

УДК [574.583:504.61] (477.63)

# РОЗВИТОК ЛІТОРАЛЬНОГО ЗООПЛАНКТОНУ ТА ЙОГО РОЛЬ У РИБОПРОДУКТИВНОСТІ ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

**В.О. Яковенко, А.І. Дворецький**

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

*Розглянуто продукування зоопланктону в біотопах літоралі Дніпровського водосховища. Найбільший питомий рівень продукції зоопланктону відзначений у заростях зануреної рослинності, місце локалізації вздовж водосховища мало другорядне значення. В умовах антропогенного навантаження основна частина продукції планктофауни належить *Copepoda*.*

Серед компонентів кормової бази зоопланктон відіграє ключову роль у формуванні рибопродуктивності водосховищ, займаючи проміжне місце в трофічному ланцюгу та трансформуючи рослинний і бактеріальний компоненти. Багато риб-планктофагів та молодь усіх видів риб використовує в їжу зоопланктон [1]. В умовах водосховищ баланс між продукцією зоопланктону та споживанням його планктофагами є важливим чинником раціонального використання ресурсів цих водойм. Плануючи заходи з підвищення рибопродуктивності водосховищ, необхідно точно оцінювати продукцію зоопланктону й відповідну потенційну рибопродуктивність за його рахунок. Першорядну роль у продукції зоопланктону відіграє літоральна зона водойми, яка є місцем нагулу молоді риб [2]. Тому для оцінки потенційної рибопродуктивності, яка утворюється у водоймі за рахунок зоопланктону, потрібно насамперед визначити продукцію зоопланктону, у першу чергу, у біотопах літоралі.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проби відбирали за стандартною гідробіологічною методикою [3] під час експедиційних виїздів на водосховище з травня по жовтень 2003–2005 рр. на 12 станціях пелагіалі, 16 станціях літоралі та в притоках водосховища. Для дослідження літорального зоопланктону були вибрані 3 біотопи: відкритої літоралі, заростей рдеснику та очерету. У відкритій літоралі станції відбору проб планували з урахуванням токсобних зон. У пелагіалі станції розташовували відповідно до зро-

стання глибини. Продукцію зоопланктону розраховували окремо для пелагіалі та літоралі верхньої та нижньої частин Дніпровського та Самарського плесів. Продукцію окремих груп планктофауни розраховували за фізіологічним методом з поправкою на температуру за рівнянням Вант-Гоффа [4]. Загальну продуктивність зоопланктону визначали з урахуванням раціону хижаків [5]. Розрахунок продукції планктофауни водосховища проводили як для загальноприйнятих площ плесів та мілководь [6].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У травні середня чисельність зоопланктону відкритої літоралі Головного плеса становила 4,96 тис. екз./м<sup>3</sup>, а біомаса — 19,2 мг/м<sup>3</sup>. На всіх ділянках переважала група *Copepoda* за чисельністю (65,2%) та біомасою (73,6%). У заростях очерету чисельність зоопланктону дорівнювала 10,7 тис. екз./м<sup>3</sup>; біомаса — 36,4 мг/м<sup>3</sup>. За чисельністю та біомасою домінували *Copepoda* — 48,7 та 65,3%, відповідно. Між розвитком зоопланктону зарослої очеретом та відкритої літоралі Головного плеса зафіксовано достовірну різницю на 5% рівні значущості. За індексом ценогічної значущості, у біотопі заростей очерету найбільша ценозоутворювальна роль належала молоді *Copepoda* та фітофільним коловерткам *Euchlanis dilatata*.

У біотопі заростей рдеснику також переважала молодь *Copepoda*, але зросло значення дорослих особин видів *Eurytemora affinis*, *E. velox*, *Eucyclops ser-*

*rulatus*. Рдесник уже навесні створював щільні зарості, що сприяло насиченню водної товщі органічною речовиною та розмноженню ракоподібних в умовах зануреної рослинності. У заростях рдеснику чисельність зоопланктону становила 20,3 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 70,4 мг/м<sup>3</sup>. За чисельністю та біомасою домінували *Copepoda* — 51,1 та 68%, меншою мірою — *Rotatoria* — 42,9 та 22,6%, відповідно. Розвиток зоопланктону заростей рдеснику був вірогідно вищим, ніж заростей очерету як за чисельністю ( $n = 21$ ,  $T = 4,6$ ,  $P < 0,001$ ), так і біомасою ( $n = 21$ ,  $T = 6,34$ ,  $P < 0,001$ ). Різниця біотопу рдеснику з біотопом відкритої літоралі виявилась ще вищою.

