

УДК 504.455.05:574.583 (477.82)

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНУ ОЗЕРА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ ЯК ІНДИКАТОР ЙОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

К. Назарук, І. Хамар

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: zoomus@franko.lviv.ua

Досліджено структуру зоопланктону озера Чорне Велике Шацького національного природного парку. Встановлено, що у водоймі існує стан нестійкої рівноваги, який може бути порушений навіть незначним алохтонним навантаженням. Угруповання зоопланктону є специфічними, оскільки перебувають під впливом речовин токсичної дії та за умови підвищеного вмісту біогенних і органічних речовин. Структурна організація Cladocera, Copepoda і Rotatoria адекватно відображає сучасний еколого-токсикологічний стан озера. Зоопланктон поєднує в собі риси, характерні для водойм із різним ступенем антропогенного навантаження.

Ключові слова: зоопланктон, антропогенне навантаження, індекси різноманіття, біоіндикатори.

Озера Шацького національного природного парку становлять єдину водну систему – одну з найбільших озерних груп Європи, відому під назвою "Шацькі озера". Наявність системи озер обумовлює своєрідність парку та виділяє його серед інших природно-заповідних територій Полісся. Всього у межах парку розташовано 22 озера, які різняться між собою походженням, площею водного дзеркала, глибиною, гідрохімічними параметрами води, видовим складом гідробіонтів і використанням [8]. Деякі з них зазнають значного антропогенного впливу, оскільки піддаються інтенсивному рекреаційному навантаженню, одним із наслідків якого є забруднення водойм і суттєве погіршення якості води. Це кардинально змінює умови існування гідробіонтів і супроводжується структурними перебудовами в їхніх угрупованнях. Дослідження закономірностей структурної організації та функціонування таких угруповань дають змогу визначити ступінь антропогенного впливу на гідроекосистеми, прогнозувати можливі його наслідки та розробляти заходи щодо відновлення стану водойм [1].

Основним джерелом евтрофікації Шацьких озер є використання земель для вирощування сільськогосподарської сировини, рекреаційні навантаження, стоки та викиди комунальної мережі прибережних сіл і смт Шацьк [11]. Одним із найбільш евтрофікованих озер Шацького національного природного парку є озеро Чорне Велике, гідрохімічний режим якого формується під впливом забудови приватного сектора та районної лікарні смт Шацьк. Навесні 1996 року в озері відбулася масова загибель вугра європейського *Anguilla anguilla* L., причинами якої був кумулятивний токсикоз, пов'язаний із дією високих концентрацій важких металів, головним чином міді, а також нафтопродуктів [13].

Об'єм водної маси озера Чорне Велике становить 2,4 млн. м³, площа – 0,8 км², середня глибина – 3,0 м, максимальна – 5,0 м [15]. Однією з особливостей озера, як і всіх інших водойм Шацького національного природного парку, є його надто низька

проточність. Зокрема, період повного водообміну озера становить майже 4 роки, що робить його надзвичайно чутливим до антропогенного впливу [16]. Вода Чорного Великого є гідрокарбонатно-натрієвою, тоді як вода усіх інших озер – гідрокарбонатно-кальцієвою. Протягом 1983–1992 рр. загальна мінералізація озера зросла у півтора рази. Озеро характеризується як типово евтрофне з високим вмістом у воді органічних і завислих речовин [11].

Серед речовин токсичної дії в озері виявлений підвищений вміст важких металів, нафтопродуктів, синтетичних поверхнево активних речовин (СПАР). Водойма є потенційно токсичною внаслідок перевищення важкими металами гранично допустимих концентрацій (ГДК) від 1,1 до 122 разів. Суттєво впливають на екосистему озера і нафтопродукти, вміст яких перевищував ГДК у 2,8–8,0 разів. Швидкість евтрофікації водойми підвищується за рахунок збільшення концентрації у воді катіонних форм СПАР. Зростання антропогенного навантаження у вигляді рекреаційних заходів і забудови берегової смуги зумовить підвищення концентрації токсикантів у воді та завдасть шкоди функціонуванню сформованих гідробіоценозів [14].

