднення водойми // Конференція молодих дослідників-зоологів : тези доп. Київ, 2019. С. 13. (Зоологічний кур'єр ; № 13).
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М. та ін. Київ : Логос, 2006. 408 с.
9. Северин С. Е., Соловьева Г. А. Практикум по биохимии. Москва : МГУ, 1989. 510 с.
10. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен). Ленинград : Ленинградский ун-т, 1982. 272 с.
11. Fiske С. Н., Subbarow Y. J. The colorimetric estimation of phosphorous // J. Biol. Chem., 1925. Vol. 66. P. 375.
12. Protein measurement with the Folin phenol reagent / Lowry O. H. et. al. // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193 (1.) P. 265—275.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва : Наука, 1990. 296 с.
14. Оцінка якості води та донних відкладів каскаду озер Опечень (м. Київ) на основі токсикологічних та гідрохімічних досліджень / Гончарова М. Т. та ін. // VIII З'їзд гідроекологічного товариства України, присвячений 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції. Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів, 6-8 лист. 2019 р. : тези доп. Київ, 2019. С. 249—252.



15. Арсан В. О. Енергозабезпечення організму коропа при адаптації до змін концентрації іонів важких металів у водному середовищі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. : спец. 03.00.10 «Іхтіологія». Київ, 2004. 20 с.
16. Попова Е. М., Кошій І. В. Ліпіди як компонент адаптації риб до екологічного стресу // Рибогосподарська наука України. 2007. № 1. С. 49—56.
17. Гідрохімічний режим озер системи Опечень (м. Київ) / Линник П. М. та ін. // Наук. праці Укр. наук.-дослідного гідромет. ін-ту. 2016. Вип. 269. С. 59—69.
18. Численность бактерий и протеолитическая активность в воде озера, расположенного в городской черте / Якушин В. М. та ін. // Гидробиологический журнал. 2015. Т. 51, № 1. С. 83—92.
19. Regulation of fish gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase by selective sulfatide-enriched raft partitioning during seawater adaptation / Lingwood D. et al. // Journal of Biological Chemistry. 2005. Vol. 280 (44). P. 36545—36550.
20. Rajamanickam V., Muthuswamy N. Effect of metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L) // Intern. J. Sci. Tech. 2008. Vol. 2 (1). P. 192—200.
21. Varadarajan R. Biochemical effects of different phenolic compounds on *Oreochromis mosambicus* (Peters) : candidate's thesis of Doctor of philosophy in biochemistry. Cochin-682016 India, 2010. 250 p.
22. A physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with bleached Kraft pulp mill effluents / Anderson T. et al. // J. Fish Aquat Sci. 2002. Vol. 45. P. 1525—1536.
23. Немова Н. Н., Высоцкая Р. В. Биохимическая индикация состояния рыб. Москва : Наука, 2004. 225 с.
24. Вплив екологічних умов окремих озер м. Києва на стан іхтіофауни / Худіяш Ю. М. та ін. // Рибогосподарська наука України. 2020. № 1. С. 28—43.

## REFERENCES

1. Panasiuk, I. V., Tomiltseva, A. I., Zub L. M., & Pohorielova, Yu. V. (2015). Yakist vody u miskykh vodoimakh ta kharakter osvoiennia vodookhoronnykh zon (na prykladi ozer systemy «Opechen», m. Kyiv). *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 4 (20), 63-69.
2. Romanenko, O. V., Arsan, O. M., Kipnis, L. S., & Sytnyk, Yu. M. (2015). *Ekolohichni problemy Kyivskykh vodoim i prylehlykh terytorii*. Kyiv: Naukova dumka.
3. Zub, L. M., Panasiuk, I. V., Tomiltseva, A. I., Barshchevska, N. M., Prokopuk, M. S., Pohorielova Yu. V., Samchyshyna L. P., Skidan O. V., Skidan V. V., & Mykhailyk O. V. (2016). *Uporiadkuvannia vodookhoronnykh zon miskykh vodoim na osnovi ekolohichnoi otsinky yakosti vod*. Kyiv: Medinform.
4. Zhezheria, V. A., Lynnyk, P. M., & Zubenko, I. B. (2016). Umist ta formy znakhodzhennia metaliv u ozerakh systemy Opechen (m. Kyiv). *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 269, 70-86.
5. Izrajel', Ju. A. (2009). *Problemy antropogennoj jekologii. Nauchnye aspekty jekologicheskikh problem Rossii*. Vol. 1. Moskva: Nauka.
6. Krot, Yu. H., & Medovnyk, D. V. (2018). Osoblyvosti fiziolohichnoi adaptatsii ryb malykh richok urbanizovanykh terytorii. *Hidrobiolohichniy zhurnal*, 54 (5), 53-62.
7. Kovalenko, Yu. O. (2019). Zmina vmistu malonovoho dialdehydu ta aktyvnosti luzhnoi fosfatazy u tkanyakh karasia sribliastoho (*Carassius auratus* (Bloch,



