

УДК 591.524. 12: 005.962 (574.63)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.31>

ІНДИКАЦІЯ ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНОЇ ВОДОЙМИ ЗА РОЗВИТКОМ ЗООПЛАНКТОНУ

Єсіпова Н.Б., Гудим Н.Г., Журавльов Д.В., Плюйко О.Б., Савицький А.Ю.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

пр. Науки, 72, 49045, м. Дніпро

yesipova.natalia@gmail.com, nadingud19@ukr.net, deraktil@gmail.com,

musha.panda@gmail.com, savickijanton49@gmail.com

У статті представлені результати дослідження літнього зоопланктону різних ділянок р. Коноплянка, яка є правою притокою Запорізького (Дніпровського) водосховища і піддається потужному техногенному навантаженню. Виявлено, що видова структура зоопланктону річки обмежена всього 14 видами. Показники чисельності і біомаси суттєво розрізнялись за різними ділянками і характеризувались низькими значеннями, що вказує на низьку самоочисну здатність р. Коноплянка. За кількістю видів і показниками розвитку зоопланктону найнижчі показники мала верхня ділянка р. Коноплянка, що підпадала під вплив побутових і промислових скидних вод м. Кам'янське (ділянка промзони), а найвищі – ділянка старого русла, яка відокремлена від основного русла дамбою і має зв'язок з річкою тільки через ґрунтові води. Виявлені види-домінанти зоопланктону на ділянках промзони, хвостосховища уранових відходів та гирла є індикаторами помірного органічного забруднення (β -мезосапроби) і за категоріями сапробності характеризують ці ділянки як «слабко забруднені». Ділянка старого русла відноситься до категорії «досить чиста», а домінуючі види зоопланктону належать до α - β -сапробіонтів. Низьке біорізноманіття зоопланктону, домінування в його складі дрібних форм, переважання копепоідного комплексу над кладоцерним можуть свідчити про хронічну токсифікацію р. Коноплянки. Опосередкованим свідомством впливу радіаційного забруднення річки може слугувати абсолютне домінування коловертки *Brachionus calyciflorus* і пригнічення розвитку інших видів ротаторного комплексу. Результати проведених досліджень можуть бути використані для розробки гідробіологічного моніторингу екологічного стану р. Коноплянка, які утворюють наукову платформу для розробки практичних заходів щодо підвищення самоочисної здатності річки і знизять ризики негативного впливу її на Запорізьке (Дніпровське) водосховище. *Ключові слова:* р. Коноплянка, техногенне забруднення, зоопланктон, види-індикатори, категорії якості води.

Indication of a technogenically modified water reservoir by the development of zooplankton. Yesipova N., Gudym N., Zhuravlov D., Plyuyko O., Savytsky A.

The article presents the results of a study of summer zooplankton in different sections of the Konoplyanka River, which is the right tributary of the Zaporizhzhia (Dnipro) Reservoir and is subject to heavy technogenic load. It was found that the species structure of the river's zooplankton is minimal 14 species. The abundance and biomass indicators differed significantly in different sections and were characterized by low values, which indicates a low self-purification ability of the Konoplyanka River. In terms of the number of species and indicators of zooplankton development, the lowest indicators were in the upper section of the Konoplyanka River, which was affected by domestic and industrial wastewater from the city of Kamianske (the industrial zone area), and the highest were in the section of the old riverbed, which is separated from the main riverbed by a dam and is connected to the river only through groundwater. The identified dominant species of zooplankton in the areas of the industrial zone, uranium waste tailings pond, and the mouth are indicators of moderate organic pollution (β -mesosaprobites) and, according to the saprobity categories, these areas are characterized as "slightly polluted". The section of the old riverbed belongs to the "fairly clean" category, and the dominant species of zooplankton belong to α - β -saprobites. The low biodiversity of zooplankton, the dominance of small forms in its composition, predominance of the copepodite complex over the cladoceran complex may indicate chronic toxification of the Konoplyanka River. The absolute dominance of the rotifer *Brachionus calyciflorus* and suppression of the development of other species of the rotator complex may serve as indirect evidence of the impact of radiation pollution on the river. The results of the conducted studies can be used to develop hydrobiological monitoring of the ecological state of the river. Konoplyanka will form a scientific platform for developing practical measures to increase the self-purification capacity of the river and reduce the risks of its negative impact on the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir. *Key words:* konoplianka River, technogenic pollution, zooplankton, indicator species, water quality categories.

