

## Development of phyto-, zooplankton in fish ponds "Karpatskyi vodograi" LLC and their saprobiological characteristics

N. Chuzhma<sup>1</sup> | L. Samchyshyna<sup>1</sup> | T. Hryhorenko<sup>1</sup> | A. Bazaieva<sup>1</sup> | S. Koba<sup>1</sup> | A. Tuchapska<sup>1</sup> | V. Melnychuk<sup>2</sup> | V. Yevstafieva<sup>2</sup>

### Article info

#### Correspondence Author

N. Chuzhma

E-mail:

[n\\_chuzhma@ukr.net](mailto:n_chuzhma@ukr.net)

<sup>1</sup>Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine, Obukhivska Str., 135, 03164 Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

**Citation:** Chuzhma, N., Samchyshyna, L., Hryhorenko, T., Bazaieva, A., Koba, S., Tuchapska, A., Melnychuk, V., & Yevstafieva, V. (2024). Development of phyto-, zooplankton in fish ponds "Karpatskyi vodograi" LLC and their saprobiological characteristics. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 82–89. doi: 10.31210/spi2024.27.01.14

Qualitative composition and quantitative development of phyto- and zooplankton during the growing season in fish ponds of the "Karpatskyi Vodograi" and their saprobic characteristics in fish farming. It was found that the phytoplankton in the investigated fish ponds was represented by 112 and 117 species, while intraspecific taxa included six systematic divisions of algae: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, and *Chrysophyta*. The majority of phytoplankton species in both ponds was composed of green algae, accounting for up to 55.0 % of the total identified species. Subdominant groups included *Euglenophyta* (up to 19.0 %) and *Diatomophyta* (up to 16.0 %). The quantitative development of phytoplankton in the studied water bodies was characterized by high values, with the mid-season abundance ranging from 541,195.5±220,309.7 to 280,652.3±91,524.2 thousand cells/dm<sup>3</sup>, and biomass ranging from 52.4±19.6 to 53.87±22.69 mg/dm<sup>3</sup>. However, the majority of both the abundance (80.8–92.5 %) and biomass (34.6–69.7 %) of phytoplankton were represented by cyanobacteria, which are less valuable as food for zooplankton and phytoplanktophages. The species diversity of zooplankton was limited, with only 18 and 17 species identified in the investigated fish ponds, which included three main groups of organisms: *Rotifera*, *Cladocera*, and *Copepoda*. The core of the species diversity in both ponds was formed by cladocerans (53.0–55.0 %) and copepods (28.0–29.0 %). The share of rotifers did not exceed 17.0–18.0 % of the total number of identified species. In terms of faunal spectrum, the zooplankton in both ponds was of the cladoceran-copepod type, which is desirable for fish ponds. The quantitative development of zooplankton in these water bodies was low, with mid-season values not exceeding 48.89±29.09–74.98±37.15 thousand individuals/m<sup>3</sup> in abundance and 1.06±0.66–1.54±0.75 g/m<sup>3</sup> in biomass, indicating active consumption of this trophic niche by the existing fish fauna. Analysis of the saprobic characteristics of phyto- and zooplankton in the investigated fish ponds showed that the majority of saprobic indicator species, both for phytoplankton (up to 70.0 %) and zooplankton (up to 46.0 %), belonged to β-mesosaprobic organisms. The average saprobic indices for the growing season were at the level of 1.83±0.07–1.85±0.05 for phytoplankton and 1.52±0.16–1.76±0.26 for zooplankton that corresponded to the water quality class II, "fairly clean" category, indicating a satisfactory ecological condition of ponds at this enterprise.

**Keywords:** phytoplankton, zooplankton, qualitative composition, quantitative development, saprophyte, water quality, feeding ponds.

## Розвиток фіто- і зоопланктону в нагульних ставках ТЗОВ «Карпатський водограй» та їх сапробіологічна характеристика

Н. П. Чужма<sup>1</sup> | Л. В. Самчишина<sup>1</sup> | Т. В. Григоренко<sup>1</sup> | А. М. Базаєва<sup>1</sup> | С. А. Коба<sup>1</sup> | А. Я. Тучапська<sup>1</sup> | В. В. Мельничук<sup>2</sup> | В. О. Євстаф'єва<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут рибного господарства НААН, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Досліджено якісний склад та кількісний розвиток фіто- і зоопланктону впродовж вегетаційного сезону в нагульних ставках господарства ТЗОВ «Карпатський водограй» та надано їх сапробіологічну характеристику під час вирощування риби. Встановлено, що фітопланктон нагульних ставів був представлений 112-ма та 117-ма видами та внутрішньовидовими таксонами, які належали до 6-ти систематичних відділів водоростей: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Chrysophyta*. Основу видового складу фітопланктону обох ставів формували представники відділу зелених водоростей до 55,0% загальної кількості виявлених видів, субдомінантами виступали представники відділів евгленових (до 19,0 %) та діатомових (до 16,0 %) водоростей. Кількісний розвиток фітопланктону досліджених водойм характеризувався високими показниками, середньосезонна чисельність перебувала в межах 541195,5±220309,7–280652,3±91524,2 тис. кл./дм<sup>3</sup>, а біомаса – 52,4±19,6–53,87±22,69 мг/дм<sup>3</sup>. Проте основу як чисельності (80,8–92,5%), так і біомаси (34,6–69,7 %) фітопланктону формували синьозелені водорості, які менш цінні для кормового зоопланктону та риб фітопланктофагів. Видове різноманіття зоопланктону було незначним, усього в нагульних ставках ідентифікували 18 та 17 видів, що належать до трьох основних груп організмів – *Rotifera*, *Cladocera*, *Copepoda*. Основу видового різноманіття в обох ставках формували гіллястовусі (53,0–55,0 %) та веслоногі (28,0–29,0 %) ракоподібні. Частка коловерток не перевищувала 17,0–18,0 % від загальної кількості виявлених видів. Тобто за фауністичним спектром зоопланктон був кладоцерно-копеподного типу, що є бажаним для рибицтв ставів. Кількісний розвиток зоопланктону цих водойм був низьким, середньосезонні показники не перевищували 48,89±29,09–74,98±37,15 тис. екз./м<sup>3</sup> за чисельністю та 1,06±0,66–1,54±0,75 г/м<sup>3</sup> за біомасою, що вказує на активне споживання цієї кормової ніші наявною іхтіофауною водойм. Аналіз сапробіологічної характеристики фіто- і зоопланктону нагульних ставів показав, що основу видів-індикаторів сапробності як за фітопланктоном (до 70,0 %), так і за зоопланктоном (до 46,0 %) становили β-мезосапроби. Середні за вегетаційний сезон індекси сапробності за фітопланктоном були на рівні 1,83±0,07–1,85±0,05, за зоопланктоном – 1,52±0,16–1,76±0,26, які відповідають II класу якості води, категорії «досить чисті», що свідчить про задовільний екологічний стан ставів цього господарства.

