

УДК 574.52

В.Г. ДЯДИЧКО, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут морської біології НАН України,
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65048, Україна
e-mail: wasilij@te.net.ua
ORCID 0000-0003-1417-4442

Ю.В. ХАРИТОНОВА, д.-р. філософ., м. н. с.,
Інститут морської біології НАН України,
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65048, Україна
e-mail: kharytonova_julia@ukr.net
ORCID 0000-0002-3665-4749

О. П. ГАРКУША, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут морської біології НАН України,
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65048, Україна
e-mail: olga_garkusha@ukr.net
ORCID 0000-0002-3148-7996

ФІТО- ТА ЗООПЛАНКТОН ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ (2016, 2021—2023 РР.)

Простежено сезонні та міжрічні зміни таксономічної структури, чисельності та біомаси фітопланктону і зоопланктону, а також продукції зоопланктону Хаджибейського лиману в 2016 та 2021—2023 рр. Зареєстровано 36 видів фітопланктону з п'яти відділів та 24 таксони зоопланктону. Найвищі показники біомаси фіто- та зоопланктону відмічено у середній частині та верхів'ї лиману. За кількісними показниками розвитку фітопланктону Хаджибейський лиман є високоевтрофною водоймою з постійним «цвітінням» води, спричиненим ціанопрокаріотами. Всі зареєстровані представники зоопланктону відносяться до кормових об'єктів риб. Середньорічні значення біомаси зоопланктону відрізнялись у декілька разів, але таксономічний склад та домінування окремих видів в угрупованні не змінювались. На сучасному етапі спостерігаються вищі значення біомаси зоопланктону, ніж в період до 2016 р. Попри те, що 2021 р. характеризувався максимальними значеннями чисельності та біомаси зоопланктону, найбільша продукція спостерігалась у 2022 р.

Ключові слова: фітопланктон, зоопланктон, Хаджибейський лиман, біомаса, чисельність, продукція.

Хаджибейський лиман розташований поблизу м. Одеси в долині річки Малий Куяльник. Наприкінці XIX століття Хаджибейський лиман відокремився від моря піщаним пересипом завширшки 4—5 км. Зараз це лиман закритого типу. Максимальна довжина — 40 км, ширина — від

Ц и т у в а н н я: Дядичко В.Г., Харитонова Ю.В., Гаркуша О.П. Фіто- та зоопланктон Хаджибейського лиману (2016, 2021—2023 рр.). *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60. № 4. С. 3—22.

0,8 км до 3,5 км. Площа водної поверхні при середньому рівні води — приблизно 86 км². Північна частина лиману більш мілководна, південна — глибоководна [18]. Максимальна глибина лиману — 20—24 м, середня — 4 м [2, 8].

Основний антропогенний чинник, який впливає на формування гідрохімічного режиму лиману, — надходження неочищених комунально-побутових стоків м. Одеси. Солоність вод лиману мінлива: від 5—6 ‰ (відкрита частина) до 14—18 ‰ (вершина Палійовської затоки). Води лиману мають значну неоднорідність щодо розподілу розчиненого у воді кисню та біогенних речовин (азоту, фосфору, кремнію), рівень яких визначає продуктивність водойми. Найбільша інтенсивність продукційних процесів відмічається у поверхневому шарі вод лиману [25].

Загалом, у сучасний період відомості про фітопланктон Хаджибейського лиману нечисленні. Так, понад 20 років тому у лимані було зареєстровано 39 видів мікроводоростей. Розподіл фітопланктону у лимані нерівномірний. Виявлено збільшення кількості видів у напрямку з північної до південної частини водойми [4]. Чисельність та біомаса складала 13,9 тис. кл/м³ і 0,01 мг/м³ у північній та 65,7 тис. кл/м³ і 0,80 мг/м³ — у південній частині лиману. Здебільшого в лимані домінували зелені та діатомові водорості [4].

У 2006 р. в Палійовській затоці Хаджибейського лиману ціанопрокаріота *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. разом із зеленими мікроводоростями викликала «цвітіння» води з чисельністю до 24 млн. кл/дм³ [1]. У північно-західній частині Чорного моря максимальна чисельність даного виду досягала влітку 15 млн. кл/дм³ [14], у вересні 2010 р. в Одеській затоці — 108,2 млн. кл/дм³, а біомаса — 17,7 г/м³ [19—21].

Навесні 2019 р. у лимані спостерігалось «цвітіння» води внаслідок масового розвитку *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagn. et Komárek [35]. Взагалі, цей вид відносять до токсичних мікроводоростей, які продукують гепатотоксин, що здійснює токсичний вплив на гепатоцити печінки [29—32].

У 1960-х роках у структурі зоопланктону Хаджибейського лиману було виявлено 31 таксон [15]. Середня біомаса зоопланктону в період 1964—1967 рр. становила 1,18 г/м³. У 1960-х роках відбувались окремі спалахи розвитку гіллястовусих рачків *Moina mongolica* Daday.

Структуру зоопланктону в 1980-х описав В.С. Поліщук із співавторами [15]. Переважали коловертки (31 %) та веслоногі ракоподібні (28 %). Чисельність і біомаса коливались відповідно від 18,5 тис. екз/м³ (північна частина, зима 1983 р.) до 109 996,9 тис. екз/м³ (центральна частина, весна 1981 р.) та від 0,23 г/м³ (центральна частина, зима 1981 р.) до 16,61 г/м³ (північна частина, літо 1981 р.). Переважали коловертки (31 %) та веслоногі (28 %). Кількісні показники розвитку зоопланктону порівняно з 1960-ми роками значно зросли. У 80-х роках минулого століття домінували *Moina brachiata* Jurine та *Diaptomus salinus* Daday. У той же період часу розподіл кількісних показників зоопланктону по акваторії лиману в різні роки та сезони був неоднаковим: при домінуванні гіллястовусих рако-

подібних загальна біомаса всього зоопланктону зростала з південної частини до північної, а в умовах переважання веслоногих — з північної до південної [1].