Постановка проблеми. В Україні багато малих річок, які постійно піддаються потужному антропогенному навантаженню і фактично перетворилися в техногенно змінені водойми. Більшість з них належать до приточної системи великих річок і мають прямий вплив на формування їх екологічного режиму. Типовим прикладом такої водойми є річка Коноплянка, яка впадає в Запорізьке

(Дніпровське) водосховище. Гідрохімічний стан р. Коноплянка знаходиться під впливом стічних господарських і побутових вод м. Кам'янське та розташованих на правому березі хвостосховищ, які містять мільйони тонн відходів уранової сировини [1]. Хоча р. Коноплянка не має господарського значення, але як джерело токсичного і радіаційного забруднення несе потенційну

загрозу екосистемі Запорізького (Дніпровського) водосховища.

Актуальність дослідження. Наявність хронічного забруднення р. Коноплянки небезпечними речовинами потребує систематичного гідроекологічного контролю, який не повинен обмежуватися визначенням гіdroхімічних показників. Постійне потрапляння у водойму токсичних речовин, навіть у невеликій кількості, приводить до накопиченню їх у донних відкладеннях і гідробіонтах, які стають джерелом вторинного забруднення. В умовах хронічної інтоксикації відбувається поступова деградація біоценозів і, як наслідок, пригнічуються процеси самоочищення водойми. Для своєчасного виявлення цих негативних процесів необхідні дослідження динаміки видового різноманіття і кількісних показників розвитку угруповань гідробіонтів, які чутливо реагують на гіdroхімічні зміни, а саме – планктонних організмів. Слід також враховувати той факт, що басейн р. Коноплянка знаходиться в мілітаризованій зоні. Активні бойові дії можуть стати причиною додаткового забруднення акваторії. Щоб передбачити потенційні наслідки змін в екосистемі р. Коноплянка необхідно мати уявлення про сучасний стан гідробіоценозів, який дотепер залишається слабо вивчений.

Зв'язок авторського доробку з науковими і практичними завданнями. Результати досліджень, які представлені в даній роботі, були отримані в ході виконання держбюджетної теми «Розробка заходів щодо збереження і відновлення водних екосистем, постраждалих від військових дій» (номер держреєстрації 0123U101856, виконавець – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання зоопланктону в якості індикатора гідроекологічних змін має багато підтверджень у наукових публікаціях. Так, у зоопланктоні р. Мокра Сура, яка входить до складу приточної системи Запорізького (Дніпровського) водосховища, було виявлено домінування коловороток – сапробіонтів і зменшення чисельності ракоподібних – фільтраторів, що вказує на активну евтрофікацію водойми і пригнічення процесів самоочищення [2]. Дослідження багаторічної динаміки розвитку зоопланктону р. Оріль, яка вважалась однією з найчистіших річок Європи, свідчать про поступове збіднення видового складу за рахунок зникнення деяких видів ракоподібних і заміну в структурі зоопланктону великих за розміром видів більш дрібними [3]. Сучасний комплекс зоопланктону р. Оріль характеризується домінуванням коловороток-сапробіонтів і пригніченим розвитком гіллястовусих ракоподібних внаслідок прогресуючої евтрофікації водойми, спричиненої надмірним рекреаційним навантаженням на узбережжя [4].