**Ключові слова:** фітопланктон, зоопланктон, якісний склад, кількісний розвиток, сапробність, якість води, нагульні стави.

**Бібліографічний опис для цитування:** Чужма Н. П., Самчишина Л. В., Григоренко Т. В., Базаєва А. М., Коба С. А., Тучапська А. Я., Мельничук В. В., Євстаф'єва В. О. Розвиток фіто- і зоопланктону в нагульних ставках ТЗОВ «Карпатський водограй» та їх сапробіологічна характеристика. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 82–89.

## Вступ

Якість води у ставах, призначених для аквакультури, має надважливе значення, оскільки неякісна вода може вплинути на здоров'я та ріст об'єктів культивування. Якість води в конкретній водоймі не є константною характеристикою, а визначається сукупністю змінних параметрів, до того ж в екосистемах із порушеним функціонуванням природного механізму самоочищення існує ризик дуже швидкого погіршення якості води [1–3] і, як наслідок, масової загибелі риби. У рибницьких ставках якість води, від якої залежать всі процеси живлення, росту і відтворення вирощуваної риби, може швидко знижуватися внаслідок надвисокої порівняно з природними водоймами щільності об'єктів культивування і відповідно інтенсивного надходження у водойму продуктів життєдіяльності риб, чи кормів і добрив, якщо такі технологічно застосовуються [4]. Причиною різких змін якості води є також вимушена деградація біоценозів водойм такого типу, зокрема обмежений розвиток чи відсутність макрофітів, які зазвичай виконують роль природного біофільтра і екосистемного буфера.

Тому стан води як самої водойми, так і джерела її надходження у став повинні підлягати постійному моніторингу.

Гідробіологічні показники водойми також дають можливість оцінити якість води за безхребетними тваринами і рослинністю водойм [5, 6], зокрема за мікроскопічними водоростями – фітопланктоном [7]. Гідробіологічні показники є досить чутливими. Якість води виражають у вигляді так званого рівня сапробності, який пряма залежить від ступеня насичення води органічними речовинами. Кожному рівню сапробності відповідає свій набір індикаторних організмів-сапробіонтів. Зважаючи на індикаторну значущість знайдених у водоймі організмів і їх кількості, визначають індекс та відповідний йому рівень сапробності води. У разі збільшення ступеня забруднення водних об'єктів видова різноманітність в них, як правило, знижується. Тому зміна видової різноманітності є показником зміни якості води.

Надзвичайно чутливим і інформативним до змін екологічних умов водних екосистем вважають фітопланктон [8, 9], який в автотрофній ланці водних екосистем відіграє провідну роль. У ставах, що інтенсивно експлуатуються, планктонні водорості відіграють основну роль в утворенні первинної продукції. Ступінь розвитку фітопланктону, його таксономічна структура значною мірою визначає газовий режим води ставів. Крім того, відмічена його істотна роль у формуванні якості води, самоочищенні і самозабрудненні, у процесах міграції радіонуклідів [10]. Короткий життєвий цикл та швидка репродуктивність планктонних водоростей дозволяє навіть при проведенні обмежених у часі спостережень оцінити можливі несприятливі зміни в екосистемі водойми. Індикатором екологічного стану водойми може бути видовий склад фітопланктону, а також чисельність та біомаса видів

та деякі інші показники [9]. За сапробіологічною характеристикою водоростей можуть бути сформовані короткочасні та довготривалі прогнози стану водойм, оцінки біопродуктивності та рибопродуктивності.

Важливим біологічним компонентом водних екосистем є також зоопланктон, який відіграє велику роль у трансформації органічної речовини і енергії та біологічній продуктивності [5, 11, 12]. Зоопланктонні організми також є індикаторами санітарного стану водойм [13]. Як тварини-фільтратори, планктонні ракоподібні беруть активну участь у процесах природного самоочищення вод, сприяють мінералізації і, тим самим, біологічному очищенню забруднених вод. Так, відомо, що представники гіллястовусих ракоподібних роду дафнія можуть профільтрувати до 37 мл води за годину на одну особину [11, 13], тому ця група тварин є привабливою для біоманіпуляційних заходів при відновленні забруднених водних екосистем.