Влітку чисельність зоопланктону відкритої літоралі Головного плеса водосховища становила 130,9 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 580,9 мг/м<sup>3</sup>. За чисельністю домінувала група *Rotatoria* (39,8%), за біомасою — *Copepoda* (49,8%). У 2004 р. за найбільшого рівня розвитку зоопланктону домінування *Rotatoria* досягало максимуму за чисельністю (45,9%), а *Copepoda* — за біомасою (55,5%). Чисельності та біомаси зоопланктону відкритої літоралі правого та лівого берегів не мали вірогідної різниці (рис. 1). Уповільнення течії, що впливало на пелагічний зоопланктон нижньої частини Головного плеса, було також фактором впливу на розвиток зоопланктону відкритої літоралі. Кількісні

значення зоопланктону цього біотопу у верхній та нижній частинах Головного плеса водосховища вірогідно відрізнялись як за чисельністю ( $n = 14$ ,  $T = 2,51$ ,  $P < 0,05$ ), так і біомасою ( $n = 14$ ,  $T = 2,22$ ,  $P < 0,05$ ). Найбільше відрізнялись показники розвитку *Copepoda*, відсоток яких за біомасою становив у верхній частині Головного плеса 36,2, у нижній — 52,4%.

Чисельність зоопланктону зарослої очеретом літоралі Головного плеса водосховища влітку дорівнювала у середньому 93,7 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 496,4 мг/м<sup>3</sup> (рис. 2).

Найбільші середні чисельність та біомаса зоопланктону зарослої очеретом літоралі Головного плеса були зафіксовані у 2004 р. — 132,3 тис. екз./м<sup>3</sup> та 842,2 мг/м<sup>3</sup>, відповідно. Найбільша біомаса зоопланктону, зареєстрована у 2004 р., була зумовлена сумісним пануванням *Rotatoria* та *Copepoda*, відсоток яких за біомасою становив 22,8 та 44%, відповідно, а за чисельністю відсоток *Rotatoria* був найбільшим — 49,1%. Таким чином, групою, що визначає розвиток зоопланктону зарослої очеретом літоралі, виявились *Copepoda* та меншою мірою *Rotatoria*. Між показниками розвитку зоопланктону заростей очерету верхньої та нижньої частин Головного плеса відмічено вірогідну різницю:  $n = 12$ ,  $T = 3,21$ ,  $P < 0,05$  — за чисельністю та  $n = 12$ ,  $T = 3,33$ ,  $P < 0,05$  — біомасою.