Суттєві зміни у видовому складі зоопланктону визнані як критерій забруднення водойм стічними водами тваринницьких підприємств. Найбільш чут-

ливими до такого виду органічного забруднення виявилися: *Asplanchna priodonta* (Gosse), *Polyarthra vulgaris* (Carlin), *Polyphemus pediculus* (Linnaeus), *Leptodora kindtii* (Focke), *Copepoditi* (Cyclopoida) та *Nauplii* веслоногих ракоподібних [5].

Реакція зоопланктону на токсичне забруднення водойм займає вагоме місце в гідроекологічних дослідженнях. Потрапляння у водойми розповсюджених гербіцидів (атразин, гліфосат та ін.) з відносно тривалою стійкістю у прісній воді викликає швидкий летальний ефект у різних представників зоопланктону, а при сублетальних концентраціях порушує їх відтворювальну функцію [6]. При використанні в умовах мезокосм іншого гербіциду – бенказону в різних концентраціях, які зустрічаються у водоймах, зоопланктон виявився одним з найбільш постраждалих угруповань модельної екосистеми. Наслідком впливу гербіциду була заміна великих ключових форм зоопланктону на дрібні форми [7].

Одними із найрозповсюджених токсикантів у природних і штучних водоймах є важкі метали. Навіть при невеликих концентраціях у воді, важкі метали несуть потенційну загрозу для гідробіонтів, оскільки їм притаманне явище біоаккумуляції. Встановлено, що активність акумуляції важких металів у зоопланктоні має таку послідовність: $Cu > Fe > Mn > Zn > Cd > Ni > Pb > Co$ і залежить від різних факторів (видової структури зоопланктону, розвитку фітопланктону як харчового компоненту, хімічного складу води тощо) [8].

Експериментальні дослідження з *Daphnia magna* показали, що під дією токсикантів у ракоподібних відбуваються порушення в метаболічних процесах, які негативно відображаються на відтворювальній системі. На підставі чого рекомендовано використовувати показники відтворення зоопланктону в якості індикаторів токсичного забруднення водойм [9]. Встановлено також, що гормональні порушення відтворювальної системи *D. magna* відбуваються не тільки шляхом прямого впливу токсиканта через воду, але й через накопичення його у водоростях (*Chlorella vulgaris*), якими харчувалась дафнія [10].

У сучасній екотоксикології особливу увагу приділяють використанню зоопланктону в якості індикатора забруднення водних екосистем хімічними сполуками, відомими під назвою «руйнівників ендокринної системи» (EDC). Зібрана база експериментальних даних підтверджує ефективність застосування представників прісноводного зоопланктону для ідентифікації EDC наряду зі звичайними хімічними методами [11].

Таким чином, дослідження показників розвитку зоопланктону дають важливу інформацію про рівень стабільності водної екосистеми і попереджають про негативний вплив на неї будь-яких техногенних чинників.

Метою нашої роботи було визначити видовий склад і чисельні показники розвитку зоопланктону

на ділянках р. Коноплянка з різним антропогенним навантаженням.

Наукова новизна роботи. Вперше за останні двадцять років проведено дослідження зоопланктону р. Коноплянка, яка знаходиться під потужним техногенним впливом і виконує роль природного буфера між стічними господарсько-побутовими водами м. Кам'янське і Запорізьким (Дніпровським) водосховищем. Отриманий науковий матеріал поповнить знання щодо особливостей розвитку зоопланктону в техногенно змінених водоймах і використання його в якості біоіндикатора стану водних екосистем.

Матеріали і методи. Дослідження просторового розподілу зоопланктону в р. Коноплянка проводились влітку 2024 року. Річка відноситься до малих річок, має довжину біля 8 км, середню ширину – 10 м, середню глибину – 0,8 м. Проби зоопланктону відбирались у 4-х точках, позначених на рисунку 1.

