

УДК 504.4

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.26>

ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ УСТЯ ЗА НАБОРОМ ІНДИКАЦІЙНИХ ТА ТЕСТОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Бєдункова О.О. – д.б.н., доцент, професор кафедри екології,
технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства,
Національний університет водного господарства та природокористування
Статник І.І. – к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри екології,
технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства,
Національний університет водного господарства та природокористування
Кучко О.М. – аспірант кафедри екології,
технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства,
Національний університет водного господарства та природокористування

Наведено результати досліджень екологічного стану водної екосистеми малої річки Устя на ділянці, що зазнає антропогенного навантаження. Оцінка проводилась у період літної межени в зоні ріпалі та медіалі, які на період обстеження мали всі ознаки «цвітіння» води. Зафіксовано низький вміст кисню, що відповідає ступеню чистоти води «брудна» і «дуже брудна», що є передумовою заморних явищ, ймовірність виникнення яких зростає за наявності високих концентрацій забруднюючих речовин. При цьому відзначалась нормальна реакція середовища із характеристикою стану «добрий» та ступенем чистоти «досить чиста». Значення окисно-відновного потенціалу (близько 150 mV) відображує окисну геохімічну ситуацію, яка характеризується присутністю вільного кисню, а також цілої низки елементів у найвищій формі своєї валентності. Температура води в усіх точках спостережень була вищою 22°C та мала відмінність між ними в межах десятих градусів. Проте слід відзначити деяке її зростання в зоні ріпалі порівняно з медіаллю, що є звичним явищем для різниці температур води в різних екологічних зонах водних об'єктів. Визначено видовий та чисельний склад фітопланктонних (середня чисельність 15,2 млн кл/дм³) та зоопланктонних угруповань (середня чисельність 1280 екз/м³), що відображує евтрофний статус водного об'єкта. Виявлено збіднений склад представників донних безхребетних з переважанням тубіфіцид. Серед екологічних груп вищої водної рослинності найбільш чисельними є представники лімнофільних та умов заболочування, із домінуванням рогозу широколистоного, що створює значні зарості в руслі. За гідробіологічними показниками воду віднесено до IV класу якості з характеристикою «а-мезоспробна». За результатами біотестування встановлено переважно «середній» ступінь токсичності води, цільних донних відкладів та їх водних витяжок. Це є свідченням нестачі кисню та надлишку вугільної кислоти у воді, присутності значної кількості органічних речовин та аміаку. Сукупна наявність ознак екологічного стану свідчить про загрозу кризового стану гідроекосистеми, що потребує негайного вжиття компенсаційних водоохоронних заходів.

Ключові слова: водна екосистема, гідробіонти, якість води, екологічний стан.

Biedunkova O.O., Statnyk I.I., Kuchko O.M. Estimation of estuarine aquatic ecosystem status by a set of indicative and test parameters

The results of studies of the ecological status of the aquatic ecosystem of the small Ustyа River on the site under anthropogenic loading are presented. The assessment was conducted during the summer boundary in the zone of ripples and medials, which during the survey had all the signs of “flowering” of water. Low oxygen content was recorded, which corresponds to the degree of purity of the water “dirty” and “very dirty” and is a prerequisite for the overburden phenomena, which are likely to occur in the presence of high concentrations of pollutants. The normal reaction of the medium with the characteristic of the state “good” and the degree of purity “quite pure” was noted. The value of the redox potential (about 150 mV) reflects the oxidation geochemical situation, which is characterized by the presence of free oxygen, as well as a number of elements in the highest form of its valence. The water temperature at all observation points was above 22°C and had a difference between them within ten degrees. However, it should be noted some of its increase in the ripple zone, compared to the medial, which is com-