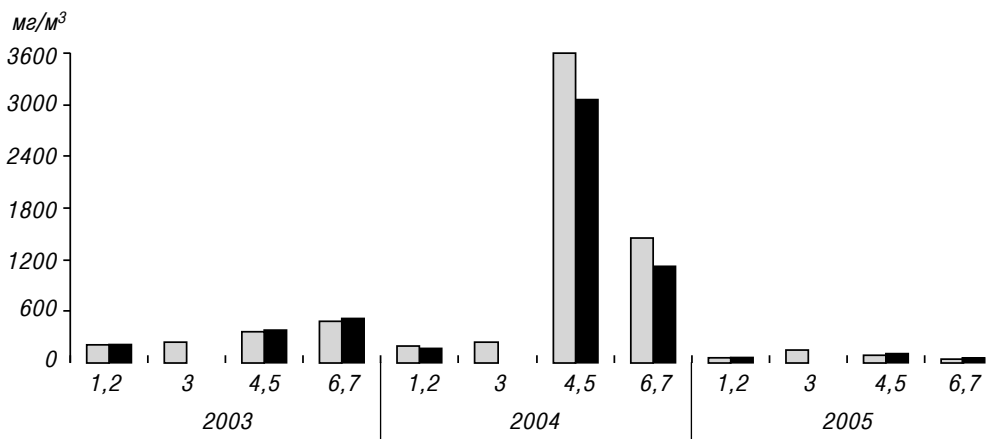


Рис. 1. Біомаса зоопланктону відкритої літоралі правого та лівого берегів Головного плеса Дніпровського водосховища влітку 2003–2005 рр. на станціях: 1 — навпроти с. Кам'янка, 2 — вище Кайдацького водозабору, 3 — навпроти о. Монастирський, 4 — навпроти с. Вовніги, лівий берег, 5 — навпроти с. Вовніги, правий берег, 6 — вище греблі Дніпрогесу, лівий берег, 7 — вище греблі Дніпрогесу, правий берег. □ — правий берег; ■ — лівий берег

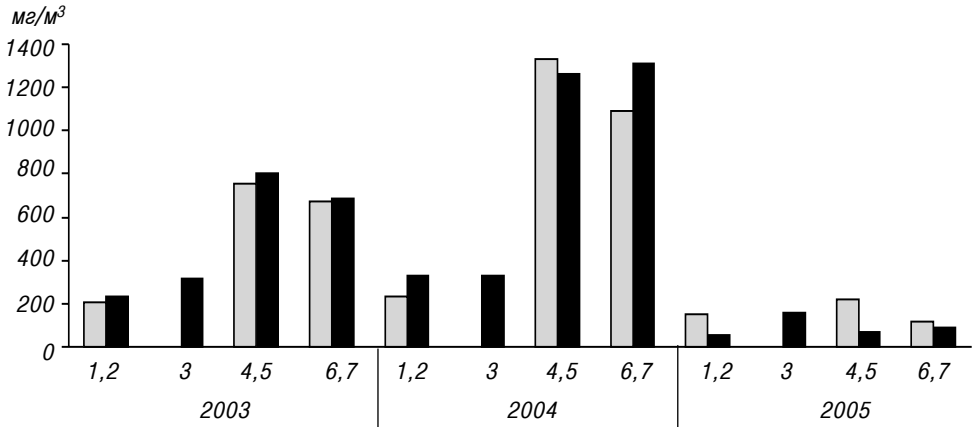


Рис. 2. Біомаса зоопланктону зарослої очеретом літоралі правого та лівого берегів Головного плеса водосховища влітку 2003–2005 рр.: станції 1–7 (див. позначення рис. 1). □ — правий берег; ■ — лівий берег

Чисельність зоопланктону зарослої рдесником літоралі Головного плеса водосховища влітку становила у середньому 206,5 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 1647,2 мг/м<sup>3</sup>. Найбільші середні чисельність та біомаса зоопланктону були зафіксовані у 2003 р.: 276,4 тис. екз./м<sup>3</sup> та 2082,3 мг/м<sup>3</sup>, відповідно (рис. 3). Максимум біомаси зоопланктону заростей рдеснику в 2003 р. пояснюється тим, що тоді розподіл біомас груп був більш рівномірним: за домінування *Copepoda* (59%) на частку *Cladocera* припадало 25%. Оскільки для зануреної рослинності найбільш притаманне мешкання великих за розміром ракоподібних, переважно гіллястову-сих [7], розвиток зоопланктону в цьому біотопі досягав найбільших значень за

сумісного внеску як *Copepoda*, так і *Cladocera*.

Показники розвитку заростей рдеснику правого та лівого берегів верхньої та нижньої частин плеса вірогідно не відрізнялись. Кількісні показники розвитку зоопланктону заростей рдеснику та очерету Головного плеса статистично відрізнялись за чисельністю:  $n = 21$ ,  $T = 3,53$ ,  $P < 0,005$  — та біомасою:  $n = 21$ ,  $T = 6,23$ ,  $P < 0,001$ .

Восени 2003–2005 рр. чисельність зоопланктону відкритої літоралі Головного плеса у середньому становила 79,03 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 226,1 мг/м<sup>3</sup>. За чисельністю та біомасою переважала група *Copepoda* — 63,4 та 66,8%, відповідно.