Точка № 1 знаходилась у верхній частині р. Коноплянка, яка розташована в промзоні, куди стікаються господарсько-побутові води м. Кам'янське. Між точками № 1 і № 2 на правому березі річки знаходиться Дніпровське хвостосховище радіоактивних відходів колишнього Придніпровського хімічного заводу. Точка № 3 – це старе русло р. Коноплянка, яке відгороджене дамбою від основного русла і фактично перетворилося в затоку Запорізького (Дніпровського) водосховища, оскільки має з ним прямий зв'язок. Точка № 4 знаходилась в гирлі річки, де річкова вода змішується з водою водосховища.

Відбір і опрацювання проб зоопланктону здійснювалися за загальноприйнятими гідробіологічними методиками [12]. Для оцінки видового різноманіття зоопланктону використовували індекс Шеннона; для визначення класу якості води – індекс сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека.

Статистична обробка матеріалу проводилась за допомогою комп'ютерної програми Statistica.

Результати досліджень. За результатами досліджень видовий склад зоопланктону р. Коноплянка був вкрай небагаточисельний. Всього в пробах виявлено 14 видів зоопланктерів. За кількістю видів переважали коловертки (Rotatoria) – 6 видів: *Brachionus calyciflorus* (Pallas), *Polyarthra vulgaris* (Carlin), *Keratella quadrata* (Müller), *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg), *Conochilus unicornis* (Rouss), *Asplanchna priodonta* (Gosse). Найбільш розповсюдженим видом був *B. calyciflorus*, який зустрічався в усіх точках. Інші види мали обмежене розповсюдження. Більше всього видів коловерток знайдено в точках № 3 (старе русло) і № 4 (гирло), які мали безпосередній зв'язок з водосховищем. Лише в цих точках була присутня *A. priodonta*.

Веслоногі ракоподібні (Copepoda) та їх наупліальні стадії були представлені трьома видами: *Acanthocyclops vernalis* (Fischer), *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Eucyclops serrulatus* (Fischer). Науплії виявлені в усіх точках, крім точки № 2, яка знаходилась у зоні впливу хвостосховища. Просторове розповсюдження видів копепод не відрізнялось очевидною закономірністю, вони зустрічались на всіх дослідних ділянках.

Представники гіллястовусих ракоподібних (Cladocera) належали до чотирьох видів: *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller), *Daphnia longispina* (O. F. Müller), *Leptodora kindtii* (Focke). Самим розповсюдженим видом була *B. longirostris*, вона була присутня в усіх пробах. У старому руслі і гирлі річки був знайдений один представник хижих коловерток – *L. kindtii*. По мірі зменшення кількості видів точки розташовувались у такій послідовності: старе русло – 4 види,