У період з 1994 по 1998 р. біомаса зоопланктону у Хаджибейському лимані зменшилася більш, ніж у 8 разів — з 13,9 г/м³ до 1,6 г/м³ [25]. У зоопланктоні Хаджибейського лиману в 1999—2004 рр. переважали коловертки (31 %) та веслоногі ракоподібні (28 %), гіллястовусі зустрічалися рідше і становили не більше 10 % загальної біомаси. З півдня на північ спостерігалось зниження чисельності видів морських форм і збільшення прісноводних. В цілому, у лимані в цей період прісноводні організми становили 40 % загальної кількості видів, солонуватоводні — 16 %, морські — 30 %, евригалінні — 14 %. Загалом за рік чисельність прісноводних і морських організмів була однаковою, хоча навесні зростала частка морських форм. Біомаса зоопланктону збільшувалась з півдня на північ водойми. Влітку переважали гіллястовусі, а в окремі роки – веслоногі ракоподібні. Навесні домінували веслоногі (47—100 % загальної біомаси). Восени чисельність і біомаса зоопланктону знижувались. Хоча в цей сезон значно зростала чисельність веслоногих ракоподібних. Половину видового складу зоопланктону формували прісноводні і евригалінні організми, частка морських не перевищувала 30 %, а солонуватоводних — 17 %. [25]. У літній період 2003 р. за чисельністю і біомасою домінували коловертки, веслоногі та гіллястовусі ракоподібні. На початку ХХ століття у структурі зоопланктону не збереглося таке співвідношення морських і прісноводних організмів, яке було характерним для 1980-х років. У 2003 р. значну перевагу мали прісноводні види, а морський комплекс був представлений декількома видами. Найбільші показники чисельності відмічали у центральній частині лиману, де її основу становили коловертки (88 %) (домінували *Keratella quadrata* (Müller) (75 %) та *Brachionus angularis* Gosse). *K. quadrata* переважала також у північній та південній частинах лиману. У південній частині найбільшого розвитку досягали гіллястовусі (89 %), серед яких домінувала *Ceriodaphnia reticulata* Jurine (87 %). Розвиток масового у 1980-х роках *D. salinus* був незначним на всій акваторії лиману. Серед веслоногих більш значну роль відігравали *Acartia* (*Acartiura*) *clausi* Giesbrecht («мала» і «велика» форми) та науплії [25].

У 2006—2009 рр. у зоопланктоні лиману переважав морський колоподний комплекс. Домінуючою формою була *A. clausi*. Внаслідок опріснення у водоймі зросла частка прісноводного зоопланктону, а стан кормової бази помітно покращився. З 2015 р. спостерігалось поступове зменшення біомаси зоопланктону. Це може бути пов'язаним як з погіршенням екологічного стану водойми, зростанням чисельності і біомаси ціанобактерій, так і зі збільшенням чисельності кефалевих і коропових риб, які є основними споживачами зоопланктону [24].

Таким чином, пелагічні угруповання Хаджибейського лиману мають майже півсторічну історію дослідження, яку продовжує наша робота.

Метою дослідження було встановлення таксономічного складу фіто- та зоопланктону, визначення їхніх кількісних показників (чисельність,

біомаса та продукція) на сучасному етапі розвитку екосистеми Хаджибейського лиману.

Матеріал і методика досліджень

Проби фіто- та зоопланктону відбирали згідно із загальноприйнятими методиками [3, 13, 35]. Географічні координати станцій наведено у таблиці 1.

Дослідження фітопланктону проводили влітку 2016 р., восени 2021 р., навесні 2021 і 2023 рр. та в літній період 2022 р. Всього зібрано та опрацьовано 37 проб. Проби об'ємом 1 дм³ фіксували формаліном у співвідношенні 1:100, а потім згущували осадовим методом, доводячи об'єм фільтрату до 25—60 см³ [13, 35]. Клітини фітопланктону рахували у краплі фільтрату об'ємом 0,05 см³ з використанням камери Фукса-Розенталя. Біомасу мікроводоростей визначали об'ємно-розрахунковим методом [5]. Оцінку видового різноманіття за індексом Шеннона проводили з урахуванням чисельності фітопланктону. При встановленні подібності його видового складу за індексом Серенсена використовували пакет прикладних програм для аналізу біологічних даних PRIMER[®] for WINDOWS[®] v. 6.0. При ідентифікації мікроводоростей використовували визначники [6, 7, 16, 22, 23, 33, 34]. Номенклатурні назви мікроводоростей наведено

Таблиця 1

Географічні координати станцій відбору проб у Хаджибейському лимані у 2016 та 2021—2023 рр.

Номери станцій	Координати станцій	
	N	E
1	46.563184	30.697350
2	46.544551	30.673070
2A	46.548421	30.658015
3	46.606938	30.595734
4	46.641822	30.553477
5	46.647435	30.511753
6	46.694549	30.454685
6A	46.688416	30.455954
7	46.738595	30.502823
8	46.777936	30.491359
9	46.834608	30.464804
10	46.593649	30.663711
11	46.643323	30.613480
12	46.758218	30.525550

згідно зведення Algae of Ukraine [26, 27, 28] та електронної бази World Register of Marine Species (WoRMS) [9].

Проби зоопланктону відбирали влітку 2016 р. та 2021—2023 рр. (табл. 2).