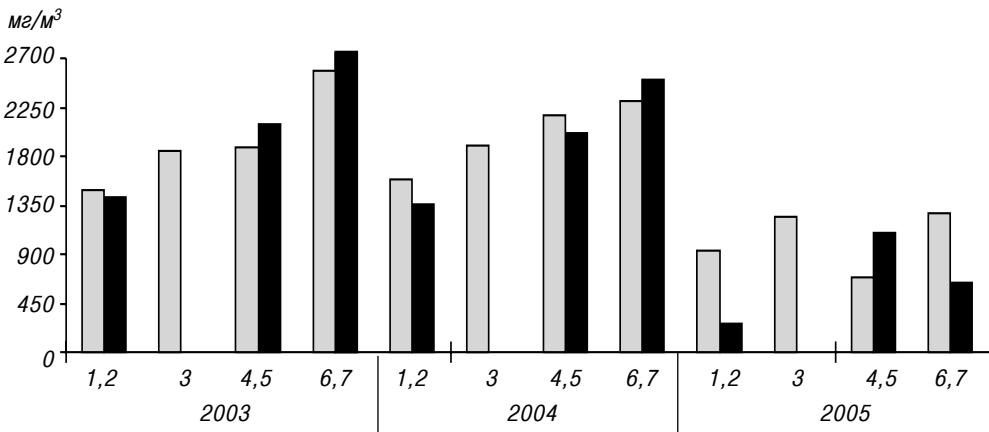


Рис. 3. Біомаса зоопланктону зарослої рдесником літоралі правого та лівого берегів Головного плеса водосховища влітку 2003–2005 рр.: станції 1–7 (див. позначення рис. 1). □ — правий берег; ■ — лівий берег

Восени співвідношення груп зоопланктону у заростях макрофітів було відносно рівномірним, оскільки розвиток теплолюбних видів, що швидко розмножуються, уповільнювався, а холодостійких видів *Rotatoria* та *Cladocera* — *Euchlanis dilatata*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris* — не знижувався.

У заростях очерету Головного плеса чисельність зоопланктону дорівнювала у середньому — 58,72 тис. екз./м<sup>3</sup>; біомаса — 185,7 мг/м<sup>3</sup>. За чисельністю та біомасою домінувала група *Copepoda* — відповідно 50,2 та 57,4%. Як і влітку, найбільший відсоток *Copepoda* чисельності (64,8%) та біомаси (66,6%) припадав на найбільш продуктивний 2004 р. Ступінь розвитку зоопланктону заростей очерету та відкритої літоралі був схожий і не виявив відмінності як за чисельністю ( $n = 23$ ,  $T = 0,34$ ,  $P > 0,05$ ), так і біомасою ( $n = 23$ ,  $T = 0,67$ ,  $P > 0,05$ ). Розвиток зоопланктону зарослої очеретом літоралі нижньої частини Головного плеса водосховища був вірогідно вищим від верхньої як за чисельністю ( $n = 12$ ,  $T = 2,7$ ,  $P < 0,05$ ), так і біомасою ( $n = 12$ ,  $T = 2,57$ ,  $P < 0,05$ ). За чисельністю та біомасою зоопланктону лівого та правого берегів водосховища відмінності не зафіксовано ( $n = 12$ ,  $T = 0,39$ ,  $P > 0,05$  та  $n = 12$ ,  $T = 0,39$ ,  $P > 0,05$ , відповідно).

У заростях рдеснику Головного плеса середня чисельність зоопланктону становила 96,05 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 531 мг/м<sup>3</sup>. За біомасою домінувала група *Cladocera* — 58,4%, за чисельністю розподіл між групами зоопланктону був досить рівномірний. Розвиток зоопланктону

заростей рдеснику був вірогідно вищим від заростей очерету як за чисельністю ( $n = 21$ ,  $T = 3,07$ ,  $P < 0,005$ ), так і біомасою ( $n = 21$ ,  $T = 5,41$ ,  $P < 0,001$ ). Кількісні показники біотопу рдеснику перевищували такі самі незарослих біотопів. Враховуючи схожі результати для інших сезонів, можна виділити біотоп рдеснику як особливий, найбільш продуктивний для розвитку зоопланктону. Між показниками розвитку зоопланктону зарослої рдесником літоралі лівого та правого берегів Головного плеса водосховища не зафіксовано відмінності як за чисельністю:  $n = 12$ ,  $T = 0,48$ ,  $P > 0,05$ , так і біомасою:  $n = 12$ ,  $T = 0,08$ ,  $P > 0,05$ . Розвиток планктофауни заростей рдеснику нижньої частини Головного плеса водосховища був вірогідно вищим від верхньої як за чисельністю ( $n = 12$ ,  $T = 5,39$ ,  $P < 0,05$ ), так і біомасою ( $n = 12$ ,  $T = 3,7$ ,  $P < 0,05$ ).