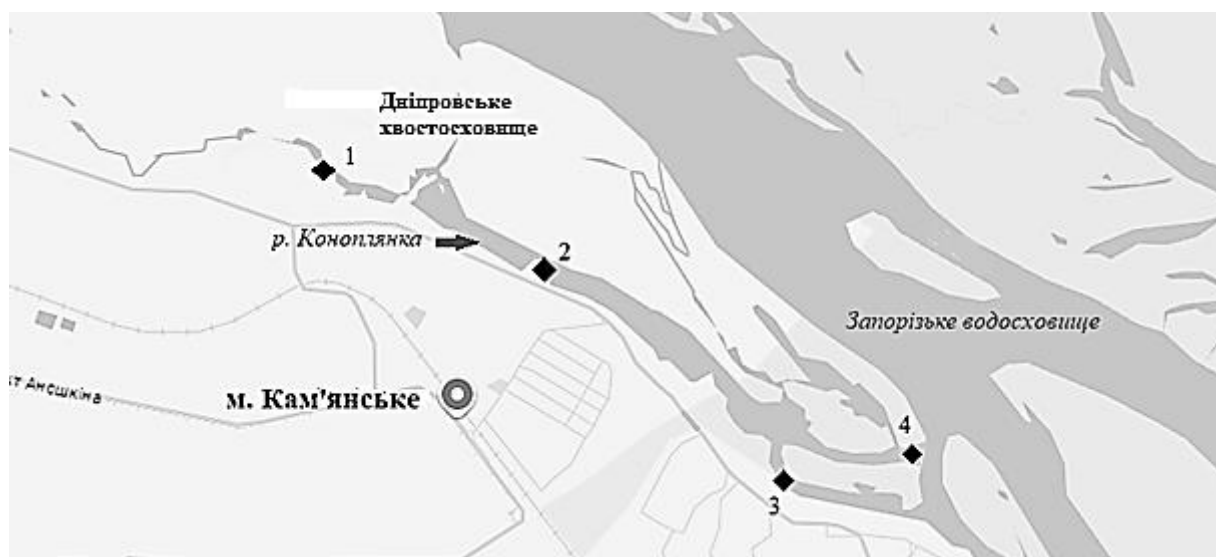


Рис. 1. Точки відбору проб зоопланктону в р. Коноплянка: 1 – верхня частина (промзона); 2 – середня частина (хвостосховище); 3 – старе русло; 4 – гирло р. Коноплянка

гирло – 3 види, промзона і хвостосховище – по 2 види.

Інфузорія *Paramecium caudatum* (Ciliophora) була зафіксована лише в одній точці – старому руслі, яка потрапила туди, очевидно, з водосховища.

Як видно з таблиці 1, кількісні показники розвитку зоопланктону на різних ділянках р. Коноплянка мали суттєві відмінності (у чисельнику – чисельність зоопланктону, тис. екз/м³, у знаменнику – біомаса зоопланктону, мг/м³).

Чисельність коловороток у точці № 3 була в 7–11 разів більше порівняно з іншими точками, біомаса відповідно у 10–12 разів більше. Показники розвитку коловороток у гирлі (точка № 4) і біля хвостосховища (№ 2) суттєво не відрізнялись. За чисельністю і біомасою в усіх точках впевнено переважав *Brachionus calyciflorus*, крім точки № 3, де за біомасою домінувала велика коловортка *Asplanchna priodonta*.

Найбільш інтенсивний розвиток веслоногих раків відмічався у точці № 3. У гирлі річки показники чисельності і біомаси копеподит були нижче в 2 рази. У промзоні і біля хвостосховища ці показники були нижче у 4–5 разів порівняно зі старим руслом і в 2–3 рази – порівняно з гирлом. За показниками розвитку в різних точках домінували різні види копепод. Так, у точках № 1 і № 2 за чисельні-

стю і біомасою домінував *A. vernalis*, у точці № 3 – *M. leuckarti*, у точці № 4 – за чисельністю домінував *E. serrulatus*, за біомасою – *A. vernalis*.

Чисельність гіллястовусих раків була найбільшою в гирлі річки, а біомаса – у старому руслі за рахунок присутності крупного представника – *D. longispina*. Чисельність кладоцер у промзоні була нижче порівняно з гирлом майже в 11 разів. Біля хвостосховища розвиток гіллястовусих раків також був пригнічений – у 4 рази за чисельністю. Найбільш багаточисельним видом в усіх точках був дрібний рачок *Bosmina longirostris*.

Наприкінці червня у точці № 3 була зафіксована досить висока чисельність представника Ciliophora – інфузорії *Paramecium caudatum*. Спалахи її розмноження спричинила, очевидно, тимчасова відсутність водообміну між затокою «старе русло» і водосховищем, що привело до накопичення органіки і створенню сприятливих умов для розвитку інфузорій.