Обробку проб зоопланктону здійснювали з використанням загальноприйнятих методів [3, 17]. Визначення якісного складу зоопланктону до виду проводили за визначниками [10—12]. Назви видів зоопланктону надані згідно з базою World Register of Marine Species (WoRMS) [9]. Об-

Таблиця 2

Станції та дати відбору проб зоопланктону

Роки	Місяці відбору	Номери станцій	Кількість зібраних проб (всього)
2016	Червень	1—5, 7—10	9
2021	Березень	1—8, крім 2А та 6А	56
	Квітень	1—8, крім 2А та 6А	
	Травень	1—8, крім 2А та 6А	
	Червень	1—8, крім 2А та 6А	
	Липень	1—8, крім 2А та 6А	
	Вересень	1—8, крім 2А та 6А	
	Жовтень	1—8, крім 2А та 6А	
	2022	Травень	
Червень		1—2	
Липень		1—2	
Серпень		1—3, 6—8	
Вересень		1—2	
Жовтень		1—2	
Листопад		1—2	
2023		Березень	1—2
	Квітень	1—2	
	Травень	1—3, 6, 6А, 7, 9	
	Червень	1—2	
	Липень	1—2	
	Серпень	1—2	
	Вересень	1—3, 6, 6А, 7, 9, 10—12	
	Жовтень	1—2	
Листопад	1—2		
Загальна кількість проб			177

числення значень продукції (P) виконували для кожної станції за формулою:

$$P = \frac{\frac{B_1}{N_1} + \frac{B_2}{N_2} + \dots + \frac{B_i}{N_i}}{i} \times \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_i}{i},$$

де B — загальна біомаса зоопланктону в пробі; N — чисельність зоопланктону в пробі; i — кількість відібраних проб.

Результати досліджень та їх обговорення

Протягом періоду досліджень у фітопланктоні Хаджибейського лиману зареєстровано 38 видів мікроводоростей, що відносяться до п'яти відділів: Cyanoprokaryota, Chlorophyta, Bacillariophyta, Dinophyta і Euglenophyta (табл. 3). Основу видового складу (більше 50 %) формували ціанопрокаріоти та зелені мікроводорості (рис. 1).

Найвищий індекс Шеннона (2,94) був у серпні 2016 р., а найнижчий (0,50) — восени 2021 р. Необхідно відмітити, що у 2023 р., порівняно з 2016 р., значення індексу зменшилось у 2,7 раза (рис. 2). Масовими видами фітопланктону були ціанопрокаріоти *Planktothrix agardhii*, *Jaaginema kisselevii* (Anisimova) Anagn. et Komárek, зелена водорість *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák і діатомея *Nitzschia closterium* (Ehrenb.) W. Sm.

Подібність видового складу за індексом Серенсена була на рівні 40 % (рис. 3). Станції відбору проб за подібністю видового складу розділились на два кластери зі значною подібністю мікроводоростей в пониззі лиману (60 %), а також у середній частині та верхів'ї (50 %). Окремо виділяється ст. 6 (Палійовська затока) — подібність 30 %.

Максимальну чисельність фітопланктону було відмічено у 2021 р. — вона становила 15,700 млн. кл/дм³ (див. рис. 2), а мінімальну — 1,331 млн. кл/дм³ — зареєстровано у 2016 р. Проте спостерігали зворотну тенденцію зміни показника біомаси мікроводоростей (рис. 4) — з найбільшим значенням у 2016 р. — через зменшення середнього об'єму клітин, тобто переважання дрібноклітинних мікроводоростей.

Протягом усього періоду досліджень в лимані реєстрували «цвітіння» води. Його збудником влітку 2016 р. була ціанопрокаріота *Microcystis aeruginosa*, біомаса якої в середньому становила 76 % загальної біомаси фітопланктону. Під час «цвітіння» води максимальна чисельність цієї водорості становила 244 тис. колоній/дм³, а біомаса — 98,445 мг/дм³. Однак, у травні 2019 р. у лимані було зареєстровано «цвітіння» води, викликане іншою ціанопрокаріотою — *P. agardhii*, максимальна біомаса якої становила 452 мг/дм³, а чисельність — 360 млн. кл/дм³ [32]. У 2021—2023 рр. збудником «цвітіння» води теж був *P. agardhii* — 59 % біомаси. Також більше 1 млн. клітин в 1 дм³ налічували ціанопрокаріота *J. kisselevii* та зелена водорість *M. arcuatum*.

Таблиця 3

Таксономічний склад фітопланктону Хаджибейського лиману у 2016 та 2021–2023 рр.

Види	Роки дослідження											
	2016			2021			2022			2023		
	В	С	П	В	С	П	В	С	П	В	С	П
Суанпрокаґота												
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aphanothese clathrata</i> West et G.S. West	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cyanobacterium cedrorum</i> (Sauv.) Komárek et al.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Glaucospira laxissima</i> (G.S. West) Simic, Komárek et Do-rdevic	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gleocapsa</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anisimova) Anagn. et Komárek	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Merismopedia minima</i> Beck.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (G.M. Sm.) Komárek et Anagn.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oscillatoria tenuis</i> J. Agardh ex Gomont	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagn. et Komárek	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindólk	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Spirulina tenuissima</i> Kütz.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tetrarcus ilsteri</i> Skuja	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. 3

Види	Роки дослідження												
	2016			2021			2022			2023			
	В	С	П	В	С	П	В	С	П	В	С	П	
Chlorophyta													
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korschikov) Hindák	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
<i>M. contortum</i> (Thur.) Komárk.-Legn.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komárk.-Legn.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>M. griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Legn.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerh.) P. Tsarenko	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. pectinatus</i> (Meyen) P. Tsarenko	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-
Bacillariophyta													
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenb.) W. Sm.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. 3

Види	Роки дослідження											
	2016			2021			2022			2023		
	В	С	П	В	С	П	В	С	П	В	С	П
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) P.J.M. Snoeijis	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Thalassiosira parva</i> Proschk.-Lavr.	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dinophyta												
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—
<i>Gymnodinium aglifforme</i> J. Schiller	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Gymnodinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Prorocentrum</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Unruhadinium penardii</i> (Lemmerm.) Gottschling	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Euglenophyta												
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>E. gracilis</i> G.A. Klebs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>E. viridis</i> Ehrenb.	+	+	—	+	—	+	+	—	—	+	—	+
<i>Euglena</i> sp.	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примітка. Тут і в табл. 4: В — верхів'я; С — середня частина; П — пониззя Хаджибейського лиману; «—» — таксон не знайдено.