Чисельність домінуючих видів літорального зоопланктону значно відрізнялась як між собою, так і за біотопами Головного плеса (рис. 4). Чисельність усіх домінантних видів зоопланктону була набагато вищою в заростях рдеснику, найбільшу різницю від інших біотопів було зафіксовано для видів *Chydorus sphaericus*, *Heterocope caspia*, *Euchlanis dilatata*.

У відкритій літоралі Самарського плеса чисельність зоопланктону в середньому становила 113,3 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 425,3 мг/м<sup>3</sup>. Розподіл зоопланктону був нерівномірний, з максимумом у нижній частині плеса, де середня чисельність була 142,7 тис. екз./м<sup>3</sup>, а біомаса — 526 мг/м<sup>3</sup>; у верхній частині ці показники

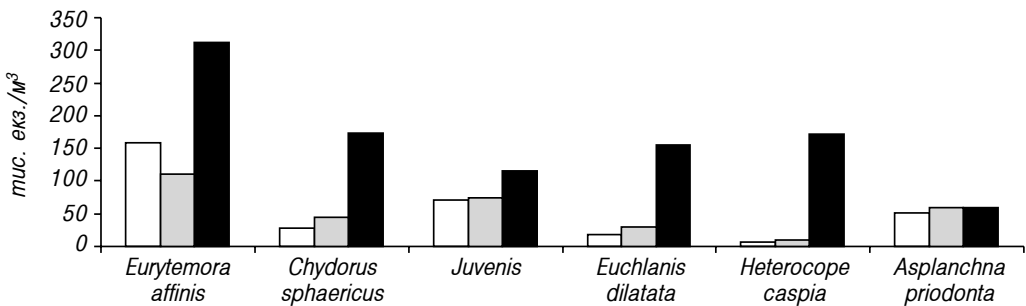


Рис. 4. Чисельність домінантних видів ракоподібних у біотопах літоралі водосховища влітку 2003–2005 рр. □ — відкрита літораль; ▒ — зарості очерету; ■ — зарості рдеснику

становили відповідно 54,5 тис. екз./м<sup>3</sup> та 224 мг/м<sup>3</sup>. У верхній частині Самарського плеса до підвищеної швидкості течії та впливу високомінералізованих шахтних вод Західного Донбасу додається ще й занадто сильна вегетація очерету, зарості якого займають 90% акваторії цієї частини. Висока щільність заростей макрофітів веде до заболочування та зниження концентрації кисню, що пригнічує життєдіяльність гідробіонтів [6].

У заростях очерету Самарського плеса чисельність зоопланктону в середньому становила 186,8 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 595,6 мг/м<sup>3</sup>. Найбільш продуктивний 2004 р. характеризувався найбільшим розвитком *Copepoda* порівняно з іншими роками: 31,9 — за чисельністю та 57,5% — за біомасою. Частки за чисельністю та біомасою групи *Rotatoria* у 2004 р. також були значні: відповідно 54,3 та 25,7%. Таким чином, зоопланктоценоз очерету плеса мав найбільші показники розвитку за оптимального стану популяцій як *Rotatoria*, так і *Copepoda*. Кількісні показники розвитку зоопланктону заростей очерету та відкритої літоралі Самарського плеса вірогідно не відрізнялись як за чисельністю, так і біомасою на 5% рівні значущості.

У заростях рдеснику Самарського плеса середня чисельність зоопланктону становила 674,2 тис. екз./м<sup>3</sup>, біомаса — 1217,2 мг/м<sup>3</sup>. Найбільші чисельність та біомаса зоопланктону відзначені у 2004 р. — 1241,6 тис. екз./м<sup>3</sup> та 2073,9 мг/м<sup>3</sup> за сумісного домінування *Copepoda* та *Cladocera*.