Загальна чисельність зоопланктерів у старому руслі була в 22 рази вище порівняно з промзоною, в 14 разів вище порівняно з ділянкою біля хвостосховища і в 7 разів вище порівняно з гирлом річки. За показниками біомаси спостерігалась аналогічна залежність. Майже однакові показники загальної біомаси зоопланктону в точках № 2 і № 4 поясню-

Таблиця 1

Чисельність (тис. екз/м³) і біомаса (мг/м³) угруповань зоопланктону різних за екологією ділянок р. Коноплянка, $M \pm m$, $n=20$

Представники зоопланктону	Показники розвитку зоопланктону за точками відбору			
	1	2	3	4
Rotatoria	$\frac{3,05 \pm 0,08}{19,85 \pm 4,12}$	$\frac{4,75 \pm 0,62}{22,12 \pm 4,38}$	$\frac{33,50 \pm 5,18}{238,5 \pm 18,44}$	$\frac{4,25 \pm 0,13}{23,44 \pm 3,72}$
Copepoda	$\frac{2,86 \pm 0,11}{67,16 \pm 8,45}$	$\frac{3,75 \pm 0,24}{96,25 \pm 9,14}$	$\frac{14,50 \pm 0,76}{201,7 \pm 22,04}$	$\frac{7,75 \pm 0,34}{95,0 \pm 8,36}$
Cladocera	$\frac{0,71 \pm 0,04}{2,84 \pm 0,18}$	$\frac{1,85 \pm 0,53}{91,4 \pm 12,20}$	$\frac{5,12 \pm 0,66}{107,0 \pm 13,44}$	$\frac{7,75 \pm 0,62}{94,0 \pm 5,23}$
Ciliophora	-	-	$\frac{95,7 \pm 7,21}{57,45 \pm 5,12}$	-
Усього	$\frac{6,62}{89,85}$	$\frac{10,35}{209,77}$	$\frac{148,82}{604,67}$	$\frac{19,75}{212,44}$

Таблиця 2

Екологічна характеристика різних ділянок р. Коноплянка

Точки відбору проб	Домінуючі види	Індекс Шенона	Індекс сапробності	Категорія якості води
№ 1 (промзона)	<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,50	2,18	Слабко забруднена
№ 2 (хвостосховище)	<i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Acanthocyclops vernalis</i>	0,54	2,02	Слабко забруднена
№ 3 (старе русло)	<i>Asplanchna priodonta</i> <i>Daphnia longispina</i>	0,69	1,86	Досить чиста
№ 4 (гирло)	<i>Acanthocyclops vernalis</i> <i>Bosmina longirostris</i>	0,71	2,08	Слабко забруднена

ється присутністю біля хвостосховища (точка № 2) великого рачка *D. longispina*.

Аналіз отриманих результатів показав, що домінуючі на всіх ділянках види зоопланктону належать до видів-індикаторів сапробності (табл. 2). При низьких значеннях індексу Шенона простежується динаміка поступового його збільшення від верхів'я річки (промзона) до гирла (0,5–0,71).

За показниками індексу сапробності та індикаторними видами зоопланктону вода р. Коноплянка характеризується як β -мезосапробна; на ділянці промзони, біля хвостосховища і в гирлі – слабо забруднена (III клас якості), в старому руслі – досить чиста (II клас якості).

Обговорення результатів. Обмежений видовий склад і низькі показники розвитку літнього зоопланктону на всіх досліджених ділянках свідчать про наявність хронічного забруднення р. Коноплянка. Виявлені види-домінанти зоопланктону на ділянках промзони, хвостосховища та гирла є індикаторами помірного органічного забруднення: *Brachionus calyciflorus* (β - α -мезосапроб), *Bosmina longirostris* (β -мезосапроб). На цих ділянках був також підвищений індекс сапробності. Підтвердженням наявності органічного забруднення річки слугують дані гідрохімічних досліджень, за якими на вказаних ділянках якість води не відповідала рибогосподарським ГДК за вмістом нітритів і нітратів [13].

На ділянці № 3 (старе русло) склад домінуючих видів зоопланктону відрізнявся від інших точок. Тут переважали α - β -сапробні види (*Asplanchna priodonta*, *Daphnia longispina*) і відповідно був знижений індекс сапробності. Пояснюється це тим, що гідрохімічний режим у старому руслі формується, в основному, за рахунок водообміну з водосховищем. Внаслідок побудованій дамбі вплив річки на цю ділянку відбувається лише через ґрунтові води.