monplace for differences in water temperatures in different environmental zones of water bodies. Species and numerical composition of phytoplankton (average number of 15.2 million cl/dm^3) and zooplankton groups (mean number of 1280 specimens/ m^3) were determined, which reflects the eutrophic status of the water body. The impoverished composition of representatives of the bottom invertebrates with prevalence of tubificide was revealed. Among the ecological groups of higher aquatic vegetation, the most numerous are representatives of limnophilic and wetland conditions, with the predominance of the broadleaf rugose, which creates considerable thickets in the stream. In terms of hydrobiological indicators, water is classified as quality class IV with the characteristic "α-meso saprobity". According to the results of biotesting, the "average" degree of toxicity of the water, whole bottom sediments and their water extracts. This is evidence of a lack of oxygen and excess carbonic acid in the water, the presence of a large amount of organic matter and ammonia. The combined presence of signs of ecological status testifies to the threat of crisis state of the hydro-ecosystem, which requires immediate application of compensatory water protection measures.

Key words: aquatic ecosystem, hydrobionts, water quality, ecological status.

Постановка проблеми. Під час екологічних досліджень водних об'єктів широко та успішно використовуються функції відгуку біоти як інтегральна реакція живого на стан екосистеми загалом. Водночас складність та багатомірність біотичних процесів, які мають місце у водоймах за умов їх антропогенних змін, потребують різних підходів у кожному окремому випадку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати сучасних наукових досліджень доводять, що ключовим питанням тут є обґрунтування критеріїв оцінки наслідків антропогенних впливів, засноване на пізнанні закономірностей антропогенної мінливості біологічних систем [1], стійкості та механізмів адаптації [2]; визначення «норми і патології» організмів [3] або якісно нових станів суспільств [4]. Досить велику кількість робіт присвячено вивченню видового різноманіття гідробіонтів різних таксономічних груп, де основними критеріями оцінки стану водойм є їх трофічність або сапробність [5]. І лише окремі автори акцентують увагу на необхідності інтегральних підходів, які б могли повною мірою надати уявлення про стійкість та стабільність водойм та виявити невідомі фактори середовища, які впливають на біотичний складник гідроекосистем за умов їх антропогенних змін [6; 7].

Постановка завдання. Метою наших досліджень було проведення оцінювання стану водної екосистеми малої річки Устя за набором індикаційних та тестових параметрів для виявлення змін, яких зазнає ділянка водотоку внаслідок антропогенного впливу. Роботи проводились на ділянці р. Устя в межах с. Городок Рівненського району Рівненської області, де русло розходиться на два рукави, між якими знаходиться територія Городоцького Свято-Миколаївського жіночого монастиря. Час досліджень припадав на період літньої межени 2019 р., який характеризується найгіршими умовами для водної екосистеми через пониження рівня та витрат води, зростання температури води, деякої зміни гідрохімічних характеристик та ускладнення процесів самоочищення.

Відбір проб води проводили згідно з нормативними вимогами [8]. Визначення реакції середовища та електропровідності води проводили безпосередньо на місці взяття проб, користуючись портативним рН/ОВП-метром "Dayawa"; вміст розчиненого у воді кисню, ступінь насичення води киснем та температуру води за допомогою оксиметра "Ezodo" ("Dial Electronics Ltd", Тайвань), що пройшов державну атестацію та перевірку у «Всеукраїнському державному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (свідоцтво про перевірку законодавчо регульованого засобу виміральної техніки № 36-1/1363). Значення абіотичних параметрів порівнювались для ділянок річки з різними екологічними умовами (рис. 1).



Рис. 1. Точки відбору проб під час проведення досліджень

Координати точок:

1 – 50°41'13.4"N 26°10'32.1"E

2 – 50°41'14.7"N 26°10'27.6"E

3 – 50°41'14.8"N 26°10'25.3"E

4 – 50°41'16.6"N 26°10'24.6"E

5 – 50°41'18.4"N 26°10'25.7"E

Характеристика екологічних умов:

точки 1, 3 – медіаль

точки 2, 5 – ріпаль

точка 4 – після виходу води з греблі

Відбір якісних проб фітопланктону проводили на відкритих ділянках русла (точки 1, 3) інтегрально з поверхневого (0–0,5 м) шару води за допомогою планктонної сітки Апштейна, крізь яку фільтрували не менше 50 л води. Відбір якісних проб зоопланктону проводили на мілководді (точки 1, 2), зачерпуючи воду для фільтрування (50 л) поблизу заростей водних рослин та концентрували пробу за допомогою планктонної сітки Апштейна.

