

УДК [574.583:504.61](477.63)

**В. О. Яковенко**, доц. кафедри іхтіології та гідробіології,  
**О. В. Федоненко**, зав. кафедри іхтіології та гідробіології  
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,  
кафедра іхтіології та гідробіології факультету біології та медицини,  
просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна

## ЛІТОРАЛЬНИЙ ЗООПЛАНКТОН ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

Встановлено, що найбільш вагомими природними факторами, що впливають на зоопланктон в умовах відкритої літоралі, є бактеріопланктон та кисень, а з токсичних сполук найнебезпечнішими виявились свинець, нікель, цинк, мідь та нафтопродукти. Проведено ранжирування якості води ділянок відкритої літоралі водосховища на підставі структурних показників зоопланктону.

**Ключові слова:** зоопланктон, стічні води, бактеріопланктон, кисень, Дніпровське водосховище.

Дніпровське водосховище постійно зазнає впливу неочищених та недостатньо очищених стічних вод, які потрапляють до акваторії з промисловими скидами численних підприємств [1]. Зі стоками у водойму надходять різноманітні речовини, які спроможні викликати структурно-функціональні зміни зоопланктонного угруповання, що відображається на тій частині рибопродуктивності, яка створюється у водосховищі за його рахунок. Стічні води, поступаючи до водойми, значною мірою розбавляються, за рахунок чого знижується їхній токсичний вплив. Вивчення показників зоопланктону у відкритій літоралі водосховища, включаючи зони впливу стічних вод, необхідне для виявлення чинників, які є визначальними у формуванні його структури на сучасному етапі існування водойми.

### Матеріали і методи

Проби відбирали за стандартною методикою [2, 3] під час експедиційних виїздів на водосховище з травня по жовтень 2003—2005 рр. на 18 станціях літоралі Дніпровського та Самарського плесів. Під час відбору матеріалу застосовували планктонну сітку Апштейна (газ № 71, діаметр входного отвору 18 см), крізь яку фільтрували 50 або 100 л води. Для дослідження літорального зоопланктону були вибрані 3 біотопи: відкрита літораль, зарості рдеснику та очерету, які у водоймі є найбільшими за площею [1]. Станції відбору проб планували з урахуванням зон впливу стічних вод (рис. 1). Усього відібрано й опрацьовано 273 проби зоопланктону — по 91 у кожний з досліджуваних років.

Визначали якісний склад та кількісний розвиток мезозоопланктону, ступінь органічного забруднення — за чисельністю індикаторних видів зоопланктону з використанням індексу сапробності за Пантле—Букком [4].

Якість води ділянок водосховища за зоопланктоном визначали згідно рекомендаціям [5, 7]. Індекс інформативності видового різноманіття Шенона визначали за чисельністю зоопланктону.