Ознаками хронічної токсифікації р. Коноплянка можуть слугувати наступні показники структури і розвитку зоопланктону: низька загальна чисельність і біомаса; переважання за чисельністю і біомасою копеподітних раків над кладоцерами; домінування дрібних форм зоопланктону (*B. calyciflorus*, *P. vulgaris*, *K. quadrata*, *B. longirostris*) і обмежений розвиток крупних форм (*A. priodonta*, *D. longispina*). Появу дрібних форм зоопланктону при хімічному забрудненні відмічають інші автори [3, 14]. Відносним еталоном для порівняння може слугувати старе русло річки, яке відрізнялось від інших точок в декілька разів вищими показниками розвитку зоопланктону і присутністю крупних форм коловерток і кладоцер.

Стосовно впливу на зоопланктон хвостосховища радіоактивних відходів можна зробити лише окремі припущення. Наприклад, тільки в точці № 2, яка знаходилась безпосередньо біля хвостосховища, у пробах були відсутні наупліальні стадії веслоногих раків, а ротаторний комплекс характеризувався монодомінантним видом *Brachionus calyciflorus*. У літературі

є підтвердження чутливості коловерток до радіонуклідного забруднення за виключенням коловерток р. *Brachionus* [15]. Слід враховувати той факт, що хвостосховище уранових відходів існує вже більше 70 років. Моніторингові дослідження останніх років свідчать про суттєве погіршення технічного стану огорожувальної дамби хвостосховища, внаслідок чого відбувається постійна фільтрація радіонуклідів з хвостосховища в ґрунти на прилеглих територіях, а також у донні відкладення р. Коноплянка [16].

Таким чином, обмежений розвиток зоопланктону р. Коноплянка і відсутність у його складі крупних організмів-фільтраторів свідчить про низьку самоочисну здатність водойми. Враховуючи, що р. Коноплянка несе велике техногенне навантаження і має прямий зв'язок із Запорізьким (Дніпровським) водосховищем, актуальним є проведення гідробіологічного моніторингу річки і розробка заходів щодо підвищення її самоочисної здатності, одним з яких може бути створення штучного біоплату.

Висновки

1. Зоопланктон різних ділянок р. Коноплянка мав суттєві відмінності і, в цілому, характеризувався обмеженим видовим складом (14 видів) і низькими показниками чисельності і біомаси.

2. За кількістю видів і показниками розвитку зоопланктону найнижчі показники мала верхня ділянка р. Коноплянка, що підпадала під вплив побутових і промислових скидних вод м. Кам'янське (ділянка промзони), а найвищі – ділянка старого русла, яка відокремлена від основного русла дамбою і має зв'язок з річкою тільки через ґрунтові води.

3. Виявлені види-домінанти зоопланктону на ділянках промзони, хвостосховища та гирла є індикаторами помірного органічного забруднення (β -мезосапроби) і за категоріями сапробності характеризують ці ділянки як «слабо забруднені». Ділянка старого русла відноситься до категорії «досить чиста», а домінуючі види зоопланктону належать до α - β -сапробіонтів.

4. Низьке біорізноманіття зоопланктону, домінування в його складі дрібних форм, переважання копеподітного комплексу над кладоцерним можуть свідчити про хронічну токсифікацію р. Коноплянки.

5. Опосередкованим свідченням впливу радіаційного забруднення, джерелом якого може бути розташоване на правому березі р. Коноплянка хвостосховище уранових відходів, може слугувати абсолютне домінування коловертки *Brachionus calyciflorus* і пригнічення розвитку інших видів ротаторного комплексу.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати проведених досліджень можуть бути використані для розробки гідробіологічного моніторингу екологічного стану р. Коноплянка, які утворять наукову платформу для розробки практичних заходів щодо підвищення самоочисної здатності річки і знизять ризики негативного впливу її на Запорізьке (Дніпровське) водосховище.