Таким чином, у всі сезони розвиток зоопланктону виявився вищим у заростях рдеснику. У цьому біотопі відзначається більше насичення середовища поживними речовинами, листя заростей рдеснику є ідеальним субстратом для прикріплення фітофільних безхребетних. Щільні зарості гігрофітів мають також

здатність адсорбувати забруднювачі та значно зменшувати їх токсичний вплив на планктофауну [8]. Незважаючи на створення заростями очерету субстрату для розвитку зоопланктону, речовини, які виділяє цей вид макрофітів, спроможні пригнічувати планктофауну [9]. Також розмноження фітофільних планктерів знижується при занадто щільному заростанні очеретом мілководь завдяки створенню несприятливого кисневого режиму [6].

За коефіцієнтом коваріації біомас зоопланктону біотопів водосховища, у відкритій літоралі та заростях очерету біомаси зоопланктону різних станцій були більш схожі між собою, ніж різних біотопів однієї станції (таблиця); це свідчить про те, що ступінь розвитку літорального зоопланктону водосховища, як і співвідношення груп зоопланктону, зумовлені специфікою біотопу, а не місцем локалізації вздовж водосховища.

Великий ступінь відхилення, притаманний заростям рдеснику, є наслідком значного коливання біомас зоопланктону в різні роки в цьому біотопі. Це, у свою чергу, спричинено тим, що планктонним мешканцям заростей рдеснику найбільшою мірою притаманний спалахоподібний характер розвитку [2, 7].

Обчислена за фізіологічним методом потенційна рибопродукція, яка створюється у водосховищі за рахунок зоопланктону, в усі сезони була максимальною в заростях рдеснику. В усіх біотопах водосховища продукція мирного зоопланктону набагато перевищувала раціон хижого, з груп зоопланктону найбільшу роль у створенні продукції відігравали *Copepoda* (рис. 5).

За рахунок споживання мирного зоопланктону хижими представниками планктофауни загальна продукція зоопланктону та відповідна рибопродуктивність значно зменшувались. Відсо-

#### Коефіцієнти коваріації біомаси зоопланктону літоральних біотопів водосховища

Біотоп	Відкрита літораль	Зарості очерету	Зарості рдеснику
Відкрита літораль	16121	239108	226780
Зарості очерету		12233	155069
Зарості рдеснику			291270

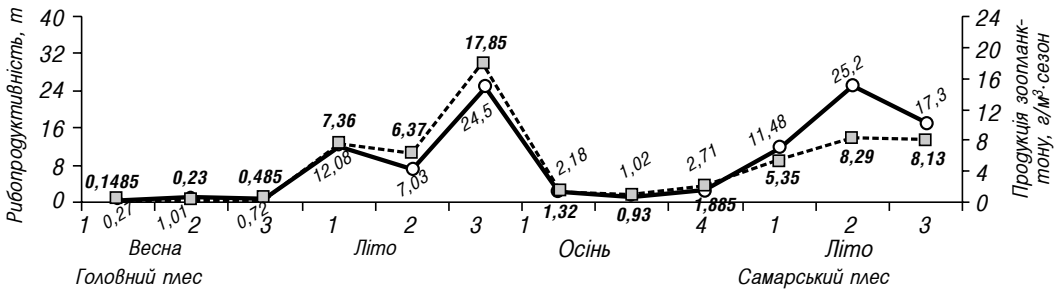


Рис. 5. Продукція літорального зоопланктону ( $\text{г}/\text{м}^3 \cdot \text{сезон}$ ) та потенційна за зоопланктоном рибопродуктивність ( $\text{т} \cdot \text{сезон}$ ) Дніпровського водосховища в 2003–2005 рр.: 1 — відкрита літораль; 2 — зарості очерету; 3 — зарості рдеснику. —○— — рибопродуктивність, т; --□-- — продукція зоопланктону,  $\text{г}/\text{м}^3 \cdot \text{сезон}$

ток зазначеного зменшення був вищим на верхній частині Головного плеса, де раціон хижого зоопланктону становив 62,6% загальної продуктивності мирного зоопланктону, на нижній частині величина цього показника була 27,2%.