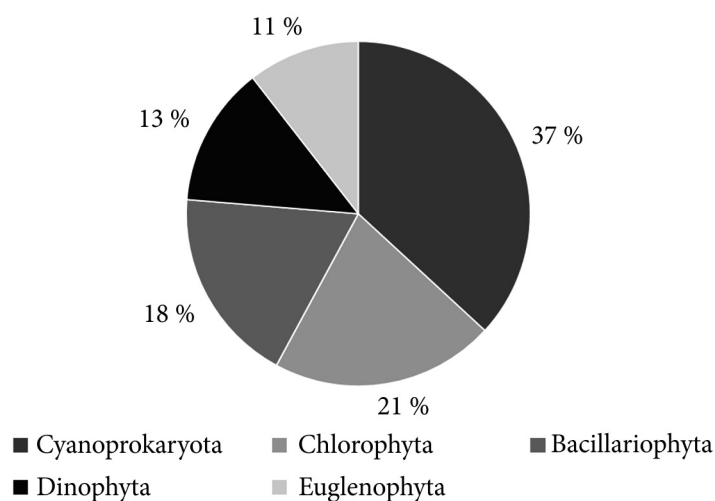


Рис. 1. Таксономічний склад фітопланктону Хаджибейського лиману у 2016 та 2021—2023 рр.

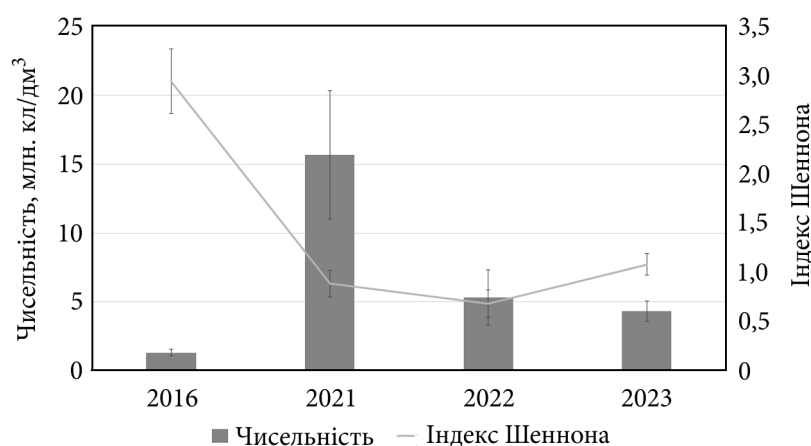


Рис. 2. Загальна чисельність фітопланктону та індексу Шеннона в Хаджибейському лимані у 2016 та 2021—2023 рр. (середня величина \pm стандартна похибка).

Загалом, інтенсивність «цвітіння» води за рахунок розвитку *P. agardhii* в лимані трималась на одному рівні (рис. 5). У 2021—2023 рр. *P. agardhii* розвивався на всій акваторії Хаджибейського лиману, досягаючи рівня «цвітіння» (окрім ст. 6, Палійовська затока) у вересні 2021 р. з максимумом 6,0 млн. кл./дм³ та біомасою 14,571 мг/дм³. Кількісні показники *J. kisselevii* були в 2—3 рази меншими, ніж *P. agardhii*, однак максимальні значення теж відмічено у 2021 р. (травень): вони становили відповідно 6,0 млн. кл./дм³ та 2,037 мг/дм³.

Мікрододорості розподілялись нерівномірно у різних частинах акваторії лиману (рис. 6). Найвищі кількісні показники розвитку фітопланк-

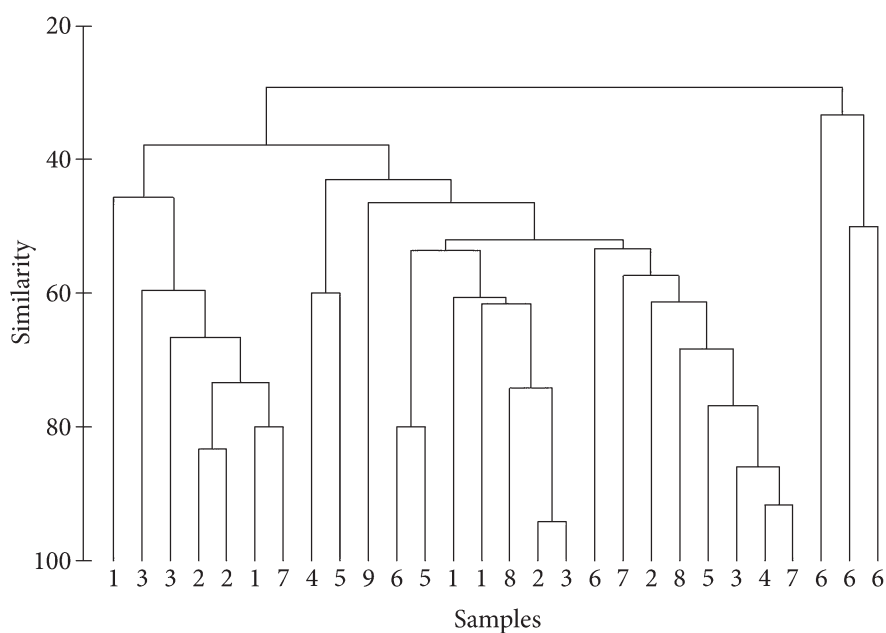


Рис. 3. Подібність видового складу фітопланктону Хаджибейського лиману (за індексом Серенсена) у 2021—2023 рр.