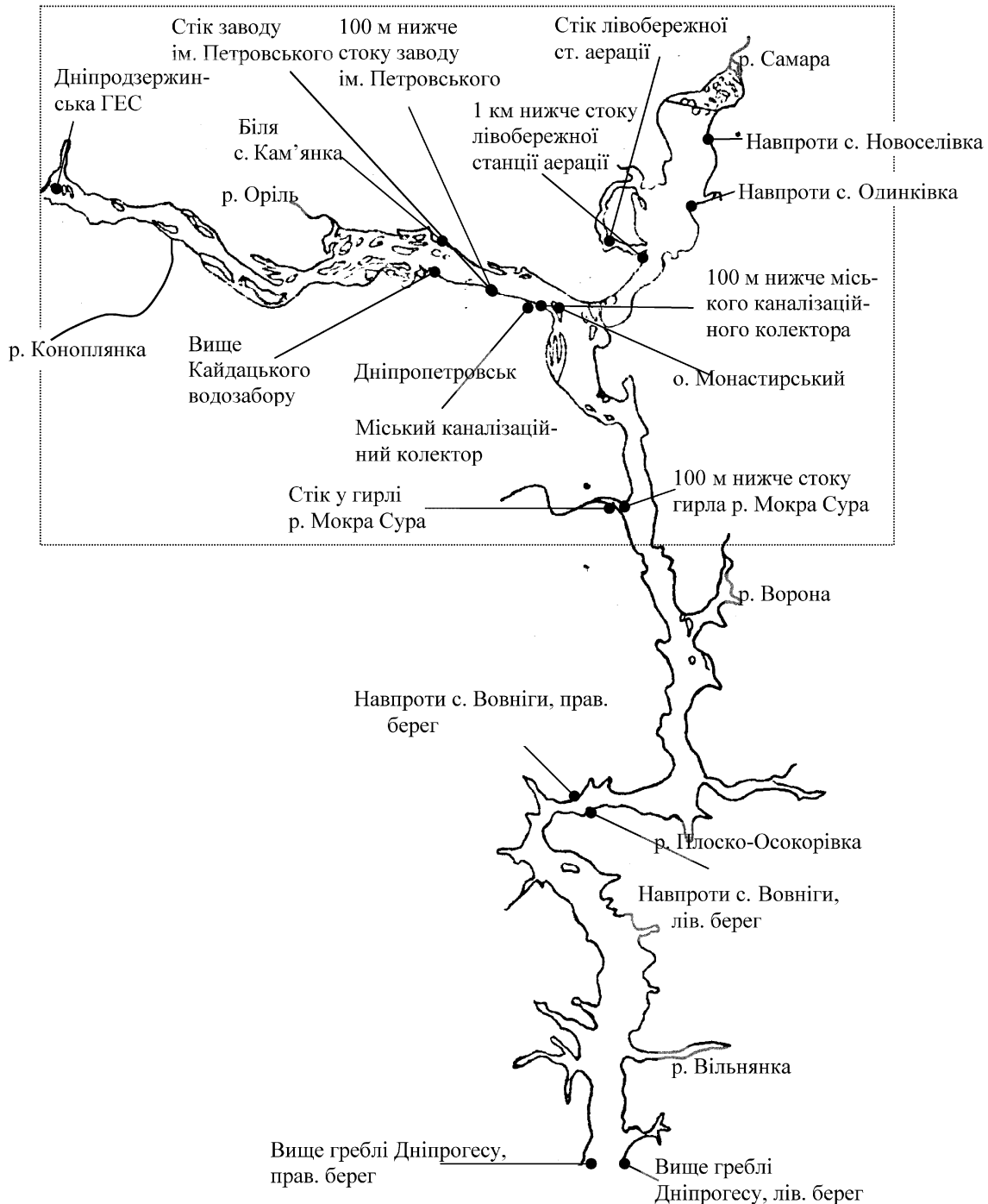


Рис. 1. Станції відбору проб літорального зоопланктону Дніпровського водосховища у 2003—2005 рр.

Домінуючі комплекси видів у зоопланктонних угрупованнях ділянок водосховища виділені за допомогою індексу ценотичної значущості певного виду (ІЦЗ чи І), який розраховували за формулою

$$I = p\sqrt{B},$$

$p$  — загальна зустрічаємість виду, %,  $B$  — його біомаса, г/м<sup>3</sup> [6].

Близькість отриманої кривої за ІЦЗ до ідеальної логарифмічної кривої та ступінь вирівняності отриманих значень були розраховані за допомогою індексу детермінації  $R^2$  в програмі Statistica 6.0. Цей індекс змінюється від 0 до 1 у залежності від вирівняності.

При вивченні впливу природних та антропогенних чинників на якісний та кількісний склад зоопланктону визначали коефіцієнт кореляції ( $r$ ) та його вірогідність. При аналізі досліджуваних компонентів використовувались дані співробітників лабораторії гідробіології науково-дослідного інституту біології Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара: з важких металів — Т. С. Шарамок, фітопланктону — А. С. Кириленка, нафтопродуктів та СПАР — Л. І. Цегельник, мікробіологічних показників — Л. А. Байдака, гідрохімічних показників — А. О. Калюжнюк, котрим виражаємо подяку.

Коефіцієнт кореляції, його вірогідність та вірогідність відмінності (на підставі значення коефіцієнту Стьюдента —  $T$ ) розраховували з використанням програмного пакету для персональних комп'ютерів «Microsoft Excel» згідно з рекомендаціями [7].

### Результати досліджень та їх аналіз

Чисельність зоопланктону відносно чистих ділянок відкритої літоралі Дніпровського водосховища влітку 2003—2005 рр. складала в середньому 130,9 тис. екз/м<sup>3</sup>, біомаса — 558,1 мг/м<sup>3</sup> (рис. 2).