Крім того, фіто- і зоопланктон є важливими компонентами рибницьких ставів і зокрема, які регулюють продуктивність водойм, їхню біорізноманітність та вплив на довкілля, тому контроль за розвитком природної кормової бази у ставах має надважливе значення [14–19].

## Мета дослідження

*Метою* цієї роботи було охарактеризувати якісний склад та кількісний розвиток фіто- і зоопланктону для оцінки якості води в рибницьких ставах під час вирощування товарної риби.

## Матеріали і методи

Дослідження проводили у двох нагульних ставах № 1 та № 3 господарства ТЗОВ «Карпатський водограй» площею 58,7 та 5,1 га, середньою глибиною 1,05 та 1,10 м, відповідно. У нагульних ставах за однакових умов вирощувався короп у полікультурі з рослиноідними рибами.

Проби фіто- і зоопланктону відбирали впродовж вегетаційного сезону (з червня по вересень) раз на місяць. Відбір проб фітопланктону в нагульних ставах здійснювали з верхнього горизонту води на глибині 0,2–0,5 м, використовуючи при цьому кухлі об'ємом 1 дм<sup>3</sup> [12]. Після перемішування відібраної у відро води її набирали у пляшку об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup> та фіксували 40 %-ним формаліном (10 мл на 0,5 дм<sup>3</sup> води). Фіксовані проби відстоювали в темному місці впродовж 10–14 діб. Розрахунок чисельності і біомаси виконували відповідно до загальноприйнятих методик [12, 20]. У цій роботі під «фітопланктоном» мали на увазі сукупність усіх форм мікроскопічних водоростей незалежно від їх біотопічної приуроченості, які на момент відбору проб знаходились у товщі води та характеризувалися відповідними структурно-функціональними показниками угруповань.

Зоопланктонні проби відбирали за допомогою планктонної сітки Апштейна, крізь яку фільтрували 50 дм<sup>3</sup> води. Як відбір, так і камеральне опрацювання

проб зоопланктону проводили згідно із загально-прийнятими методиками [12, 20].

Для визначення видового складу планктонних водоростей та безхребетних тварин використовували основні визначники [21–25].

Для оцінки сапробності вод у рибницьких ставах був використаний кількісний метод Пантле-Букк у модифікації Сладечека [26, 27]. Індекс сапробності розраховували за формулою:

$$S = \Sigma (s \times h) / \Sigma h$$

де,  $s$  – індикаторна значимість (сапробна валентність) виду,  $h$  – відносна частота зустрічаємості організмів даного виду у пробах.

Сапробну валентність для кожного виду визначали за списком видів-індикаторів [9, 20]. Категорії якості води оцінювали згідно із загальноприйнятими методиками оцінки стану водних об'єктів [20, 28].

### Результати та їх обговорення

*Динаміка розвитку фіто- і зоопланктону в нагульному ставі № 1.*

У ставі № 1 фітопланктон був представлений 112-ма видами та внутрішньовидовими таксонами, які належали до 6-ти систематичних відділів водоростей: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*,

*Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Chryzophyta*. Основу видового різноманіття фітопланктону визначали види, які відносились до відділу зелених водоростей. Їх частка становила 55,0 % від загального числа виявлених видів, субдомінантами виступали діатомові (16,0 %) та евгленові (15,0 %). Решта відділів не мали значного впливу на формування видового різноманіття ставу і становили від 1,0 % до 11,0 %.

Основу кількісних показників фітопланктону ставу формували синьо-зелені водорості, їх частка в середньому за сезон становила 92,5 % за чисельністю та 69,7 % за біомасою, хоча на початку досліджень у червні представників цього відділу водоростей не було знайдено (табл. 1).

Найнижчі кількісні показники розвитку фітопланктону реєстрували у другій половині червня, коли його чисельність складала 4437,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>, а біомаса – 5,16 мг/дм<sup>3</sup>. Домінуюче положення у формуванні чисельності належало зеленим водоростям 83,5 %, а біомаси – евгленовим 44,8 %. Відомо, що при величинах 5,0 мг/дм<sup>3</sup> фітопланктон сприяє самоочищенню води, а більш вищі значення характерні для масового розвитку водоростей («цвітіння» води), наслідком чого є погіршення санітарно-біологічного стану водойми і пониження якості води в ній.

**Таблиця 1**

Кількісний розвиток фітопланктону в нагульному ставі № 1

Відділи водоростей	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Середнє за сезон	% співвідношення
<i>Cyanophyta</i>	-	476476,0	1026902,0	498984,0	500590,5	92,5
		38,97	83,8	23,29	36,52	69,7
<i>Euglenophyta</i>	221,0	462,0	255,0	3230,0	1042,0	0,2
	2,31	2,86	1,83	9,67	4,17	8,0
<i>Bacillariophyta</i>	442,0	11506,0	12036,0	6239,0	7555,8	1,4
	1,11	4,0	4,38	3,55	3,26	6,2
<i>Chlorophyta</i>	3706,0	49984,0	44064,0	29546,0	31825,0	5,9
	1,4	9,57	7,46	10,1	7,13	13,6
<i>Dinophyta</i>	34,0	44,0	374,0	119,0	142,8	0,0
	0,3	0,39	3,31	1,05	1,26	2,4
<i>Chryzophyta</i>	34,0	22,0	68,0	34,0	39,5	0,0
	0,04	0,02	0,05	0,02	0,03	0,1
<i>Усього (N)</i>	4437,0	538494,0	1083699,0	538152,0	541195,5±220309,7	100
<i>Усього (B)</i>	5,16	55,81	100,83	47,68	52,4±19,6	100

Примітки: – N – чисельність організмів, тис. кл./дм<sup>3</sup>; B – біомаса організмів, мг/дм<sup>3</sup>.