Забруднення водних екосистем токсичними речовинами супроводжується зниженням біорізноманітності гідробіонтів. Токсичний ефект визначається природою токсиканта, його концентрацією, тривалістю дії й іншими хімічними компонентами, які можуть або підсилювати, або послаблювати токсичну дію забруднювачів. Взаємний вплив органічних, неорганічних і токсичних речовин створює передумови для формування своєрідного комплексу гідробіонтів, найбільш пристосованих до життя в умовах нестабільного гідрохімічного режиму. Оскільки у природних умовах важко визначити, який із хімічних компонентів відіграє роль лімітуючого фактора, структурно-функціональні показники гідробіонтів адекватно відображають комплексний вплив середовища і є важливими для встановлення якості води та її придатності до того чи іншого користування. Їхня реакція може бути як безпосереднім, так і віддаленим наслідком прямої або нагромаджувальної дії забруднювачів [10].

Незважаючи на наявність інформації щодо гідрохімічного аналізу води озера Чорне Велике, а стосовно деяких його показників навіть досить детальної, остаточний висновок щодо еколого-токсикологічного статусу даної водойми можна зробити тільки з використанням методів біоіндикації. Одним із важливих трофічних компонентів гідроекосистем, який відіграє важливу роль у самоочищенні водойм і пов'язаний структурно та функціонально з іншими компонентами, є зоопланктон. Встановлено, що при надходженні у водойми органічних і неорганічних речовин в угрупованнях зоопланктону відбуваються значні перебудови, які дають змогу виявити тенденції змін трофічного статусу водойми [2].

Матеріалом для досліджень слугували проби мезозоопланктону озера Чорне Велике Шацького національного природного парку, відібрані у період з березня по вересень 2007 року. Порівняно з найпростішими ці організми мають триваліший період життя. Їх можна використовувати для оцінки ступеня забруднення водойм як побутовими, так і промисловими стічними водами [6]. Відбір і обробку отриманого матеріалу здійснювали згідно із загальноприйнятими гідробиологічними методиками [5, 7].

Структура угруповань тварин в екосистемах визначається видовим складом, віковим і розмірним складом популяцій, динамікою чисельності та біомасою організмів, їх трофічними зв'язками [9].

У зоопланктоні озера Чорне Велике 2007 року виявлено 16 видів гіллястовусих ракоподібних, 5 видів веслоногих ракоподібних і 8 видів коловерток (див. таблицю). Найчастіше траплялися *Ceriodaphnia quadrangula* O.F.Müller, *Chydorus sphaericus* O.F.Müller, *Diaphanosoma brachyurum* Lievin і *Daphnia cucullata* Sars. Домінуючими видами в угрупованнях були представники ряду Cladocera, зокрема *C. quadrangula*, *Ch. sphaericus*, *D. brachyurum* та *Bosmina longirostris* O.F.Müller. Порівняно з минулими роками [4] домінантне ядро не змінилося, проте чисельність даних організмів знизилась. Домінантний комплекс складається з двох груп організмів:

– *C. quadrangula*, *Ch. sphaericus* і *D. brachyurum*, які належать до евритопних форм з широким географічним поширенням;

– *B. longirostris*, який належить до вузькоадаптованих організмів, що трапляються у водоймах тільки з певними гідробіологічними умовами [12]. У типово евтрофних водоймах домінантний комплекс становлять еврибіонти, які здатні легко пристосовува-