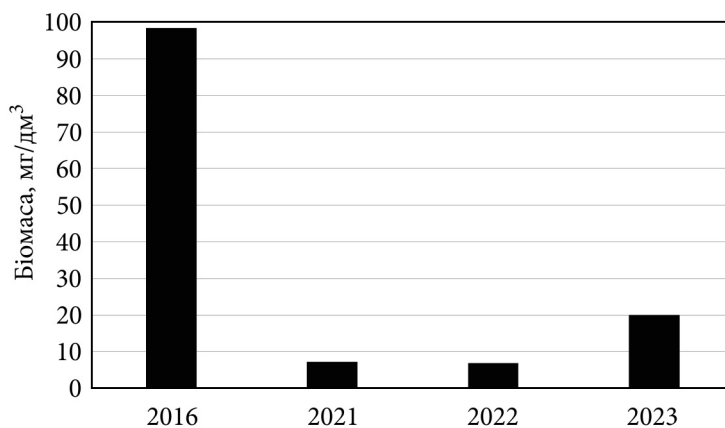


Рис. 4. Біомаса фітопланктону в Хаджибейському лимані у 2016 та 2021—2023 рр.

тону спостерігали в середній частині та верхів'ї лиману, тобто, порівняно з літературними даними [4], тенденція розподілу фітопланктону в сучасний період дещо змінилась.

В 2016 та 2021—2023 рр. у зоопланктоні Хаджибейського лиману зареєстровано 24 таксони (табл. 4). Найбагатший таксономічний склад відмічено в 2023 р., але суттєвої міжрічної динаміки таксономічного складу зоопланктону не спостерігалось. Всі зареєстровані організми віднося-

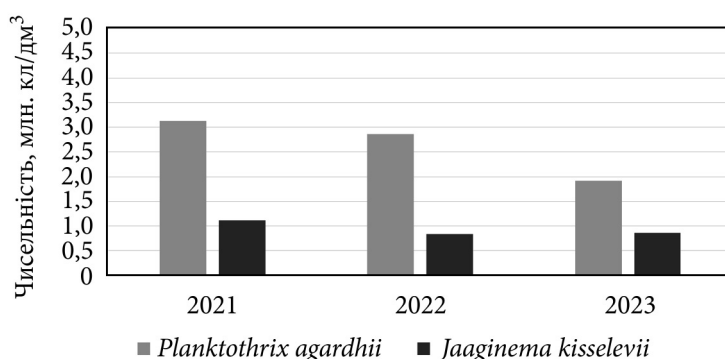


Рис. 5. Середня чисельність видів — збудників «цвітіння» води в Хаджибейському лимані у 2021—2023 рр.

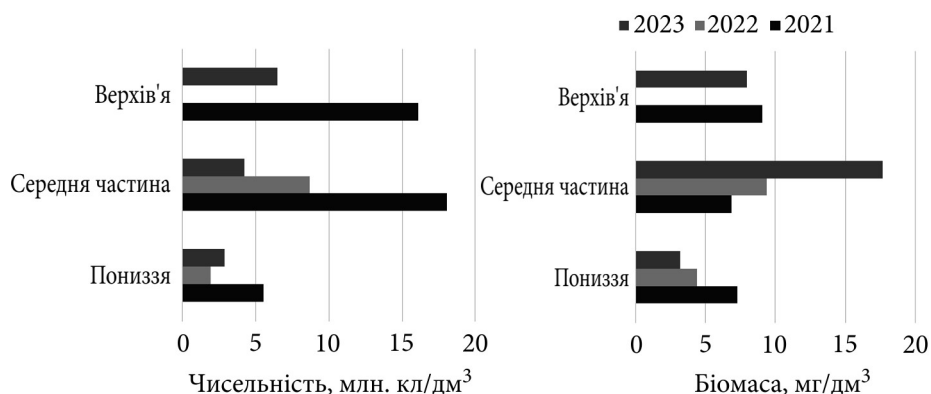


Рис. 6. Розподіл планктонних мікродоростей в акваторії Хаджибейського лиману у 2021—2023 рр.

ться до кормових об'єктів риб. Найбільшою кількістю таксонів представлені коловертки, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні. За винятком ст. 6, в лимані переважали прісноводні та олігогалінні зоопланктонти. На ст. 6 внаслідок більш високої солоності зоопланктон переважно складався з мезогалінних та евригалінних організмів. Порівняно з попередніми роками (за літературними даними, згаданими вище) ми бачимо практично повне зникнення морських зоопланктонтів.

У складі зоопланктону Хаджибейського лиману у 2016 р. зареєстровані 18 таксонів: Rotifera — 4, Mollusca — 2, Polychaeta — 1, Copepoda — 3, Cladocera — 7, Decapoda — 1. Найбільша чисельність спостерігалась на ст. 1 (296,97 тис. екз/м³), найменша — на ст. 5 (122,74 тис. екз/м³). Найбільшу біомасу зоопланктону відмічено також на ст. 1 (14,96 г/м³), а найменшу — на ст. 4 та 5 (5,62 г/м³ та 5,35 г/м³).

Таблиця 4

Таксономічний склад зоопланктону Хаджибейського лиману у 2016 та 2021–2023 рр.

Види	Роки дослідження											
	2016			2021			2022			2023		
	В	С	П	В	С	П	В	С	П	В	С	П
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	–	+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus diversicornis</i> Daday, 1883	+	–	+	–	+	–	–	+	–	+	+	–
<i>Synchaeta</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> Müller, 1786	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lecane</i> sp.	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+	–	+
<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1785	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cornigerius maeoticus</i> Pengo, 1879	–	–	+	–	–	+	–	–	+	–	–	+
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller, 1776	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia magna</i> Straus, 1820	–	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Liévin, 1848	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Evadne spinifera</i> P.E. Müller, 1867	–	–	+	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Leptodora kindtii</i> Focke, 1844	–	–	+	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Copepoda</i> g. sp., nauplii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продовження табл. 4

Види	Роки дослідження											
	2016			2021			2022			2023		
	В	С	П	В	С	П	В	С	П	В	С	П
<i>Diaptomus gracilis</i> Sars G.O., 1863	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arctodiaptomus salinus</i> Daday, 1885	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-
<i>Cyclopoida</i> g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Harpacticoida</i> g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphipoda</i> g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Decapoda</i> g. sp., larvae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polychaeta</i> g. sp., larvae	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Bivalvia</i> g. sp., larvae	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Gastropoda</i> g. sp. larvae	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-