У кінці липня спостерігається суттєвий підйом кількісних показників фітопланктону (538494,0 тис. кл./дм<sup>3</sup> і 55,81 мг/дм<sup>3</sup>). У ставку відбулася зміна домінуючого комплексу водоростей: головне місце в формуванні загальної чисельності та біомаси займали синьо-зелені водорості, частка яких за чисельністю складала 88,5 %, а за біомасою – 69,8 %. Це дозволяє спрогнозувати наступне погіршення якості води, оскільки деструкція фітомаси водоростей спричиняє забруднення води органічними речовинами, що призводить, зокрема до скачко-подібного зменшення насиченості її киснем.

Максимальні показники кількісного розвитку фітопланктону (1083699,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>, та 100,83 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігали під час інтенсивного «цвітіння» води у кінці серпня завдяки вегетації синьо-зелених водоростей, які домінували за

чисельністю (88,5 %) і за біомасою (83,1 %). Абсолютним видом-домінантом як за чисельністю (953700,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>), так і за біомасою (77,25 мг/дм<sup>3</sup>) був – *Aphanizomenon flos-aquae*.

Подальший розвиток фітопланктону хоча і характеризувався зниженням кількісних показників, але все одно вони були на досить високому рівні, чисельність складала 538152,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>, а біомаса – 47,68 мг/дм<sup>3</sup>.

Середньосезонні показники розвитку фітопланктону у ставі № 1 становили 541195,5±220309,7 тис. кл./дм<sup>3</sup> за чисельністю та 52,4±19,6 мг/дм<sup>3</sup> за біомасою. Основу як чисельності (92,5 %), так і біомаси (69,7 %) формували синьо-зелені водорості.

Упродовж вегетаційного сезону в зоопланктоні нагульного ставу № 1 було виявлено

18 видів, що належали до трьох основних груп організмів – коловерток (*Rotifera*), гіллястовусих (*Cladocera*) та веслоногих (*Copepoda*) ракоподібних. Зоопланктон у цьому ставі був кладоцерно-копеподного типу, оскільки основу його видового складу формували гіллястовусі (10 видів або 55,0 % від загальної кількості виявлених видів) та веслоногі (5 видів або 28,0 %) ракоподібні. Коловертки були представлені лише трьома видами – *Asplanchna priodonta*, *Brachionus urceus*, *Notholca squamula*, частка яких не перевищувала 17,0 %

від загальної кількості виявлених видів планктонних тварин.

Серед інших організмів упродовж вегетаційного сезону в зоопланктонних пробах траплялися личинки двокрилих комах, багатощетинкові черви та поодинокі бентосні остракоди.

Щодо кількісних показників розвитку тваринного планктону, то перші три місяці показники біомаси були особливо низькими 0,11–0,94 г/м<sup>3</sup>. До того ж найбільш чисельними в липні були коловертки – 15,0 тис. екз./м<sup>3</sup>, проте їх внесок у біомасу був незначний (табл. 2).

**Таблиця 2**

Кількісний розвиток зоопланктону в нагульному ставі № 1

Основні групи організмів	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Середнє за сезон	% співвідношення
<i>Rotifera</i>	-	15,0 0,08	-	1,0 0,00	4,0 0,02	8,2 1,9
<i>Cladocera</i>	3,5 0,06	28,0 0,44	2,0 0,09	93,06 2,06	31,64 0,66	64,7 62,3
<i>Copepoda</i>	4,5 0,18	9,0 0,42	3,0 0,01	28,0 0,88	11,13 0,37	22,8 34,9
Інші	-	-	0,5 0,01	8,0 0,01	2,13 0,01	4,3 0,9
Усього (N)	8,0	52,0	5,5	130,06	48,89±29,09	100
Усього (B)	0,24	0,94	0,11	2,95	1,06±0,66	100

Примітка: – N – чисельність організмів, тис. екз./м<sup>3</sup>; B – біомаса організмів, г/м<sup>3</sup>.

У вересні біомаса зоопланктону дещо зросла до 2,95 г/м<sup>3</sup>, адже чисельність гіллястовусих збільшилася до 93,06 тис. екз./м<sup>3</sup>, а веслоногих ракоподібних до 28,0 тис. екз./м<sup>3</sup>. Основний внесок у біомасу у вересні давали гіллястовусі ракоподібні: *Pleuroxus striatus*, *Scapholeberis mucronata*, *Daphnia spp.*

У середньому за вегетаційний період чисельність зоопланктону не перевищувала 48,89±29,09 тис. екз./м<sup>3</sup>, а біомаса – 1,06±0,66 г/м<sup>3</sup>. Хоча основу як чисельності (64,7 %), так і біомаси (62,3 %) складала цінні в кормовому значенні гіллястовусі ракоподібні.

Динаміка розвитку фіто- і зоопланктону в нагульному ставі № 3.

Таксономічний склад фітопланктону ставу № 3 був представлений тими ж відділами, що і у

попередньому. Серед видового різноманіття планктонних водоростей усього було ідентифіковано 117 видів і внутрішньовидових таксонів. Найбільшою кількістю видів характеризувались зелені водорості, частка яких складала 55,0 % від загальної кількості. Друге місце за кількістю видів займали евгленові водорості – 19,0 %. Частки інших відділів коливались від 2,0 до 12,0 %.