Після згущення проб у планктонному стаканчику його вміст обережно перенесли до скляної тари та фіксували додаванням 5 мл 40% розчину формаліну. Проби доставлялись у лабораторію. Видовий склад планктону вивчали за допомогою світлового мікроскопа та користуючись гідробіологічними визначниками [9; 10]. Розрахунок чисельності водоростей в 1 дм³ води проводиться за формулою С.А. Кражан і Л.І. Лупачової:

$$N = \frac{n \cdot 10 \cdot V_1 \cdot 1000}{V}, \quad (1)$$

де N – кількість водоростей в 1 дм³; n – кількість водоростей в 0,1 мл; V_1 – об'єм проби після згущення; V – первинний об'єм проби.

Розрахунок кількості організмів у 1 м³, якщо проба відібрана шляхом проціджування певного об'єму води через сітку Апштейна, проводиться за формулою:

$$N = \frac{n \cdot 1000}{V}, \quad (2)$$

де N – кількість організмів у 1 м³ води, екз/м³; n – кількість організмів у пробі, екз.; V – об'єм води, процідженої через сітку, л.

Збір представників донних безхребетних проводили за допомогою донного шкребка, користуючись методикою [11]. Середні значення чисельності гідробіонтів розраховувались як середньозважені для загальної кількості відібраних проб.

Під час проведення біотестування за допомогою лабораторної культури акваріумної водорості *Vallisneria* (P. Micheli ex L. 1753) використовували три схеми експерименту: 1 – тестування поверхневих вод річки, відібраних у контрольних ство-

рах; 2 – тестування цільних донних відкладів, відібраних у відповідних створах; 3 – тестування водних витяжок з донних відкладів (проби донних відкладів у співвідношенні «донні відклади – вода» 1:4 збовтували протягом 4 год., відстоювали 12 год. і використовували для аналізу зібраний надмуловий шар води). Як контроль використовували акваріумну воду, де культивувався тест-об'єкт *Vallisneria*. Спостереження за швидкістю ротаційного руху хлоропластів у клітинах лабораторної культури *Valisneria* проводили за допомогою біологічного тринокулярного світлового мікроскопа Мікротон-400, окулярного гвинтового мікрометру МОВ-1, за загального збільшення об'єкта $8 \times 40 \times 15$ разів та механічного секундоміра СОСпр-2б-2-010 згідно з методикою [12]. Визначення видів вищої водної рослинності проводили згідно з рекомендаціями [13].

Виклад основного матеріалу дослідження. На момент проведення замірів (до 12 год. дня) вмісту розчиненого у воді кисню, ступеня насичення води киснем, рН та електропровідності водного середовища (табл. 1) температура повітря становила 23,5°C.

За нормативами рибогосподарської категорії [14] вміст кисню у водних об'єктах не мусить бути нижчим $4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ до 12 год. дня в літній період року. Отримані результати вимірювань свідчать про невідповідність нормам вмісту кисню в точках №№ 1–3.

Таблиця 1

Результати визначення абіотичних параметрів досліджуваної ділянки р. Устя

№ з/п	Параметри	Точки відбору проб				
		1	2	3	4	5
1	Вміст розчиненого кисню, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$	3,5	2,6	3,3	5,4	6,15
2	Ступінь насичення води киснем, %	36,4	38,7	41,2	62,4	75,0
3	Температура води	22,4	22,7	22,5	22,1	22,2
4	рН	7,85	7,72	7,86	7,70	7,62
5	Електропровідність, mV	145	147	146	148	151

Після виходу води з греблі під мостом у результаті турбулентного перемішування вода річки насичується киснем та задовольняє рибогосподарським вимогам. Дещо нижче за течією вміст кисню ще підвищується та має цілком достатній рівень – $6,15 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$.