Видовий склад гідробіонтів в озері Чорне Велике протягом 2003–2005 та 2007 років

№	Таксон	Сапробність	Роки	
			2003–2005*	2007
1	2	3	4	5
Cladocera				
1	<i>Acroperus harpae</i> Baird	о-β		+
2	<i>Alona rectangula</i> Sars	о-β	+	+
3	<i>Alonopsis elongata</i> Sars	о	+	
4	<i>Bosmina coregoni</i> Baird	о		+
5	<i>Bosmina longirostris</i> O.F.Muller	о-β	+	+
6	<i>Bosmina obtusirostris</i> Sars			+
7	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> O.F.Muller	о	+	+
8	<i>Chydorus sphaericus</i> O.F.Muller	β-о	+	+
9	<i>Chydorus latus</i> O.F.Muller	о		+
10	<i>Chydorus piger</i> Sars	о	+	
11	<i>Daphnia cucullata</i> Sars	β-о		+
12	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	о-β		+
13	<i>Monospilus dispar</i> Sars	о-β	+	+
14	<i>Peracantha truncata</i> O.F.Muller	о-β		+
15	<i>Pleuroxus aduncus</i> Jurine	о	+	
16	<i>Polyphemus pediculus</i> Linne	о		+
17	<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars	о	+	
18	<i>Rhynchotalona rostrata</i> Sars		+	
19	<i>Scapholeberis mucronata</i> O.F.Muller	β		+
20	<i>Sida crystallina</i> O.F.Muller	о		+
21	<i>Simocephalus vetulus</i> O.F.Muller	о-β		+
Copepoda				
1	<i>Diacyclops bisetosus</i> Rehberg	β	+	+
2	<i>Eucyclops macruroides</i> Lilljeborg	о		+
3	<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer	β-о		+
4	<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	β		+
5	<i>Thermocyclops crassus</i> Fischer	β		+

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5
Rotatoria				
1	<i>Asplanchna girodi</i> De Guerne	o-β	+	
2	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	o-β	+	+
3	<i>Brachionus angularis</i> Gosse	β-α	+	
4	<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday	β	+	+
5	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	β-α		+
6	<i>Brachionus diversicornis</i> Daday	β	+	
7	<i>Filinia longiseta</i> Ehrb.	β-α	+	
8	<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	β-o	+	+
9	<i>Keratella quadrata</i> O.F.Muller	β-o	+	
10	<i>Lecane bulla</i> Gosse	o-β		+
11	<i>Lecane luna</i> O.F.Muller	o-β		+
12	<i>Lecane</i> sp.		+	
13	<i>Polyarthra luminosa</i>			+
14	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin	β	+	
15	<i>Synchaeta</i> sp.		+	
16	<i>Trichocerca similis</i> Wierzejski	o		+
17	Безпанцирні коловертки		+	

Примітка. * – згідно з літературними даними [4].

тися до змін умов навколишнього середовища. В озері Чорне Велике, що також має статус евтрофного, спостерігається поєднання еври- та стенобіонтних видів.

Найбільш чутливою до евтрофікації групою зоопланктону є Calanoida, які є активними фільтраторами. Стадію евтрофікації, коли Calanoida випадають зі складу планктону, необхідно вважати станом значних змін у функціонуванні зоопланктону як природного біофільтру [2]. У видовому складі озера Чорне Велике рачки-каляноїди не зареєстровані, що може бути показником особливих гідрохімічних умов, оскільки в інших водоймах Шацького національного природного парку ці представники поширені та досягають значного розвитку.

Чисельність зоопланктону коливалася в межах від 2,5 до 74,7 тис. екз./м³. У розвитку *C. quadrangula* та *Ch. sphaericus* спостерігалось 2 максимуми: 4,2 і 5,6 тис. екз./м³ – у травні та 8,2 і 4,7 тис. екз./м³ – у липні відповідно. Максимальні значення чисельності *D. branchyurum* (4,8 тис. екз./м³) припадали на червень (рис. 1).

Одним із найбільш інформативних показників структури угруповань є індекс видового різноманіття Шеннона, який у відповідності до трофічного стану водойми перебуває в межах: 2,6–4,0 – для оліготрофного типу, 2,0–2,5 – для мезотрофного, 1,0–2,0 – для евтрофного типу. Значення індексу Шеннона, яке є значно нижчим від 1, вказує на екстремальні екологічні умови у водоймі [2]. У 2003–2005 рр. індекс Шеннона в озері Чорному Великому становив 2,43–2,48 [4]. У 2007 р. індекс коливався у межах від 0,23 у кінці травня до 1,89 у кінці липня (рис. 2).