Динаміка розвитку фітопланктону цього ставу була схожою із вищезазначеним, а саме, найменші кількісні показники спостерігались на початку дослідного періоду і становили 6545,0 тис. кл./дм<sup>3</sup> за чисельністю та 2,33 мг/дм<sup>3</sup> за біомасою (табл. 3). Чисельність у цей час формували зелені (56,0 %) та синьо-зелені (35,0%) водорості, а біомасу – евгленові (46,0 %) та зелені (43 %).

**Таблиця 3**

Кількісний розвиток фітопланктону в нагульному ставі № 3

Відділи водоростей	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Середнє за сезон	% співвідношення
<i>Cyanophyta</i>	2312,0 0,09	362934,0 47,42	249152,0 9,99	293172,0 17,04	226892,5 18,64	80,8 34,6
<i>Euglenophyta</i>	306,0 1,07	243,0 0,83	10624,0 58,21	924,0 3,85	3024,3 15,99	1,1 29,7
<i>Bacillariophyta</i>	221,0 0,12	2079,0 3,53	20128,0 13,63	8888,0 3,1	7829,0 5,10	2,8 9,5
<i>Chlorophyta</i>	3655,0 1,00	20925,0 5,38	88352,0 25,59	57750,0 18,95	42670,5 12,73	15,2 23,6
<i>Dinophyta</i>	-	81,0 0,72	544,0 4,53	22,0 0,20	161,8 1,36	0,1 2,5
<i>Chrysophyta</i>	51,0 0,05	54,0 0,04	192,0 0,13	-	74,3 0,06	0,0 0,10
Усього (N)	6545,0	386316,0	368992,0	360756,0	280652,3 ± 91524,2	100
Усього (B)	2,33	57,92	112,08	43,14	53,87±22,69	100

Примітки: – N – чисельність організмів, тис. кл./дм<sup>3</sup>; B – біомаса організмів, мг/дм<sup>3</sup>.

У середині літа відбулося підвищення чисельності (386316,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>) та біомаси (57,92 мг/дм<sup>3</sup>) фітопланктону. Абсолютними домінантами як за чисельністю, так і за біомасою були синьо-зелені водорості (94,0 % і 82,0 %, відповідно). Інтенсивно вегетував вид – *Anabaena flos-aquae*.

Пік біомаси планктонних водоростей (112,08 мг/дм<sup>3</sup>) так само як і у ставі № 1, був відмічений в серпні, завдяки вегетації евгленових (52,0 %) та зелених (22,0 %) водоростей. Домінантами були види, що відносились до родів *Euglena* та *Scenedesmus*. Значне зниження біомаси фітопланктону до 43,14 мг/дм<sup>3</sup> спостерігали у кінці дослідного періоду, хоча чисельність перебувала на високому рівні 360756,0 тис. кл./дм<sup>3</sup>. Біомасу в цей час формували зелені (44,0 %) та синьо-зелені (40,0 %), а чисельність – синьо-зелені (81,0 %) водорості.

У середньому за період дослідження загальна чисельність фітопланктону у ставі №3 становила

280652,3±91524,2 тис. кл./дм<sup>3</sup> і на 80,8 % формувалася завдяки розвитку синьо-зелених, а біомаса – 53,87±22,69 мг/дм<sup>3</sup> за рахунок вегетації синьозелених (34,6 %), евгленових (29,7 %) та зелених (23,6 %) водоростей.

У зоопланктоні ставу № 3 за період дослідження було ідентифіковано усього лише 17 видів безхребетних, з яких 3 види (або 18,0 % від загальної кількості) коловертки, 9 видів (або 53,0 %) гіллястовусих та 5 видів (або 29,0 %) веслоногих ракоподібних. Зоопланктон цього ставу теж належав до кладоцерно-копеподного типу. Динаміка кількісного розвитку тваринного планктону була схожою. Так само, як і в попередньому ставі, перші три місяці показники біомаси були надзвичайно низькими 0,16–1,71 г/м<sup>3</sup>. У вересні цей показник підвищився до 3,56 г/м<sup>3</sup> загалом завдяки розвитку двох видів веслоногих ракоподібних – *Sinodiaptomus sarsi* і *Thermocyclops crassus*, біомаса яких складала 3,54 г/м<sup>3</sup>, а чисельність сягала до 173 тис. екз./м<sup>3</sup> (табл. 4).

**Таблиця 4**

Кількісний розвиток зоопланктону в нагульному ставі № 3

Основні групи організмів	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Середнє за сезон	% співвідношення
<i>Rotifera</i>	-	24,0 0,02	-	-	6,0 0,01	8,0 0,6
<i>Cladocera</i>	0,5 0,01	18,0 0,48	1,2 0,12	4,0 0,02	5,93 0,16	7,9 10,4
<i>Copepoda</i>	36,5 0,64	31,8 1,18	2,1 0,04	173,0 3,54	60,85 1,35	81,2 87,7
Інші	5,5 0,06	3,0 0,03	0,3 0,003	0,0 0,0	2,2 0,02	2,9 1,3
Усього (N)	42,5	76,8	3,6	177,0	74,98±37,15	100
Усього (B)	0,71	1,71	0,16	3,56	1,54±0,75	100

Примітка: – N – чисельність організмів, тис. екз./м<sup>3</sup>; B – біомаса організмів, г/м<sup>3</sup>.

Серед коловертки ідентифіковано три види роду *Brachionus*: *Brachionus urceus*, *Br. angularis* та *Br. diversicornis*, сприятливі умови для розвитку яких були в середині літа.