- 1782)) за dii toksychnoho zabrudnennia vodoimy. *Konferentsiia molodykh doslidnykiv-zoolohiv. 13-14 lystopada 2019, Zoolohichnyi kurier №13: Tezy dopovidei*. Kyiv: Instytut zoolohii NAN Ukrainy, 13.
8. Arsan, O. M., Davydov, O. Ia. & Diachenko, T. M., et al. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzen poverkhnevyykh vod*. Kyiv, Lohos, 408.
  9. Severin, S. E., & Solov'eva, G. A. (1989). *Praktikum po biohimii*. Moskva: MGU.
  10. *Metody biohimicheskikh issledovanij (lipidnyj i jenergeticheskij obmen)* (1982). Leningrad: Leningradskiy universitet.
  11. Fiske, C. H., & Subbarow, Y. J. (1925). The colorimetric estimation of phosphorous. *Biol. Chem.*, 66, 375.
  12. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193 (1), 265-275.
  13. Lakin, G. F. (1951). *Biometrija*. Moskva: Nauka.
  14. Honcharova, M. T., Kipnis, L. S., Konovets, I. M., Nezberytska, I. M., & Yarovy, M. M. (2019). Otsinka yakosti vody ta donnykh vidkladiv kaskadu ozer Opechen (m. Kyiv) na osnovi toksykolohichnykh ta hidrokhimichnykh doslidzen. *VIII Zizd hidroekolohichnoho tovarystva Ukrainy, prysviachenyi 110-richchiu zasnovannia Dniprovskoi biolohichnoi stantsii. Perspektyvy hidroekolohichnykh doslidzen v konteksti problem dovkillia ta sotsialnykh vyklykiv, 6-8 lystopada 2019 r.: mater.* Kyiv, 249-252.
  15. Arsan, V. O. (2004). Enerhozabezpechennia orhanizmu koropa pry adaptatsii do zmin kontsentratsii ioniv vazhkykh metaliv u vodnomu seredovyshchi. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv. 20.
  16. Popova, E. M., & Koshchii, I. V. (2013). Lipidy yak komponent adaptatsii ryb do ekolohichnoho stresu. *Rybohospodarska nauka Ukrainy, 1 (1)*, 49-56.
  17. Lynnyk, P. M., Zhezheria, V. A., Zhezheria, T. P., Ivanechko, Ya. S., & Ihnatenko, I. I. (2016). Hidrokhimichnyi rezhym ozer systemy Opechen (m. Kyiv). *Nauk. pratsi Ukr. nauk.-doslidnoho hidromet. in-tu*, 269, 59-69.
  18. Yakushyn, V. M., Potrokhov, A. S., Zynkovskiy, O. H., Romanyshyn, H. M., Kalenychenko, K. P., & Lynchuk, M. Y. (2015). Chyslennost bakteriy y proteolytycheskaia aktyvnost v vode ozera, raspolozhennoho v horodskoi cherte. *Hydrobyolohychesky zhurnal, 51 (1)*, 83-92.
  19. Lingwood, D., Harauz, G., & Ballantyne, J. S. (2005). Regulation of fish gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase by selective sulfatide-enriched raft partitioning during seawater adaptation. *Journal of Biological Chemistry*, 280 (44), 36545-36550.
  20. Rajamanickam, V., & Muthuswamy, N. (2008). Effect of metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L). *Intern. J. Sci. Tech.*, 2 (1). 192-200.
  21. Varadarajan, R. (2010). Biochemical effects of different phenolic compounds on *Oreochromis mosambicus* (Peters). *Doctor's thesis*. Cochin, India, 250.
  22. Anderson, T., Forlin, L., Hardig, J., & Larson, A. C. (2002). A physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with bleached Kraft pulp mill effluents. *J. Fish Aquat Sc.*, 45, 1525-1536.
  23. Nemova, N. N., & Vysockaja, R. V. (2004). *Biohimicheskaja indikacija sostojanija ryb*. Moskva: Nauka.
  24. Khudiiash, Yu. M., Prychepa, M. V., Potrokhov, O. S., Zinkovskiy, O. H., Horbatiuk, L. O., Kovalenko, Yu. O., & Medovnyk, D. V. (2020). Vplyv ekolohichnykh umov okremykh ozer m. Kyieva na stan ikhtiofauny. *Rybohospodarska nauka Ukrainy, 1*, 28-43.