За чисельністю впродовж періоду дослідження домінувала група Rotatoria — 39,8 %, за біомасою — Copepoda — 49,8 %. У 2004 р., при найбільшому рівні розвитку зоопланктону, домінування Rotatoria досягало максимуму за чисельністю — 45,9 %, а Copepoda — за біомасою — 55,5 %. Таким чином, саме в роки домінування груп Copepoda та Rotatoria спостерігались найбільші показники кількісного розвитку планктофауни відкритої літоралі, що обумовлено здатністю видів цих груп пристосовуватись до умов забруднення [8].

Уповільнення течії було одним із головних факторів впливу на розвиток зоопланктону відкритої літоралі різних частин водосховища. Так, улітку середня чисельність зоопланктону цього біотопу верхньої частини Головного плеса водосховища дорівнювала 43,6 тис. екз/м<sup>3</sup>, нижньої — 187,1 тис. екз/м<sup>3</sup>, біомаса — відповідно 169,8 та 845,2 мг/м<sup>3</sup>. Ця різниця була вірогідною як за чисельністю, так і за біомасою:  $n = 14$ ,  $T = 2,51$  та  $T = 2,22$ , відповідно, при  $p < 0,05$ . Найбільш значно різнився розвиток Copepoda, відсоток яких за біомасою складав на верхній частині Головного плеса 36,2 %, на нижній — 52,4 %. Розвиток зоопланктону на відносно чистих ділянках літоралі за ступенем кормності відповідає категорії «низький» [5].

На мешканців літоралі водосховища помітно впливають стічні води, насичені токсичними речовинами. Найбільш значні витоки стічних вод водосховища розташовані навпроти заводу ім. Петровського, на міській набережній — у вигляді каналізаційного зливостоку, нижче гирла р. Мокра Сура, куди через балочну систему надходять забруднені стоки з очисних споруд правобережжя, а також біля Самарського плеса, у районі очисних споруд лівобережжя [1]. Дані,

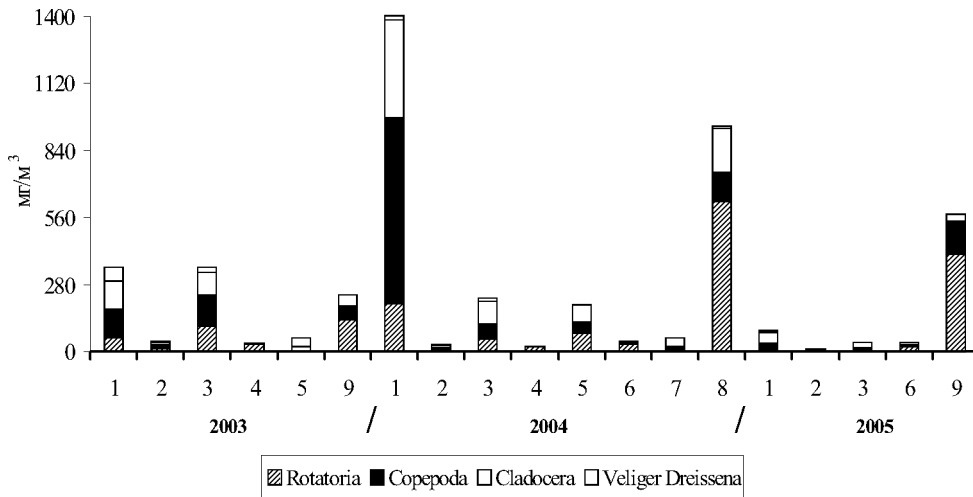


Рис. 2. Біомаса зоопланктону ділянок літоралі Дніпровського водосховища влітку 2003—2005 рр.: 1 — середнє значення відносно чистих ділянок відкритої літоралі; 2 — стік заводу ім. Петровського; 3 — 100 м нижче стоку заводу ім. Петровського; 4 — міський каналізаційний колектор; 5 — 100 м нижче міського каналізаційного колектору; 6 — стік очисних споруд Самарського плеса; 7 — 100 м нижче стоку очисних споруд Самарського плеса; 8 — 1 км нижче стоку очисних споруд Самарського плеса; 9 — стік очисних споруд у гирлі р. Мокра Сура