Низькі значення індексу Шеннона вказують на те, що в угрупованнях спостерігається інтенсивний розвиток одних видів і пригнічений розвиток інших, що підтверджується значеннями індексу домінування Сімпсона 0,26–0,92 (рис. 3). У міру збільшення індексу Сімпсона різноманітність зменшувалася. Можливою причиною масового розвитку окремих представників зоопланктону є зниження конкуренції внаслідок зникнення з

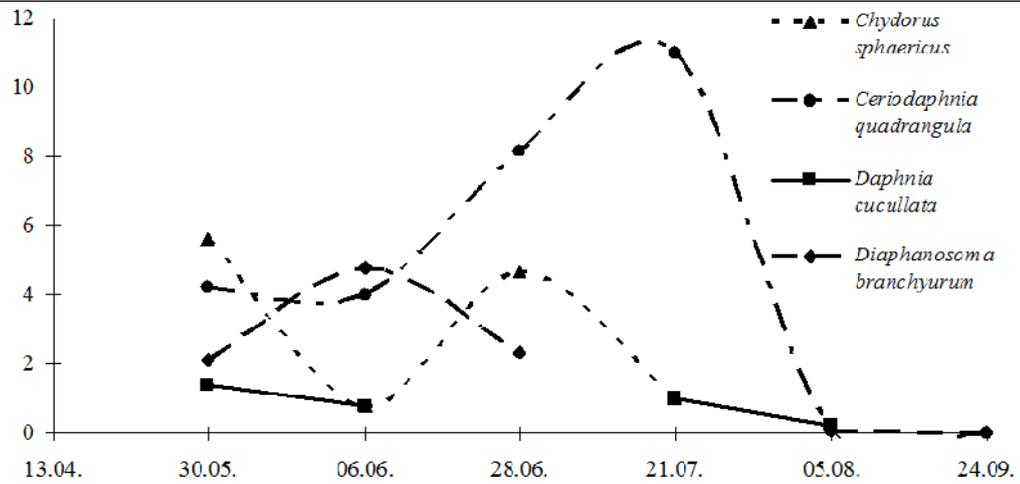
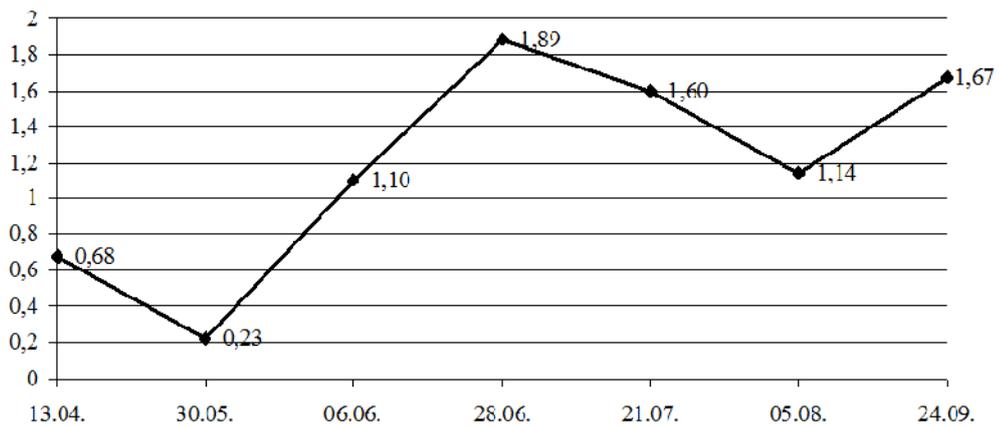
Рис. 1. Динаміка чисельності видів-домінантів озера Чорне Велике у 2007 р. (тис. екз./м³).

Рис. 2. Динаміка індексу Шеннона озера Чорне Велике у 2007 р.