Згідно з класифікацією якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними критеріями [15] параметри кисневого режиму мали критичні характеристики, а рН води сприятливі (табл. 2).

Таблиця 2

Якість поверхневих вод досліджуваної ділянки р. Устя за параметрами кисневого режиму та реакцією середовища

№ з/п	Параметри	Категорія якості води в точках відбору проб				
		1	2	3	4	5
1	Вміст розчиненого кисню, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$	7,0	7,0	7,0	5,9	4,5
2	Ступінь насичення води киснем, %	7,0	7,0	6,5	5,5	4,5
3	рН	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Сьома категорія за вмістом розчиненого у воді кисню в точках №№ 1–3 свідчить про «дуже поганий» стан води зі ступенем чистоти «дуже брудна». Категорія 5, 9 у точці № 4 – про «поганий стан» зі ступенем чистоти «брудна».

У точці № 5 категорія дещо знизилась, а якісні характеристики води за вмістом розчиненого у воді кисню відповідно покращились – стан перехідний від «задовільного» до «посереднього», ступінь чистоти перехідний від «слабко забрудненого» до «помірно забрудненого».

Ступінь насичення води киснем мав найгірші характеристики в точках № 1 та № 2, де значення параметра відповідали 7 категорії із характеристикою стану води «дуже поганий» та ступенем чистоти «дуже брудна». У точці № 3 цей параметр мав категорію 6,5 та характеризував стан води як перехідний від «поганого» до «дуже поганого», а ступінь чистоти як перехідний від «брудного» до «дуже брудного». У точці № 4 категорія 5,5 свідчила про перехідний стан води від «посереднього» до «поганого» та про перехідний ступінь чистоти від «помірного» до «забрудненого». Значення цього параметра в 5 точці спостережень мало категорію 4,5 та перехідний стан від «задовільного» до «посереднього» та перехідний ступінь чистоти від «слабко забрудненого» до «помірно забрудненого».

Для параметрів кисневого режиму варто звертати основну увагу не стільки на ступінь чистоти води, скільки на стан води. Уявлення про забруднення дає розгорнутий загальний хімічний аналіз.

Отже, стан води за параметрами кисневого режиму досліджуваної ділянки річки на момент обстеження мав критичний екологічний стан у точках №№ 1–3 (вище греблі), що свідчить про застійні явища та стагнацію водного об'єкта. Відомо, що така ситуація передусє заморним явищем, ймовірність виникнення яких зростає за наявності високих концентрацій забруднюючих речовин.

Одночасно виміряна електропровідність становила близько 150 mV у всіх точках. Це відображує окисну геохімічну ситуацію, яка характеризується присутністю вільного кисню, а також цілої низки елементів у найвищій формі своєї валентності (Fe^{3+} , Mo^{6+} , As^{5-} , V^{5+} , U^{6+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{4+}).

Температура води в усіх точках спостережень була вищою 22°C та мала відмінність між ними в межах десятих градуса. Проте слід відзначити деяке її зростання в зоні ріпалі порівняно з медіаллю, що є звичним явищем для різниці температур води в різних екологічних зонах водних об'єктів.

Зважаючи на те, що реакція середовища характеризувалась за екологічними нормативами в межах 2 категорії стан «добрий», ступінь чистоти «досить чиста» в усіх точках, можна припустити, що погіршення кисневого режиму є тимчасовим, внаслідок високих температур.

Серед фітопланктону відібраних проб води були ідентифіковані 19 видів мікроорганізмів (додаток 1), які за таксономічною приналежністю відносились до 7 відділів (рис. 2).