отримані на підставі аналізу зоопланктоценозів забруднених ділянок Головного плеса Дніпровського водосховища, показали, що розвиток зоопланктону цих ділянок значно різнився (див. рис. 2). Нижчі за середньорічні значення його біомаси були відмічені в стоці очисних споруд Самарського плеса, міському каналізаційному колекторі та в стоці заводу ім. Петровського, де середня біомаса дорівнювала 42,0, 30,1 та 30,8 мг/м<sup>3</sup>, відповідно. Розвиток зоопланктону на цих ділянках за ступенем кормності відповідає категорії «дуже низький» [5]. Серед забруднених ділянок найбільша біомаса зоопланктону була зафіксована на 1 км нижче стоку очисних споруд Самарського плеса та в гирлі р. Мокра Сура — 955,2 та 558 мг/м<sup>3</sup>, відповідно. На обох ділянках домінували представники *Rotatoria* рр. *Asplanchna*, *Synchaeta*, *Brachionus*, розвиток яких був викликаний значним вмістом органічної речовини в цих стоках. На вказаних ділянках, а також у скидах очисних споруд Самарського плеса частка *Rotatoria* від біомаси зоопланктону зростала до 86,3%, що свідчить про забруднення цих ділянок.

Біомаса зоопланктону забруднених та відносно чистих ділянок відкритої літоралі водосховища вірогідно відрізнялась:  $n = 28$ ,  $T = 2,41$ ,  $p < 0,05$ . Незначні величини кількісних показників планктофауни, зафіксовані в стоках, пояснюються підвищеним вмістом у них токсичних речовин. Вірогідний негативний корелятивний зв'язок зафіксовано між біомасою зоопланктону та концентрацією у воді нафтопродуктів, у мг/л ( $r = -0,71$ ), свинцю, у мг/л ( $r = -0,80$ ), нікелю, у мг/л ( $r = -0,73$ ), цинку, у мг/л ( $r = -0,70$ ) та міді, у мг/л ( $r = -0,60$ ) при  $p < 0,05$ , що свідчить про пригнічуючий вплив відзначених політантів на розвиток зоопланктону.

З інших показників найбільш виражену кореляцію зафіксовано між біомасою зоопланктону та чисельністю бактеріопланктону ( $r = -0,71$ ), а також вмістом у воді кисню ( $r = 0,58$ ). Коефіцієнт кореляції між розвитком фіто- та зоопланктону виявився нижчим 5 % рівня значущості. Послаблення залежності між роз-

витком фіто- та зоопланктону в прибережній зоні водосховища на відміну від його відкритих ділянок було викликано наявністю біля берегів великих скупчень синьозелених водоростей, розкладання яких справляє токсичну дію як на зоо-, так і на бактеріопланктон [9]. За таких умов більш вагомою виявляється залежність між бактеріо- та зоопланктоном, від'ємний знак якої вказує на видіння зоопланктоном бактеріопланктону. Кореляція з киснем пояснюється зниженням цього показника в районах дії стоків до критичних значень, за яких відбувається пригнічення розвитку зоопланктону.

Індекс детермінації розподілу видів зоопланктону за ІЦЗ був високим у відносно чистих ділянках відкритої літоралі ( $R^2 = 0,87$ ); у міському каналізаційному колекторі та в стоці очисних споруд Самарського плеса цей показник знижувався:  $R^2 = 0,6$  та  $R^2 = 0,77$ , відповідно. Як показав ІЦЗ, це було обумовлено значним ступенем домінування коловертко-сапробіонтів із видовженою формою тіла. Однак екосистема водосховища має гарні можливості для самовідновлення: уже на відстані 100 м нижче каналізаційного колектора індекс детермінації дорівнював 0,92 (рис. 3). На цій ділянці при відновленні зоопланктонного угруповання домінування переходило від Rotatoria до Cladocera та Veliger *Dreissena*. На відносно чистих ділянках відкритої літоралі переважав вид *Eurytemora affinis*, а також Nauplii та Juvenis Coeperoda (див. рис. 3, В).