У 2021 р. зареєстровано 22 таксони: Rotifera — 6, Polychaeta — 1, Mollusca — 2, Cladocera — 7, Copepoda — 5, Decapoda — 1. Найбільшу чисельність та біомасу виявлено на ст. 7 у березні (біологічна весна) — відповідно 2671,69 тис. екз/м³ та 218,64 г/м³, відповідно та у травні (біологічне літо) на ст. 8 (3782,00 тис. екз/м³ та 112,55 г/м³). Проте слід врахувати, що цей максимум був зумовлений нагонним вітром, який приніс до берега дуже велику кількість організмів. Восени (вересень) найбільші показники спостерігали також на ст. 8 (2737,40 тис. екз/м³ та 115,98 г/м³). Отже, чисельність і біомаса зоопланктону навесні були більшими, ніж влітку та восени. Навесні домінуючими таксонами були Rotifera та дрібні Cladocera. Влітку та восени частка коловерток зменшувалась, а зростала частка Copepoda.

У 2022 р. зареєстровано 19 таксонів: Rotifera — 4, Polychaeta — 1, Mollusca — 2, Cladocera — 6, Copepoda — 5, Decapoda — 1. Основу таксономічного складу формували організми прісноводного та олігогалінного комплексів. За кількістю таксонів домінували ракоподібні. Влітку на ст. 1 відмічено найбільші показники чисельності у травні (6563,00 тис. екз/м³), а біомаси у липні (17,92 г/м³). Восени найбільшими чисельність та біомаса були у жовтні на ст. 2 (647,36 тис. екз/м³ та 27,86 г/м³). Домінуючі таксони були ті самі, що й у 2021 р. (Rotifera, Cladocera та Copepoda).

У 2023 р. зареєстровано 21 таксон: Rotifera — 4, Polychaeta — 1, Mollusca — 2, Cladocera — 6, Copepoda — 6, Amphipoda — 1, Decapoda — 1. За кількістю таксонів домінували ракоподібні. Весною найбільшою чисельність була у квітні на ст. 1 (605,80 тис. екз/м³), а біомаса на ст. 3 (15,94 г/м³). У період біологічного літа найбільшою чисельність була у вересні на ст. 8 (1006,60 тис. екз/м³), її основу формували науплії веслоногих ракоподібних. Найбільшу біомасу відмічено у червні на ст. 2 (24,57 г/м³). Восени найбільші значення чисельності та біомаси зафіксовано у жовтні на ст. 2 (920,50 тис. екз/м³ та 15,58 г/м³).

Таким чином, загальний нарис сезонних змін чисельності та біомаси зоопланктону Хаджибейського лиману в 2021—2023 рр. суттєво відрізнявся (рис. 7). З цієї діаграми вилучено дані за 2016 р., оскільки в цей період проби відбирали лише в один сезон.

Найбільші значення чисельності та біомаси зоопланктону Хаджибейського лиману відмічено у 2021 р., найменші — у 2023 р. Середньорічні значення біомаси могли відрізнятися у декілька разів, але структура домінування в угрупованні не змінювалась. В усі роки домінуючі таксони були однакові. На даний час спостерігаються більш високі значення біомаси зоопланктону, ніж в період до 2016 р. [1, 2]. В усі роки біомаса зоопланктону в середній та верхній частинах лиману була, як правило, більшою, ніж в пониззі.

За 2021—2023 рр. досліджень найбільшу продукцію зоопланктону спостерігали влітку 2023 р. та восени 2022 р., а найменшу — навесні та восени 2023 р. (рис. 8).

Взагалі, кожного року показники продукції змінювались за сезонами: у 2021 р. — найбільші значення були навесні, у 2022 р. — восени, а у 2023 р.

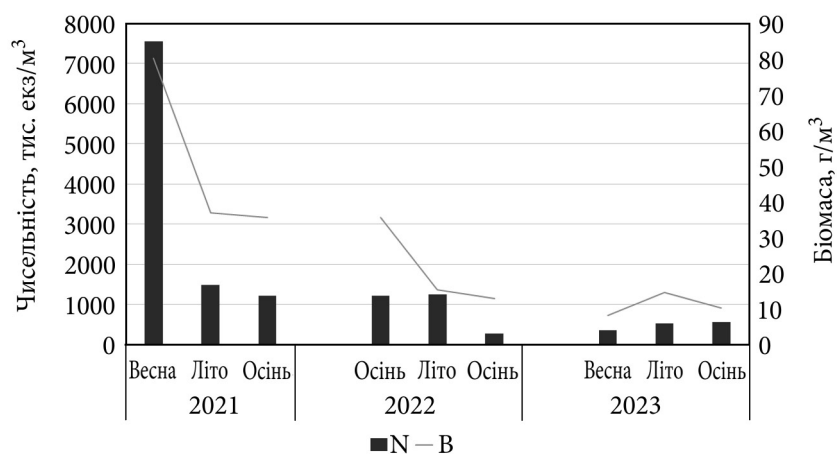


Рис. 7. Сезонні зміни середньої чисельності (тис. екз/м³) та біомаси (г/м³) зоопланктону в Хаджибейському лимані у 2021—2023 рр.

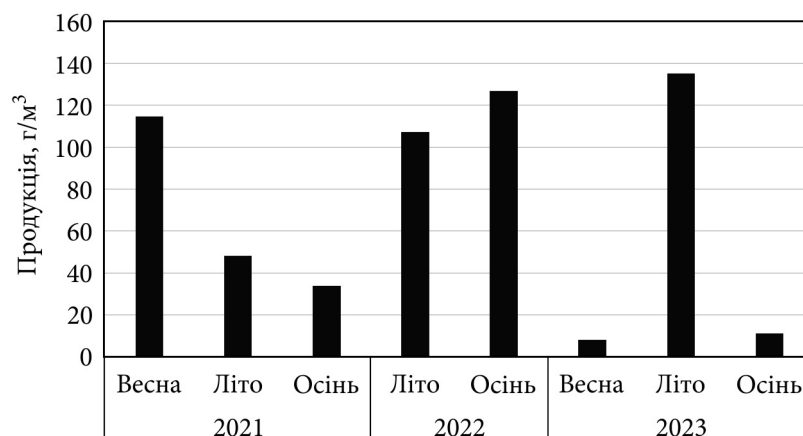


Рис. 8. Продукція (г/м³) зоопланктону в Хаджибейському лимані у 2021—2023 рр.