Найбільш чисельними виявились види (30%), що представляли відділ зелені водорості (*Chlorophyta*): *Pandorina morum* (Smit, 1920); *Scenedesmus quadricauda* (Brébisson sensu Chodat, 1913); *Scenedesmus acuminatus* (Uherkovich); *Coelastrum astroideum* (De Notaris 1867); *Cladophora glomerata* (Kützing); *Uroglena volvocis* (Linné, 1758).

Дещо меншу, але теж досить чисельну частку (25%) серед решти виявлених видів займали організми відділу синьо-зелені водорості (*Cyanophyta*): *Oscillatoria* (Vaucher, 1803); *Microcystis aeruginosa* (Lemmermann, 1907); *Hapalosiphon* (Nägeli, 1849); *Dactylococcopsis raphidioides* (Hansgirg, 1888); *Rivularia globiceps* (C. Agardh, 1886).

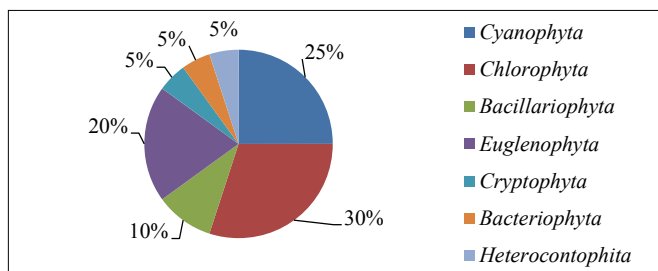


Рис. 2. Розподіл виявлених видів фітопланктону за відділами

Евгленові водорості (*Euglenophyta*) були наступними за чисельністю видів (20%): *Euglena flava* (Ehrenberg, 1833); *Euglena gracilis* (G.A.Klebs, 1883); *Trachelomonas* (Ehrenberg, 1833); *Phacus* (Dujardin, 1841).

Чисельність видів відділу діатомові водорості (*Bacillariophyta*) від усіх виявлених була ще нижчою (10%): *Achnantheidium* (Kützing, 1844); *Cuclotella bodanica* (Brébisson, 1838).

Решта видів становили по 5%, зокрема відділ криптофітові водорості (*Cryptophyta*) представляв вид *Chilomonas paramaecium* (Ehrenberg ex Ralfs, 1831); відділ бактерії (*Bacteriophyta*) – вид *Sphaerotilus natans* (Kützing, 1833); відділ різноджгутикові (*Heterocontophita*) представляв вид *Chrysostephanosphaera* (Scherffel, 1911).

Підрахунок загальної кількості представників фітопланктону у відібраних пробах води досліджуваної частини р. Устя виявив, що їх середня чисельність становила 15,2 млн кл/дм³, що свідчить про евтрофний статус водного об'єкта. Таксономічний розподіл та середня чисельність організмів фітопланктону виявили, що на період обстеження вода ділянки річки до греблі мала всі ознаки «цвітіння», що загрожує кризою екологічного стану.

Зоопланктон досліджуваної ділянки річки представлений чотирма видами (рис. 3).

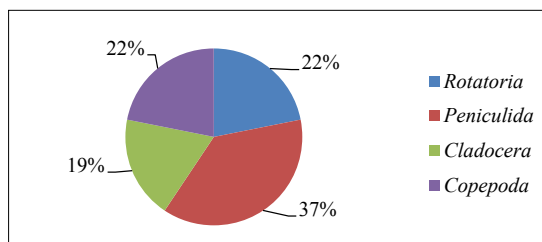


Рис. 3. Розподіл виявлених видів зоопланктону за рядами

Найбільшою кількістю організмів (37%) був представлений ряд інфузорій (*Peniculida*), зокрема види: *Paramecium woodruffi* (Wenrich, 1928); *Saprodinium dentatum* (Lauterborn, 1901); *Vorticella campanula* (Ehr., 1831).

Однаковою виявилась частка організмів, що належали до ряду *Rotatoria* та *Copepoda* (по 22%). Зокрема, коловратки (*Rotatoria*) були представлені видами: *Rotaria Neptunia* (Scopoli, 1777); *Cathypna luna* (Ehr., 1831); *Cephalodella sp.* (Bory de St. Vincent, 1826). Веслоногі ракоподібні (*Copepoda*) видами: *Cyclops sp.* (Müller, 1776); *Gammarus roeseli* (Fabricius, 1775).