На відміну від нагульного ставу № 1 у ставі № 3 гіллястовусі ракоподібні не відігравали значної ролі ані за чисельністю, ані за біомасою. Найвищий внесок у середньому за весь вегетаційний сезон як за чисельністю (81,2 %), так і за біомасою (87,7 %) мали веслоногі ракоподібні. Середньосезонні показники чисельності та біомаси зоопланктону становили 74,98±37,15 тис. екз./м<sup>3</sup> та 1,54±0,75 г/м<sup>3</sup> відповідно.

Слід відмітити, що в обох ставах, незважаючи на досить високі показники розвитку фітопланктону, зоопланктон не давав високої біомаси, що найімовірніше, пов'язано з активним видаленням його наявною іхтіофауною водойм, а також у зв'язку із масовим розвитком у ставах синьо-зелених водоростей. Під час «цвітіння» представників синьо-зелених водоростей *Aphanizomenon flos-aquae* і *Anabaena flos-aquae* та досягнення ними пікових показників за біомасою в серпні, зоопланктон пригнічується в розвитку і має найнижчі показники біомаси за весь вегетаційний сезон. До того ж коловертки зникають із планктону в обох ставах.

Сапробіологічна характеристика водного середовища нагульних ставів.

Аналіз еколого-санітарного стану досліджуваних водойм проведений за методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека за наявністю видів-індикаторів сапробності та розрахованими індексами сапробності за показниками фіто- і зоопланктону. В результаті проведеного аналізу встановлено, що серед загальної кількості виявлених видів фітопланктону в нагульних ставах № 1 та № 3 знайдено відповідно 46 та 51 видів-індикаторів сапробності (табл. 5).

Серед цієї кількості видів-індикаторів водоростей головне місце в обох ставах посідали β-мезосапроби – 32 та 35 видів, що становило 70 % та 69 % від загальної кількості виявлених видів-індикаторів. Другорядне значення мали представники перехідних зон β-о (3 і 4 види або 7 і 8 %) та о-β-мезосапроби (4 і 5 види або 9 і 10 % від загальної кількості виявлених видів-індикаторів). Наявність представників інших зон не перевищувала 1–2 види.

Серед β-мезосапробів постійними компонентами фітопланктону у ставі № 1 були *Euglena caudata*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Synedra acus*, *Synedra ulna*, *Nitzschia acicularis*, а в ставі № 3 – *Trachelomonos volvocinae*, *Scenedesmus quadricauda*, *Melosira granulata* var. *angustissima*.

Щодо сапробіологічної характеристики цих ставів за зоопланктоном, то загальна кількість видів-індикаторів сапробності в них становила 14 (став № 1) та 13 (став № 3). Серед цієї кількості видів-індикаторів сапробності більшість належали до групи

$\beta$ -мезосапробів (5–6 видів або 36,0–46,0 % загальної кількості виявлених видів-індикаторів),  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробів (4–3 або 29,0–23,0 %) та  $\alpha$ -мезосапробів (5–3 або 36,0–23,0 %), що є характерним для вод з помірним рівнем органічного забруднення.

**Таблиця 5**

Наявність видів індикаторів сапробності фіто- і зоопланктону в нагульних ставах

Водойми	Розподіл видів-індикаторів фітопланктону за зонами сапробності									Усього видів
	$\beta$	$\beta$ - $\alpha$	$\beta$ - $\alpha$	$\alpha$ - $\beta$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$ - $\beta$	$\beta$ - $\rho$	$\rho$	
Став №1	32	1	3	4	1	2	1	1	1	46
Став №3	35	-	4	5	2	2	1	1	1	51
Розподіл видів-індикаторів зоопланктону за зонами сапробності										
Став №1	5	-	-	4	5	-	-	-	-	14
Став №3	6	1	-	3	3	-	-	-	-	13

В обох ставах за наявністю видів-індикаторів як фіто-, так і зоопланктону вода належить до категорії  $\beta$ -мезосапробної, що є задовільною для вирощування риби.

Оцінка якості води за індексами сапробності, розрахованими за валентністю видів-індикаторів

фіто- і зоопланктону та їх кількісним розвитком, зокрема за чисельністю, показали, що значення індексів сапробності за фітопланктоном у ставі № 1 перебували в межах від 1,71 до 2,01, а у ставі № 3 – від 1,77 до 1,99 (табл. 6).

**Таблиця 6**

Динаміка індексів сапробності ( $S_N$ ) води у нагульних ставах за розвитком фіто- і зоопланктонних видів-індикаторів упродовж вегетаційного сезону

Водойми	$S_N$ за фітопланктоном				Середнє за сезон
	Червень	Липень	Серпень	Вересень	
Став №1	2,01	1,72	1,71	1,88	1,83±0,07
Став №3	1,99	1,86	1,79	1,77	1,85±0,05
$S_N$ за зоопланктоном					
Став №1	1,51	1,53	1,33	1,71	1,52±0,16
Став №3	1,66	2,10	1,77	1,49	1,76±0,26

Індекси сапробності за зоопланктоном упродовж вегетаційного сезону у ставі №1 змінювалися в межах 1,33–1,71, а в ставі № 3 – 1,49–2,10.

Упродовж вегетаційного сезону у ставу № 1 сапробність зростала, що пояснюється, найімовірніше, накопиченням органічних сполук внаслідок відмирання і деструкції синьо-зелених водоростей, які мали високу чисельність і біомасу в цій водоймі. Натомість сапробність у ставі № 3 впродовж періоду дослідження зменшувалась, що вказує на те, що в цьому ставі відбувались природні процеси самоочищення і мінералізації органічних сполук. Тут роль гiллястовисих ракоподібних, які є фільтраторами, як не дивно, була незначною. Проте аналіз фітопланктонного угруповання показав, що у ставі №3 було відсутнє масове «цвітіння» синьо-зелених водоростей, а переважали евгленові та зелені водорості, які, на нашу думку, і сприяли процесам натурального самоочищення води у ставі більше, ніж фільтрування і мінералізація органічних решток зоопланктонними організмами.