— влітку. Річна продукція зоопланктону в 2021 р. становила 196,87 г/м³, в 2022 р. — 233,97 г/м³, в 2023 р. — 154,00 г/м³. Отже, незважаючи на те, що 2021 р. характеризувався максимальними значеннями чисельності та біомаси зоопланктону, найбільша продукція спостерігалась у 2022 р. Найімовірніше, це можна пояснити загибеллю великої кількості організмів у 2021 р. внаслідок заморних явищ.

Прямої кореляції між чисельністю та біомасою зоо- та фітопланктону не виявлено. Імовірно, встановлення залежності між їхнім розвитком потребує більш частого відбору синхронних проб обох угруповань. Це є завданням подальших досліджень.

Висновки

У фітопланктоні Хаджибейського лиману відмічено представників п'ятьох відділів мікроводоростей (Cyanoprokaryota, Chlorophyta, Bacillariophyta, Dinophyta та Euglenophyta). Більше 50 % становили ціанопрокаріоти та зелені мікроводорості. Протягом усього періоду досліджень в лимані реєстрували «цвітіння» води. Його збудником у 2016 р. була ціанопрокаріота *Microcystis aeruginosa*, біомаса якої в середньому становила 76 % загальної біомаси фітопланктону. У 2021—2023 рр. «цвітіння» води викликала інша ціанопрокаріота, а саме *Planktothrix agardhii* (59 % загальної біомаси). Загалом, максимальне значення чисельності фітопланктону відмічено в 2021 р. (15,7 млн. кл/дм³), а біомаси – у 2016 р. (98,445 мг/дм³). Найвищі показники розвитку фітопланктону зафіксовано у середній частині та верхів'ї лиману. Таким чином, за показниками розвитку фітопланктону Хаджибейського лиману можна стверджувати, що він є високо евтрофною водоймою і з постійним «цвітінням» води.

У 2016 та 2021—2023 рр. в зоопланктоні Хаджибейського лиману зареєстровано 24 таксони. Найбагатший таксономічний склад відмічено у 2023 р., але суттєвої міжрічної динаміки таксономічного складу зоопланктону не спостерігалось. Всі зареєстровані організми відносяться до кормових об'єктів риб. Найбільшою кількістю таксонів представлені Rotifera, Cladocera та Copepoda. За винятком одамбованої частини Палійовської затоки, в лимані переважають прісноводні та олігогалінні зоопланктони.

Найбільші значення чисельності та біомаси зоопланктону Хаджибейського лиману відмічено в 2021 р. (відповідно 3141,54 тис. екз/м³ і 48,97 г/м³), а найменші — в 2023 р. (479,01 тис. екз/м³ та 11,11 г/м³). Середньорічні значення біомаси могли відрізнятись у декілька разів, але структура домінуючого комплексу в угрупованні не змінювалась. На сучасному етапі реєструються більш високі (приблизно у 4 рази) значення біомаси зоопланктону, ніж у період до 2016 р. В усі роки біомаса зоопланктону в середній та верхній частині лиману була більшою, ніж у пониззі.

Найбільшу продукцію зоопланктону спостерігали влітку 2023 р. (135,03 г/м³) та восени 2022 р. (126,74 г/м³). Найменшу — весною та осінню 2023 р. (відповідно 7,9 г/м³ та 11,04 г/м³). Річна продукція зоопланктону в 2021 р. становила 196,87 г/м³, в 2022 р. — 233,96 г/м³, в 2023 р. — 154,00 г/м³. Отже, незважаючи на те, що 2021 р. характеризувався максимальними значеннями чисельності та біомаси зоопланктону, найбільшу продукцію відмічено у 2022 р.

Список використаної літератури

1. Адобовский В.В., Богатова Ю.И., Большаков В.Н. и др. Хаджибейский лиман. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Ред. Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров, Г.Г. Миничева и др. Київ: Наук. думка, 2006. С. 391—401.
2. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: коллективная монография / Ред. Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко. Одесса, 2011. 223 с.
3. Александров Б.Г., Харитоновна Ю.В. Керівництво з моніторингу зоопланктону морських вод України та визначення їх екологічного стану за стандартами Директиви ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2024. 60(4)