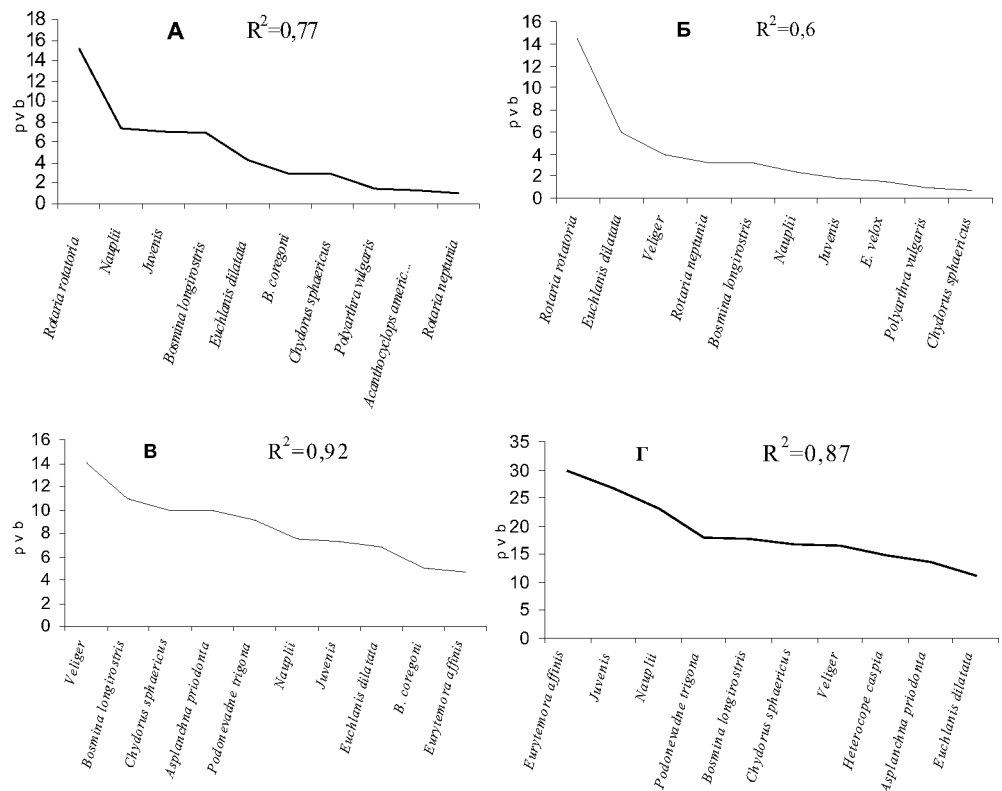


Рис. 3. Розподіл видів за ІЦЗ в угрупованні зоопланктону ділянок Дніпровського водосховища: А — стік очисних споруд Самарського плеса; Б — міський каналізаційний колектор; В — 100 м нижче каналізаційного колектора; Г — середнє за відкритою літораллю

Забруднені ділянки літоралі були проранжировані за ступенем чистоти згідно з оцінкою якості води за зоопланктоном, де сапробність є визначальним критерієм (див. таблицю) [7].

Показники зоопланктону ділянок відкритої літоралі Дніпровського водосховища з різним ступенем антропогенного забруднення

Станції	Сапробність	Кількість видів	Індекс Шенона, біт	Домінуючі види	Ступінь чистоти
Середнє за відкритою літораллю	1,68—1,83	22—33	2,6—3,3	<i>Eurytemora affinis</i> , <i>Podonevadne trigona</i>	Досить чисті
1 км нижче стоку очисних споруд Самарського плеса	1,75	28	3,05	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	Досить чисті
100 м нижче стоку очисних споруд Самарського плеса	1,97	27	3,82	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	Досить чисті
100 м нижче стоку заводу ім. Петровського	1,73—1,88	18—34	3,35—3,7	<i>Podonevadne trigona</i> , <i>Eurytemora affinis</i>	Досить чисті
100 м нижче стоку каналізаційного колектора	1,87—2,14	10—34	1,2—3,86	<i>Bosmina longirostris</i> <i>Chydorus sphaericus</i>	Слабко забруднені
Стік заводу ім. Петровського	2,07—2,4	10—18	2,0—3,1	<i>Veliger</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	Слабко забруднені
Стік очисних споруд у гирлі р. Мокра Сура	2,51—2,72	14—20	1,06—2,37	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Eurytemora affinis</i>	Слабко забруднені
Стік очисних споруд Самарського плеса	2,52—2,82	7—9	1,21—1,3	<i>Rotaria rotatoria</i> , <i>Bosmina longirostris</i>	Помірно забруднені
Міський каналізаційний колектор	2,56—2,84	9—14	1,18—1,3	<i>Rotaria rotatoria</i> , <i>Euchlanis dilatata</i>	Помірно забруднені

Найбільший індекс сапробності, найменші кількості видів та видове різноманіття були відзначені в стоці міського каналізаційного колектора та стоці очисних споруд Самарського плеса. Ці ділянки за ступенем чистоти належали до помірно забруднених. Ділянка стоку заводу ім. Петровського, на 100 м нижче міського каналізаційного колектора та стоку очисних споруд у гирлі р. Мокра Сура належали до категорії слабко забруднених, інші ділянки — до категорії досить чистих.