Література

1. Лаврова Т.В. Радіоекологічний моніторинг майданчиків спадщини уранового виробництва: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.01. Київ, 2023. 235 с.
2. Яковенко В.О., Федоненко О.В., Тушницька Н.Й. Оцінка стану зоопланктону і зообентосу р. Мокра Сура. *Рибогосп. наука України*. 2017. № 4 (42). С. 19–32.
3. Яковенко В.О., Єсіпова Н.Б., Деркач Т.О. Видовий склад та кількісні показники літорального зоопланктону річки Оріль. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів*: зб. матер. VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України. Київ, 2019. С. 106–109.
4. Єсіпова Н.Б. Біоіндикація в якості контролю екологічного стану заповідних територій. *Екологічні проблеми сучасності: праці II Міжнар. наук.-практич. конф. (Луцьк, 10 травня 2024 р.)*. Луцьк, 2024. С. 52–55.
5. Захаренко М.О., Курбатова І.М., Поляковський В.М. Оцінка екологічного стану водойм за видовим складом зоопланктону та фітопланктону. *Біологічні системи*. 2022. Т. 14. Вип. 1. С. 74–81.
6. Rico-Martínez I. R., Arias-Almeida J. C., Pérez-Legaspi I. A., Alvarado-Flores J., Retes-Pruneda J. L. Adverse Effects of Herbicides on Freshwater Zooplankton. In book: *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. 2012. P. 405–434. DOI:10.5772/33558
7. Grillo-Avila D., Antón-Pardo M., Armengol J. et al. Effects of the herbicide bentazone on the structure of plankton and benthic communities representative of Mediterranean coastal wetlands: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia*. 2024. № 27. DOI:10.1007/s10750-024-05779-w
8. El-Metwally M.E.A., El-Regal M.A.A., Abdelkader A.I., Sanad E.F. Heavy metal accumulation in zooplankton and impact of water quality on its community structure. *Arabian Journal of Geosciences*. 2022. Vol.: (0123456789)
1. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-09424-x>
- a. 9. Jeong T.Y., Simpson M.J. Reproduction stage specific dysregulation of *Daphnia magna* metabolites as an early indicator of reproductive endocrine disruption. *PubMed*. 2020. PMID: 32717493. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116107
2. 10. Jeong T.Y., Simpson M.J. Endocrine Disruptor Exposure Causes Infochemical Dysregulation and an Ecological Cascade from Zooplankton to Algae. *PubMed*. 2021. PMID: 33617259. DOI: 10.1021/acs.est.0c07847
3. 11. Razak M. R., Wee S. Y., Yusoff F. M., Yusof Z. N. B. Zooplankton-Based Adverse Outcome Pathways: A Tool for Assessing Endocrine Disrupting Compounds in Aquatic Environments. *Environmental Research*. 2024. 252, 119045. DOI:10.1016/j.envres.2024.119045
4. 12. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с
5. 13. Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С., Скляр Т.В., Маренков О.М., Гудим Н.Г., Форощук В.В. Гідроекологічна характеристика сучасного стану Запорізького (Дніпровського) водосховища та його приток. *Рибогосп. наука України*, 2023. № 4 (66). С. 35–48.
6. 14. Думіч О.Я. Оцінка якості води ставів у категоріях сапробності. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.4. С. 72–75.
7. 15. Shuryak I. Modeling species richness and abundance of phytoplankton and zooplankton in radioactively contaminated water bodies. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2018. Vol. 192. P. 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.05.016>
8. 16. Пікарєня Д.С., Орлінська О.В., Рудаков Л.М., Гапич Г.В. Досвід застосування геофізичних методів для оцінки технічного стану огорожувальної дамби хвостосховища. *Наук. журн. Метінвест Політехніки*. 2024. № 1. С. 82–89.