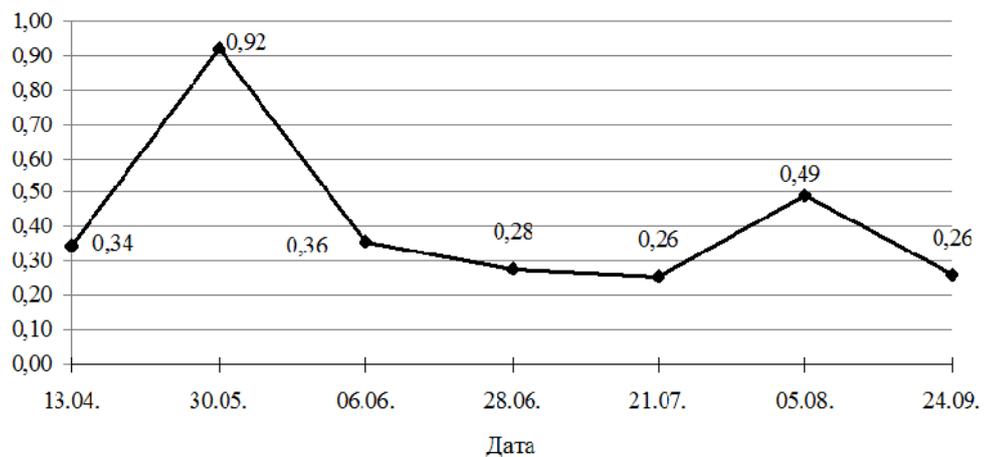


Рис. 3. Динаміка індексу Сімпсона озера Чорне Велике у 2007 р.

гідробіоценозу чутливих до забруднення видів. У нашому випадку визначальним фактором щодо біорізноманітності зоопланктону є алохтонні хімічні чинники.

У такій динамічній системі, як планктон, ефекти токсичного впливу не є довготривалими та стійкими. Вони усуваються водообміном, процесами зворотності та біологічної детоксикації, багатьма іншими процесами саморегуляції. Разом з тим планктонти значною мірою виявляються досить стійкими до токсикантів на популяційному рівні. Гетерогенність видового складу, різноманіття його метаболічних особливостей запобігають руйнуванню всього біогеоценозу при токсифікації. Основним фактором такої стійкості є системна буферність, обумовлена відмінностями у темпах споживання окремими особинами розчинених речовин, у неоднаковій чисельності популяцій і в нерівномірному розподілі токсичного агента як у просторі (водній масі водойми), так і між окремими компонентами ценозу [3].

У нашому випадку інтоксикація зумовлює часткове відмирання планктонних організмів, осідання відмерлих видів на дно та перенесення нагромаджених токсикантів у донні відклади, з яких токсичні речовини при зміні умов у водоймі можуть знову переходити у водні маси.

У зоопланктоні озера Чорне Велике переважна більшість організмів належать до індикаторних. Індекс сапробності, встановлений методом Пантле та Бука, становив 1,35, що характеризує дану водойму як олігосапробну. Це не узгоджується з гідрохімічними показниками вмісту органічних речовин у воді [11]. Види із найвищою індикаторною вагою ($j=5$) належать до оліго- та β -мезосапробів. Проте вони перебувають у ролі випадкових або видів-супутників і ніколи інтенсивно не розвиваються. Домінуючі види володіють низькою індикаторною вагою ($j=1$ або $j=2$), проте вищі кількісні показники їхнього розвитку визначають загальне значення сапробності водойми. Невідповідність гідрохімічних і гідробіологічних показників, зокрема вищі значення гідрохімічних характеристик щодо трофності та сапробності водойми, свідчать про наявність у середовищі токсичних речовин, які не дають змогу гідробіонтам реалізувати потенціал водойми щодо біогенних та органічних речовин.

Різноманітність зоопланктону також не є максимальною для водойм даного трофічного статусу, що також можна пояснити дією лімітуючого токсичного фактора. У цілому для структурної організації зоопланктону озера Чорне Велике характерними є:

- стабільність домінантного комплексу організмів (у водоймах зі значним антропогенним навантаженням відбувається різка зміна домінантів);
- незначне зниження загальної чисельності організмів (у водоймах із речовинами токсичної дії флуктуаційні процеси мають велику амплітуду);
- домінування мирних форм над хижими (у евтрофних водоймах частка хижаків і всеїдних збільшується, а частка мирних зменшується);
- значну частку організмів становлять гіллястовусі ракоподібні (для евтрофних водойм характерне зменшення частки гіллястовусих ракоподібних і збільшення частки коловерток та веслоногих ракоподібних);
- низькі значення індексу різноманітності Шеннона та домінування окремих видів організмів (характерні для водойм евтрофного типу і вказують на екстремальні екологічні умови в озері).