Загалом значення індексів сапробності, як за фіто-, так і зоопланктоном в обох ставах не виходили

за межі характерні для  $\beta$ - мезосапробної зони. Отримані середньосезонні показники індексів сапробності за фітопланктоном були на рівні 1,83±0,07–1,85±0,05, а за зоопланктоном – 1,52±0,16–1,76±0,26. Згідно з отриманими значеннями індексів сапробності вода цих водойм відповідає II класу якості, категорії «досить чисті», а екологічний стан водойм можна охарактеризувати як «задовільний».

### Висновки

Фітопланктон нагульних ставів № 1 та № 3 був представлений відповідно 112-ма та 117-ма видами та внутрішньовидовими таксонами, що належать до синьо-зелених, евгленових, діатомових, динофітових, золотистих та зелених водоростей. Основу видового складу фітопланктону обох ставів формували зелені водорості до 55,0 % загальної кількості виявлених видів, субдомінантами виступали евгленові (до 19,0 %) та діатомові (до 16,0 %) водорості.

Кількісний розвиток фітопланктону характеризувався високими показниками, середньосезонна чисельність перебувала в межах 541195,5±220309,7–

280652,3±91524,2 тис. кл./дм<sup>3</sup>, а біомаса – 52,4±19,6–53,87±22,69 мг/дм<sup>3</sup>. При цьому чисельність (80,8–92,5 %) і біомаса (34,6–69,7 %) формувалися завдяки розвитку синьо-зелених водоростей, які є менш цінними та доступними для кормового зоопланктону і риб фітопланктофагів. У період «цвітіння» води (масового розвитку синьо-зелених водоростей) заморних явищ у ставах не спостерігали.

Зоопланктон нагульних ставів був представлений 3-ма видами коловертток, 9–10-ма видами гіллястовусих та 5-ма видами веслоногих ракоподібні, усього 17–18-ма видами. Основу видового складу в обох ставах становили гіллястовусі (53,0–55,0 %) та веслоногі (28,0–29,0 %) ракоподібні. Тобто за фауністичним спектром зоопланктон був кладоцернокопеподного типу.

Кількісний розвиток зоопланктону в нагульних ставах був низьким, хоча і формувався завдяки розвитку ракоподібних, середньосезонні показники не перевищували 48,89±29,09–74,98±37,15 тис. екз./м<sup>3</sup> за чисельністю та 1,06±0,66–1,54±0,75 г/м<sup>3</sup> за біомасою, що вказує на активне споживання цієї кормової ланки наявною іхтіофауною водойм.

Сапробність цих водних об'єктів, розрахована за видами-індикаторами фіто- і зоопланктону відповідала β-мезосапробній зоні. Індекси сапробності за фітопланктоном були на рівні 1,83±0,07–1,85±0,05, а за зоопланктоном – 1,52±0,16–1,76±0,26, та відповідають II класу якості води, категорії «досить чисті», що вказує на задовільну якість води для проведення рибогосподарської діяльності в цих ставах.

### Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

### References

1. Lytvyn, N. A., Rudenko, O. P., & Gutyj, B. V. (2021). Assessment of the quality of pond waters of Lviv region and prospects for the use of phytoplankton biomass in these reservoirs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 23 (95), 108–113. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9516>
2. Zhemerov, O. O., & Dots, V. H. (2011). *Otsinka yakosti poverkhnelykh vod sushi: metodychni posibnyk*. Kharkiv: ASSA [in Ukrainian]
3. Dumych, O. Ia. (2009). Otsinka yakosti vody staviv v katehoriakh saprobnosti. *Naukovi Visnyk NLTU Ukrainy*, 19 (4), 72–75. [in Ukrainian]
4. Loshkova, Yu. M. (2022). Ecological assessment of the condition of fish ponds in the growing of carp fish in Kherson region. *Taurian Scientific Herald*, 126, 283–289. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.39>
5. Dumych, O., & Danylyk, R. (2015). Zooplankton Communities of Lviv Hydroecosystems (on the Example of Piskovi Lakes). *Scientific Bulletin of UNFU*, 25(3), 85–90. Retrieved from: <https://nv.ntu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1129>
6. Pashkova, O. V. (2012). Zooplankton kak indikator organicheskogo i toksicheskogo zagryazneniya i ekologicheskogo sostoyaniya gidroekosistem (obzor). *Gidrobiologicheskij Zhurnal*, 6 (48), 3–24. [in Russian]
7. Zotov, A. (2014). Porivnialnyi analiz natsionalnykh i yevropeyskykh metodyk otsinky yakosti vodnoho seredovyscha za dopomohoiu indyikatoriv fitoplanktonu. *Visnyk Lvivskoho Universytetu. Seriya Biologichna*, 67, 3–17. [in Ukrainian]