Найменш чисельною кількістю (19%) були представлені види гіллястовусих ракоподібних (*Cladocera*): *Daphnia magna* (Müller, 1785); *Moina sp.* (Baird, 1850).

Підрахунок загальної кількості представників зоопланктону у відібраних пробах води досліджуваної частини р. Устя виявив, що їх середня чисельність становила 1280 екз./м³. У таксономічному розподілі варто відзначити достатню кількість крупних зоопланктонних форм, які беруть безпосередню участь у самоочисних процесах водойм, сприяють фільтрації води та позбавленню її надмірної кількості фітопланктонних угруповань.

Враховуючи індикаторну значимість виявлених організмів планктону, індекс сапробності, розрахований згідно за формулою Сладечка [4], де як окремі співтовариства розглядали мікро- та макрофітопланктон, мікро- та макрозообентос становив 2,78 – α -мезосапробна зона – IV клас якості води.

Донні відклади досліджуваної частини річки характеризуються збідненим видовим та чисельним складом представників зообентосу, зокрема донних безхребетних. Всього було виявлено два таксони: *Planorbidae* та *Tubificidae*. При цьому представники першого таксону *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) були знайдені у формі порожніх черепашок, всього в кількості 4 екз./м². Представники другого таксону були представлені видами: *Stularia lacustis* (Linnaeus, 1767) у середньому 4 екз./м² та *Tubifex tubifex* (Muller, 1774) у середньому 21 екз./м².

Такий збіднений склад представників донної фауни є свідченням несприятливих екологічних умов, що складаються в водоймі та насамперед свідчить про порушення окисно-відновних процесів та газового режиму в придонній частині. Порожні черепашки *P. corneus* можуть свідчити про випадіння цього виду з водної екосистеми, що також говорить про загрозу кризових явищ.

За результатами проведеного біотестування в усіх повторностях лабораторних випробувань досліджувані зразки води та донних відкладів проявляли ознаки токсичності (табл. 3).

Таблиця 3

**Оцінка ступеня токсичності гідроекосистеми р. Устя
на досліджуваній ділянці**

Показники біотестування у схемах експерименту		Повторність				
		1	2	3	4	5
Вода	% до контролю	143,17±12,11	25,35±0,81	33,04±2,12	35,77±2,88	54,12±2,14
	ступінь токсичності	2	3	3	3	2
Водні витязки	% до контролю	31,21±1,89	25,45±0,64	45,73±6,15	45,36±3,01	35,05±1,92
	ступінь токсичності	3	3	3	3	3
Цільні донні відклади	% до контролю	69,23±5,43	27,21±0,61	38,26±1,67	47,27±2,99	24,91±0,88
	ступінь токсичності	2	3	3	3	3
		слабка	середня	середня	середня	середня

По всіх проаналізованих зразках токсичність проявлялась переважно в межах 3 групи, що має ступінь прояву «середній». Такий рівень токсичності здатні переносити види, пристосовані до життя в умовах нестачі кисню, надлишку вугільної кислоти, присутності значної кількості органічних речовин та аміаку. Зважаючи на те, що тестування проводиться на умовно стерильних культурах гідробіонтів, отримані результати можуть свідчити про наявність у воді шкідливих факторів для живих організмів.

Вища водна рослинність досліджуваної ділянки річки мала обмежений видовий склад за значної чисельності: Ряска триборозенчаста *Lemna trisulca* (L., 1753); Рогіз широколистий *Typha angustifolia* (L., 1753); Цанікелія болотна *Zannichellia palustris* (L., 1753); Жабурник звичайний *Hydrocharis morsus-ranae* (L., 1753); Плакун прутувидний *Lythrum virgatum* (L., 1753).