Таким чином, у водоймі створилися специфічні умови, які характерні тільки для

даної гідроекосистеми Шацького національного природного парку. Гідрохімічний режим не є стійким і будь-які, навіть незначні, алохтонні навантаження здатні похитнути встановлену рівновагу. Структурна організація зоопланктону адекватно відображає даний еколого-токсикологічний стан озера.

1. *Алимов А. Ф.* Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.
2. *Андроникова И. Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов / Под ред. И.Н. Андроникова. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
3. *Брагинский Л. П., Величко И. М., Щербань Э. П.* Пресноводный планктон в токсической среде. К.: Наук. думка, 1987. 179 с.
4. *Думич О. Я., Савицька О. М.* Зоопланктон озер Шацького національного природного парку // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУ, 2006. Вип. 6. С. 106–112.
5. *Киселев И. А.* Планктон морей и континентальных водоемов. Л., 1968. Т.1. 450 с.
6. *Макрушин А. В.* Биологический анализ качества вод / АН СССР, Зоол. ин-т. Л., 1974. 60 с.
7. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.* За заг. ред. В.Д. Романенка. НАН України. Ін-т гідробіології. К.: Логос, 2006. 408 с.
8. *Міждержавні природно-заповідні території України / Під заг. ред. Т. Л. Андрієнко.* Міжвідомча комплексна лабораторія наукових основ заповідної справи НАН України та Мінекобезпеки України. К., 1998. 132 с.
9. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 230 с.
10. *Оксюк О. П., Жданова Г. А., Гусынская С. Л.* и др. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. I. Планктон // Гидробиол. журн. 1994. Т. 30. № 3. С. 26–31.
11. *Оксюк О. П., Якушин В. М., Тимченко В. М.* Трофо-сапробиологическая характеристика Шацких озер // Гидробиол. журн. 1997. Т. 33. № 1. С. 24–36.
12. *Пидгайко М. Л.* Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. М.: Наука, 1984. 208 с.
13. *Ситник Ю. М., Шевченко П. Г., Забитівський Ю. М.* Токсикологічні аспекти забителі вугра в озері Чорне Велике Шацького національного природного парку // Наук. вісн. Націон. лісотехн. ун-ту України. 2006. Вип. 16.5. С. 50–58.
14. *Ситник Ю. М., Шевченко П. Г., Забитівський Ю. М.* Еколого-токсикологічна характеристика Чорного Великого озера Шацького національного природного парку // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2007. Вип. 43. С. 13–26.
15. *Стойко С. М., Яценко П. Т., Жижин М. П.* Шацький природний національний парк. Львів: Каменяр, 1986. 48 с.
16. *Тимченко В. М., Новиков Б. И.* Гидрологические исследования водных экосистем Украины // Гидробиол. журн. 1990. Т. 26. № 3. С. 100–111.

**ZOOPLANKTON STRUCTURE OF CHORNE VELYKE LAKE OF SHATS'K
NATIONAL NATURAL PARK AS INDICATOR OF ITS ANTHROPOGENIC PRESS**

K. Nazaruk, I. Khamar

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: zoomus@franko.lviv.ua*

It was researched a zooplankton structure of Chorne Velyke lake of Shatsk National natural park. It was estimated that the state of nonstable equilibrium, which is observing in this water reservoir, can be disturbed even by light allochthonic press. Zooplankton communities are specific because they are being both under toxic substance impact and increased content of biogenic and organic substances. Structural organization of Cladocera, Copepoda and Rotatoria adequately reflects given ecological and toxicological state of the lake. Zooplankton unites the features which characterize the water reservoirs with different level of anthropogenic press.

Key words: zooplankton, anthropogenic press, diversity indices, bioindicators.

Стаття надійшла до редколегії 22.02.08

Прийнята до друку 27.02.08