У цілому, впродовж вегетаційного сезону потенційна рибопродуктивність, яка утворюється у водосховищі за рахунок літорального зоопланктону становила 153,7 т, чи 27,4 кг/га з перерахунку на площу літоральної частини водосховища. Цей показник є дуже близьким до реальних уловів, які реєструються Облдержрибінспекцією (11–15 кг/га), з урахуванням тієї частки виловленої риби, яка не враховується за рахунок бракон'єрського та аматорського лову.

## ВИСНОВКИ

Серед біотопів зарослої літоралі Головного плеса водосховища більша частина потенційної рибопродуктивності за рахунок зоопланктону створювалась у заростях рдеснику завдяки найбільш сприятливим умовам, які існують тут для розвитку планктофауни.

На сучасному етапі сукцесії зоопланктоценозу водосховища найбільш продуктивні види пелагіалі та відкритої літоралі належать до *Copepoda* та *Rotatoria*; це зумовлено більшою їх здатністю пристосовуватись до умов забруднення водосховища. Лише в заростях рдеснику найбільшими були показники *Copepoda* та *Cladocera*.

Між частинами водосховища різниця в розвитку зоопланктону спостерігалась у біотопах відкритої літоралі та меншою мірою, заростей очерету, що пояснюється більшим водообміном у цих заростях порівняно із заростями рдеснику.

Ступінь розвитку літорального зоопланктону водосховища, як і співвідношення його груп, зумовлені специфікою біотопу, а не місцем локалізації вздовж водосховища.

Упродовж вегетаційного сезону потенційна рибопродуктивність, яка створюється у водосховищі за рахунок літорального зоопланктону, становила 153,7 т, чи 27,4 кг/га у перерахунку на площу літоральної частини водосховища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Блохина З.Д. Роль зоопланктона и зообентоса в питании леща Краснодарского водохранилища // Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах: III Междунар. науч. конф.: тезисы докл. — Днепропетровск: Днепропетр. нац. ун-т, 2005. — С. 67–68.
2. Галинский В.Л. Литоральный зоопланктон Запорожского водохранилища как кормовая база рыб // Современные проблемы экспериментальной биологии и биотехнологии: Сб. науч. тр. — Днепропетровск, 1985. — С. 85–88.
3. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. — Л.: Наука, 1969. — Т. 1. — 656 с.
4. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 152 с.
5. Козлова И.В. Опыт расчета общей продукции зоопланктона на примере Уральских озер // Гидробиологический журнал. — 1972. — Т. 8, № 3. — С. 130–134.

6. Барановский Б.А. Растительность руслового равнинного водохранилища. — Днепропетровск: Днепропетр. нац. ун-т, 2000. — 172 с.
7. Зимбалева Л.Н. Литоральный зоопланктон // Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ. — К.: Наук. думка, 1989. — С. 5–21.
8. Столбунова В.Н. Особенности зоопланктона мелководий верхневолжских водохранилищ и условия его существования // Труды института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина. — Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1993. — С. 20–39.
9. Харнборн И. Экологическая биохимия / Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 386 с.

### **РАЗВИТИЕ ЛИТОРАЛЬНОГО ЗООПЛАНКТОНА И ЕГО РОЛЬ В РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ДНЕПРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

*В.А. Яковенко, А.И. Дворецкий*

Исследована продукция зоопланктона в биотопах литорали Днепровского водохранилища. Наибольший удельный уровень продукции зоопланктона отмечен в зарослях погруженной растительности, место локализации зарослей вдоль водохранилища имело второстепенное значение. В условиях антропогенной нагрузки основная часть продукции планктофауны принадлежит *Copepoda*.

### **DEVELOPMENT OF LITTORAL ZOOPLANKTON AND ITS ROLE IN FISH-PRODUCTIVITY OF DNEPROVSKOE RESERVOIR**

*V. Yakovenko, A. Dvoretzky*

Zooplankton production in littoral biotopes of Dneprovskoe reservoir has been researched. The greatest level of zooplankton production per cubic meter has been found out in sites filled with submerged plants, the site localization along the reservoir played the secondary role. In the conditions of the anthropogenic pressure the main part of zooplankton production is created by *Copepoda*.