## Висновки

1. Найбільш продуктивні види відкритої літоралі на сучасному етапі існування зоопланктоценозу водосховища належать до груп *Rotatoria* та *Copepoda*; це обумовлено їхньою більшою здатністю пристосовуватись до умов забруднення водосховища.

2. У відносно чистих ділянках відкритої літоралі водосховища розвиток зоопланктону можна визначити як «низький», у забруднених ділянках літоралі — як «дуже низький».

3. Дефіцит кисню, а також зростання концентрації у воді важких металів та нафтопродуктів викликає пригнічення розвитку літорального зоопланктону. Обернена кореляція розвитку зоопланктону та бактеріопланктону обумовлена зворотним зв'язком між цими ланками харчового ланцюга.

4. У забруднених ділянках водосховища кількість видів та рівномірність розподілу видів за індексом ценотичної значущості знижується, а частка бделоїдних коловороток та індекс сапробності зростає.

5. Якість води за зоопланктоном на найбільш забруднених ділянках відкритої літоралі водосховища (стік міського каналізаційного колектора та стік очисних споруд Самарського плеса) визначена як «помірно забруднена», на інших ділянках відкритої літоралі — як «досить чиста» та «слабко забруднена».

### Література

1. *Запорожское водохранилище* / [А. И. Дворецкий, Ф. П. Рябов, Г. П. Емец и др.] — Днепропетровск: Днепропетр. нац. ун-т, 2000. — 170 с.
2. *Киселев И. А.* Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1 / И. А. Киселев. — Л.: Наука, 1969. — 656 с.
3. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях.* Зоопланктон и его продукция. — Л.: ЗИН, 1984. — 35 с.
4. *Макрушин А. В.* Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин — Л., 1974. — 50 с.
5. *Оксиук О. П.* Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. 1. Планктон / О. П. Оксиук, Г. А. Жданова, С. Л. Гусьнская, Т. В. Головки // Гидробиологический журнал. — 1994. — Т. 30, № 3. — С. 26—31.
6. *Мордухай-Болтовской Ф. Д.* Методика изучения биоценозов внутренних водоемов / Ф. Д. Мордухай-Болтовской. — М.: Наука, 1975. — 240 с.
7. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями* / [В. Д. Романенко, В. М. Жукінський, О. П. Оксиук та ін.] — К.: Символ-Т, 1998. — 28 с.
8. *Брагинский Л. П.* Пресноводный планктон в токсической среде / Л. П. Брагинский, И. М. Величко, Е. П. Щербань. — К.: Наук. думка, 1987. — 179 с.
9. *Lampert W.* Laboratory studies on zooplankton-cyanobacteria interactions / W. Lampert // Journal of Marine Freshwater Research. — 1987. — V. 21. — P. 483—490.

### В. О. Яковенко, О. В. Федоненко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,  
кафедра ихтиологии и гидробиологии факультета биологии и медицины,  
просп. Гагарина, 72, Днепропетровск, 49010, Украина

### ЛИТОРАЛЬНЫЙ ЗООПЛАНКТОН ДНЕПРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

#### Резюме

Установлено, что наиболее значимыми естественными факторами, влияющими на зоопланктон в условиях открытой литорали, являются бактериопланктон и кислород, а из токсических соединений наиболее негативно влияющими оказались свинец, никель, цинк, медь и нефтепродукты. Проведено ранжирование качества воды участков открытой литорали водохранилища по структурным показателям зоопланктона.

**Ключевые слова:** зоопланктон, сточные воды, бактериопланктон, кислород, Днепроовское водохранилище.

**V. O. Yakovenko, O. V. Fedonenko**

Dnipropetrovsky State University after Oles Gonchar,  
Department of Ichtiology and Hydrobiology,  
Gagarina Brt., 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine

**LITTORAL ZOOPLANKTON OF THE DNEIPROVSKE RESERVOIR  
UNDER THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC PRESSURE**

**Summary**

It has been found out that in under conditions of non-grown littoral zone, bacterioplankton and oxygen are the most meaningful natural factors, influencing zooplankton. Such toxic compounds as oil products, lead, nickel, zinc and copper influence zooplankton in great degree negatively as well. Ranging of water quality of open littoral zones of the Dnieprovske reservoir has been carried out on the basis of structural zooplankton indices.

**Key words:** zooplankton, sewage, bacterioplankton, oxygen, the Dnieprovskoe reservoir.

---