- ви ЄС про Морську стратегію. Проект нормативного документу, переданий до розгляду у Міністерство екології України 29. 07. 2019. Одеса, 2019. С. 33.
4. Беленкова Н.І. Фітопланктон Одеської затоки та Хаджибейського лиману. *Вісн. Одес. держ. ун-ту*. 2000. Т. 5, вип. 1. С. 117—121.
 5. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь, 2005. 25 с.
 6. Ветрова З.И. Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР. Эвгленофитовые водоросли. Вып. 1, ч. 1. Киев, 1986. 346 с.
 7. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Том 1. Синьо-зелені водорості — Суанорфута. Частина 2. Клас гормогонієві — Normogoniophyceae / Ред. Н.В. Кондратьєва. Київ, 1968. 523 с.
 8. Воля Е.Г., Дручин А.И., Черников Г.Б. Характеристика современного состояния ихтиофауны Хаджибейского лимана. *Академику Л.С. Бергу — 130 лет: сб. науч. статей*. Бендеры: EcoTIRAS, 2006. С. 62—65.
 9. Електронна база WoRMS (World Register of Marine Species). URL: <http://www.marinespecies.org>
 10. Мордухай-Болтовской, Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Т. 1. Простейшие, губки, кишечнополостные, черви, щупальцевые. Севастополь, 1968. 739 с.
 11. Мордухай-Болтовской, Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Т. 2. Ракообразные. Севастополь, 1969. 535 с.
 12. Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей: Свободноживущие беспозвоночные. Членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые. Т. 3. Киев, 1972. 340 с.
 13. Нестерова Д.А. Методические рекомендации для отбора проб и обработки морского фитопланктона. Одесса, 1988. 18 с.
 14. Нестерова Д.А. «Цветение» воды в северо-западной части Чёрного моря (обзор). *Альгология*. 2001. Т. 11, № 4. С. 502—513.
 15. Полищук В.С., Замбриборщ Ф.С., Тимченко В.М. и др. Лиманы Северного Причерноморья. Киев, 1990. 204 с.
 16. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Москва, 1955. — 222 с.
 17. Снигирев С.Н, Бушуев С.Г. Перспективы рыбохозяйственного использования Хаджибейского лимана. *Рибогосп. наука України*. 2015. № 3. С. 5—13
 18. Стахорская Н.И. Зоопланктон соленых лиманов и лагун северо-западной части Черного моря : автореф. ... дис. канд. биол. наук. Одесса, 1970. 23 с.
 19. Теренько Л.М. Роль Суанорпрокарыота в оценке трофического статуса северо-западной части Черного моря (Украина): тез. докл. IV Междунар. конф. «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 23—25 мая 2012). Киев, 2012. С. 298—299.
 20. Теренько Л.М., Нестерова Д.А. Суанорпрокарыота планктона северо-западной части Черного моря (Украина). *Альгология*. 2015. Т. 25, № 3. С. 278—296.
 21. Теренько Л.М., Теренько Г.В. Видовое разнообразие планктонного фитоценоза Одесского залива Чёрного моря. *Экология моря*. 2000. Вып. 52. С. 56—59.
 22. Флора водоростей Украины. Том I. Синьозелені водорості. Вип. 1. Порядок хроококальні / Ред. О.В. Коваленко. Київ, 2009. 397 с.
 23. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / Отв. ред. Г.М. Паламарь-Мордвинцева. Киев, 1990. 208 с.
 24. Шекк П.В., Безик К. I., Матвієнко Т.І. Зоопланктон Хаджибейського лиману як основна складова в забезпеченні кормом личинок та молоді риб. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології. Матеріали XIV Міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф. (Харків, 23—25 вер. 2021 р.). Харків, 2021. С. 218—222.
 25. Шекк П.В., Бургаз М.І. Оцінка кормової бази Хаджибейського лиману і Палійовської затоки. *Тавр. наук. вісн.* 2015. № 91. С. 2016—2020.

26. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta. Ed. by P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2006. 713 p.
27. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta. Ed. by P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2009. 413 p.
28. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta. Ed. by P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2011. 510 p.
29. Aune T., Berg K. Use of freshly prepared rat hepatocytes to study toxicity of blooms of blue-green algae *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria agardhii* J. *Toxicol. Environ. Health*. 1986. Vol. 19. P. 325—326.
30. Berg K., Soli N. Toxicity studies with the blue-green alga *Oscillatoria agardhii* from two eutrophic Norwegian lakes. *Acta Vet. Scand.* 1985. Vol. 26. P. 363—373.
31. Eriksson J., Meriluoto J., Kujari H., Sculberg O. A comparison of toxins isolated from the cyanobacteria *Oscillatoria agardhii* and *Microcystis aeruginosa*. *Comp. Biochem. Physiol.* 1988. Vol. 89. P. 207—210.
32. Garkusha O.P. Features of the phytoplankton in the Khadjibe Estuary (northern coast of the Black Sea) in the modern period (2016—2021). Book of abstract. 55th European Marine Biology Symp. (Gdacs, Poland, 19—23 Sept. 2022). Gdacs, 2022. 83 p.
33. Hoppenrath M., Elbrachter M., Drebes G. Marine phytoplankton. Kleine Sencenberg Reihe, 2009. 264 p.
34. Moncheva S., Parr B. Black Sea Monitoring Guidelines — Phytoplankton. URL: www.noelsporttraits.com/index.php?main_page&id=28&chapter=50
35. Terenko G.V., Hushchyna K.G. *Planktothrix agardhii* (Cyanoprokaryota) toxic blooms in Khadzhibey Estuary (Ukraine). Book of abstracts. Intern. Sci. Conf. «Marine ecosystems: research and innovations» (Odessa, 27—29 Oct. 2021). Odessa — Istanbul, 2021. 80 p.

Надійшла 30.01.2024

V.G. Dyadichko, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine,
Pushkinska St. 37, Odesa, 65048, Ukraine
e-mail: wasilij@te.net.ua
ORCID 0000-0003-1417-4442

Yu. V. Kharytonova, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine,
Pushkinska St., 37, Odesa, 65048, Ukraine
e-mail: kharytonova_julia@ukr.net
ORCID 0000-0002-3665-4749

O.P. Garkusha, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine,
Pushkinska St., 37, Odesa, 65048, Ukraine
e-mail: olga_garkusha@ukr.net
ORCID 0000-0002-3148-7996

PHYTO- AND ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF THE KHADZHYBEY
ESTUARY (2016, 2021—2023)

Seasonal and interannual changes of the phyto- and zooplankton taxonomic consist, number, biomass and zooplankton products in the Khadzhibey estuary in 2016 and 2021—2023 have been observed. 5 taxa of phytoplankton and 24 taxa of zooplankton have been registered. The maximum values of phyto- and zooplankton biomass were in the medium and upper parts of the estuary. According to phytoplankton's state the Khadzhibey

estuary is a highly eutrophic water body with constant water bloom caused by cyanoprokaryotes. All registered zooplanktons have belonged to the fish forage base. Average annual values of zooplankton biomass could differ several times but community dominant taxonomic state and structure have not changed. Nowadays the zooplankton biomass values are higher than they were before 2016. The maximum products were in 2022 despite the fact that in 2021 there were the maximum values of zooplanktons number and biomass.

Key words: *phytoplankton, zooplankton, Khadzhybey estuary, biomass, numbers, production* .