Всі виявлені види належать до екологічних груп рослин ліофільних умов та умов заболочування. Слід відзначити, що суттєве проєктивне покриття водного дзеркала має лише рогіз широколистий, який створює вище за течією величезні захоплення водного плеса річки. Ці заростання призводять до зміни гідрологічного режиму та зарегулювання заплави, несуть загрозу для розвитку популяцій місцевих видів риб та посилюють евтрофікацію водойми.

Висновки і пропозиції. На момент обстеження ділянки р. Устя в межах с. Городок Рівненського району Рівненської області вміст розчиненого у воді кисню до греблі під мостом по вул. Б. Хмельницького мав критичні значення (в середньому $3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) та не відповідав рибогосподарським та екологічним нормативам. Покращення кисневого режиму мало місце після виходу води з греблі, нижче за течією. Одночасно реакція середовища та ОВП у межах норм можуть свідчити, що низький вміст кисню є наслідком підвищених температур літнього періоду.

Розвиток фітопланктонних угруповань на рівні $15,2 \text{ млн кл}/\text{дм}^3$ свідчить про евтрофний статус водної екосистеми, з помітним переважанням видів синьо-зелених водоростей. Видовий склад зоопланктону характеризується переважанням дрібних форм, хоча чисельність дрібних форм була значно вищою. Середня чисельність зоопланктону становила $1280 \text{ екз.}/\text{м}^3$. Розрахований індекс сапробності 2,78 відповідає α -мезосапробній зоні та IV класу якості води.

Серед донних безхребетних масово зустрічаються тубіфіциди та відмічається пригнічення розвитку інших представників бентосу. Вищі водні рослини представлені видами, що належать до екологічних груп лімнофільних та умов заболочування, зі значним переважанням рогозу широколистого, що створює значні зарості в руслі.

Сукупна наявність ознак екологічного стану свідчить про загрозу кризового стану екосистеми, що потребує негайного вжиття компенсаційних водоохоронних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Романенко В.Д., Ляшенко А.В., Афанасьев С.А., Зорина-Сахарова Е.Е. Биоиндикация экологического состояния водоемов в черте г. Киева. *Гидробиол. журн.* 2010. № 2, Т. 46. С. 3–24.
2. Осипова О.Ф., Осипов Д.И., Пряхин Е.А. Современное состояние зоопланктона водоёма в-3 Теченского каскада водоемов. *Вестник Челябинского гос. университета.* 2013. Вып. №7 (298). С. 195–196.
3. Мойсенко Т.И. Устойчивость водных экосистем и их изменчивость в условиях токсичного загрязнения. *Экология.* 2011. № 6. С. 441–448.

4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнерт и др.; под ред. Р. Шуберга. Москва : Мир, 1998. 350 с.
5. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидробиология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН. 2003. 463 с.
6. Ulanowicz R.E. and Puccia, C.J. Mixed trophic impacts in ecosystems. *Coenoses*. 1990. Vol. 5. P. 7–16.
7. Афанасьев С.О. Структура біоти річкових систем як показник їх екологічного стану : автореф. дис. ... доктора біол. наук : 03.00.17. Київ, 2011. 38 с.
8. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT). Київ: Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УкрНДІЕП). 2011. 35 с.
9. Водоросли. Справочник / Вассер С.П., и др. Киев : Наук. думка. 1989. 608 с.
10. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. Москва : Наука. 1975. 241 с.
11. Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів : навчальний посібник. Київ : Український фітосоціологічний центр. 2014. 269 с.
12. Смирнова Н.Н., Сиренко Л.А. Цитофизиологический метод экспрес-оценки токсичности природных вод. *Гибробиол. журн.* 1993. № 4, Т. 29. С. 95–101.
13. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Ленинград : Наука. 1981. 187 с.
14. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Москва : Главрыбвод Минрыбхоза СССР. 1990. 96 с.
15. КНД «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» / А.В. Гриценко та ін. Харків : УкрНДІЕП. 2012. 37 с.