8. Barinova, S. S., Medvedeva, L. A., & Anisimova, O. V. (2006). *Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhayushей sredi*. Tel Aviv: Pilies Studio [in Russian]
9. Barinova, S. S., Belous, E. P., & Careno, P. M. (1994). *Algoindikaciya vodnyh obyektov Ukrainy: metody i perspektivy*. Kiev: Hajfa [in Russian]
10. Shcherbak, V. I., & Semeniuk, N. Ye. (2023). Structural and functional characteristics of phytoplankton, algal mats, detritus and water quality under main abiotic factors in urban ponds (case study of urban settlement Hostomel, Bucha District, Kyiv Region, Ukraine). Report II. Quantitative indicators, dominant complexes of phytoplankton, detritus and water quality of urban ponds. *Algologia*, 33 (2), 65–82. <https://doi.org/10.15407/alg33.02.065>
11. Lomartire, S., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2021). The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. *Ecological Indicators*, 129, 107867. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107867>
12. Krazhan, S. A., & Khyzhniak, M. I. (2014). *Natural forage base of the fishing ponds*. Oldi Plus, Kherson.
13. Samchyshyna, L. V. (2016). Analiz modelnykh transformovano-zminenykh i netransformovanykh vodoim m. Kyieva za vydovym riznomanittiam hilliastovusykh rakopodibnykh. In: I. V. Pansiuca (red.). (pp. 30–35). *Uporiadkuvannya vodoohoronnykh zon miskykh vodoim na osnovi ekologichnoi otsinky yakosti vod*. Kyiv [in Ukrainian]
14. Hryhorenko, T. V., Postoienco, D. M., Shumyhai, I. V., Dobrianska, O. P., & Bazaieva, A. M. (2019). Ecological status of fishery ponds for growing populations of Antoninsko-Zozulinetsky scaly carp. *Agroecological Journal*, 4, 65–73. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189460>
15. Bazaieva, A. M., Chuzhma, N. P., & Savenko, N. M. (2015). Phytoplankton of fish-rearing ponds after using of organic fertilizers. *Biodiversity and Role of Animals in Ecosystems Extended Abstracts. VIII International Conference. (Dnipropetrovsk, Ukraine, 21–23 December 2015)*. (pp. 69–71). Dnipropetrovsk: Lira.
16. Oleshko, M. O., Oleshko, O. A., Melnychenko, O. M., Bitiutskyi, V. S., & Heiko, L. M. (2016). Formuvannya pryrodnoi kormovoi bazy za rakhunok planktonnykh uhrupovan na doslidnykh stavakh VAT Skvyraplemrybhosp za vyroshchuvannya tsoholitok pomisnykh koropiv. *Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produksii Tvarynyystva*, 2, 82–88. [in Ukrainian]
17. Burian, Z. V., & Trokhymets, V. M. (2017). The temporal dynamics of zooplankton communities of different types of water bodies within Ichniansky National Park. *Biosystems Diversity*, 25 (2), 124–131. <https://doi.org/10.15421/011719>
18. Pearson, A., & Duggan, I. (2018). A global review of zooplankton species in freshwater aquaculture ponds: what are the risks for invasion? *Aquatic Invasions*, 13 (3), 311–322. <https://doi.org/10.3391/ai.2018.13.3.01>
19. Makarenko, A. A., Shevchenko, P. H., & Sytnyk, Yu. M. (2018). Kharakterystyka vydovoho riznomanittia fitoplanktonu v rybovodnykh stavakh. *Tavriskyi Naukovi Visnyk*, 103, 262–269. [in Ukrainian]
20. Romanenko, V. D. (Red.). (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzen poverkhnelykh vod*. Kyiv: Lohos [in Ukrainian]
21. Makarevych, M. F. (Red.). (1984). *Presnovodnye vodorosly Ukrainy SSR*. Kyev: Vyshcha shkola. Holovnoe yzdatelstvo [in Ukrainian]
22. Tsarenko, P. M., Wasser, S. P., & Nevo, E. (Eds.). (2006). *Algae of ukraine: diversity nomenclature taxonomy ecology and geography. Volume 1: Cyanoprocarota Euglenophyta Chrysophyta Xanthophyta Raphidophyta Phaeophyta Dinophyta Cryptophyta Glaucocystophyta and Rhodophyta*. Gantner Verlag.
23. Rudescu, L. (1960). *Fauna Republicii Socialiste Romania, Rotatoria*, Volume II (2), 1–1192.

24. Kotov, A., Forró, L., Korovchinsky, N. M., & Petrusek, A. (2019). FADA Cladocera: World checklist of freshwater Cladocera species (version Jan 2013). In: Roskov, Y., Owe,r G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P. M., Bourgoin, T., DeWalt, R. E., Decock, W., Nieukerken, E. van, Zarucchi, J., Penev, L., (Eds.) (2019). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 25th March 2019*. Digital resource at [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col). Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands.
25. Bledzki, L. A., & Rybak, J. . (2016). *Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29871-9>
26. Pantle, R., & Buck, H. (1955). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 96 (18), 1–604.
27. Sladeczek, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Achieves für Hydrobiologie - Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 7 (1), 218.
28. Romanenko, V. D., Zhukynskiy, V. M., Oksiuk, O. P., Yatsyk, A. V., Cherniavska, A. P., Vasenko, O. H., & Vernychenko, A. A. (2001). *Metodyka vstanovlennia i vykorystannia ekolohichnykh normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod sushy ta estuariiv Ukrainy*. Kyiv: Minekoresursiv Ukrainy [in Ukrainian].

#### ORCID

- N. Chuzhma  <https://orcid.org/0000-0002-9901-0991>
- L. Samchyshyna  <https://orcid.org/0000-0002-3816-2641>
- T. Hryhorenko  <https://orcid.org/0000-0002-8769-1443>
- A. Bazaieva  <https://orcid.org/0000-0002-0509-1349>
- S. Koba  <https://orcid.org/0000-0001-8448-5372>
- A. Tuchapska  <https://orcid.org/0000-0002-4467-5670>
- V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>
- V. Yevstafieva  <https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>



2024 Chuzhma N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.