

УДК 581.526.325.3

Н. В. ДЕРЕЗЮК<sup>1</sup>, В. І. МЕДІНЕЦЬ<sup>1</sup>, канд. фіз.-мат. наук, Є. І. ГАЗЕТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна  
пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: [n.derezyuk@onu.edu.ua](mailto:n.derezyuk@onu.edu.ua) <https://orcid.org/0000-0003-1418-0981>  
[medinets@te.net.ua](mailto:medinets@te.net.ua) <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>  
[gazetov@gmail.com](mailto:gazetov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ У ПРИБЕРЕЖНИХ ВОДАХ ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ В 2016-2017 РР.

**Мета.** Вивчення сезонних змін кількісних характеристик фітопланктону та біорізноманіття угруповань, зокрема видового складу потенційно небезпечних (токсичних) видів. **Методи.** Збір та аналіз зразків фітопланктону в прибережних водах о. Зміїний виконували за стандартними методами. Консервацію зразків здійснювали з використанням формаліну. Для обробки зразків використовували мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематика мікроводоростей і ціанобактерій застосована у відповідності до стандартів міжнародних баз. **Результати.** Проведений аналіз основних абіотичних факторів, які впливають на стан фітоценозу. У видовому складі зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae, дінофітові – Dinophyceae, зелені Г Chlorophyceae, ціанобактерії – Cyanobacteria, примнезієві – Prymnesiophyceae, еугленові – Euglenoidea, золотисті – Chrysophyceae, криптофітові – Cryptophyceae, діктіохові – Dictyochophyceae, хоанофлагеляти – Choanoflagellata. Показано, що головними таксонами фітопланктону були Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae і Cyanobacteria. Вперше в районі острова Зміїний було зареєстровано 11 прісноводних дінофітових видів. Проаналізовані статистичні взаємозв'язки метрик фітопланктону і абіотичних характеристик. Було зафіксовано розвиток 54 видів фітопланктону, що відносяться до групи потенційно небезпечних (токсичних), серед яких 21 вид сягав рівню цвітіння. **Висновки.** Основними абіотичними факторами, які визначають стан фітопланктону та його сезонні зміни, є солоність та прозорість. Впродовж 2016–2017 рр. у фотичному шарі прибережних вод острова Зміїний зареєстровано 4 сезонних максимуми розвитку мікроводоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону. Порівняння сучасних максимальних величин з аналогічними даними, отриманими у попередні роки, дозволяє зробити висновок про значне збільшення кількісних характеристик фітопланктону в 2016–2017 рр. Якість води в поверхневих шарах води в районі острова Зміїний, яку оцінено за основними метриками фітопланктону, була значно гіршою, ніж для придонних шарів води, що обумовлено впливом річкового стоку Дунаю, який спостерігається, насамперед, в поверхневих шарах води.

**Ключові слова:** Чорне море, біомаса, чисельність, біорізноманіття, цвітіння, якість води

Dereziuk N. V., Medinets V.I., Gazetov Ye.I.

Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa

### STUDY OF PHYTOPLANKTON WITHIN THE COASTAL WATERS OF ZMIINYI ISLAND IN 2016–2017

**Purpose.** To reveal seasonal changes in phytoplankton quantitative characteristics including biodiversity and species composition of potentially dangerous (toxic) species. **Methods.** Phytoplankton sampling in Odessa bay coastal waters and sample analyses were carried out using standard methodologies. The samples were preserved using formalin. Microscopes HUND-H600 and OLYMPUS-BH2 have been used for sample analyses. Classification of microalgae and Cyanobacteria was done according to the standards of the international database. **Results.** Analysis of the main abiotic factors influencing the state of phytocene has been carried out. In the species composition, 238 species of phytoplankton belonging to 11 classes have been registered: diatoms – Bacillariophyceae, dinophytes – Dinophyceae, green – Chlorophyceae, Cyanobacteria, Prymnesiophyceae, Euglenoidea, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dictyochophyceae, Choanoflagellata. It was shown that the dominant phytoplankton species were Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae and Cyanobacteria. For the first time, 11 freshwater species of dinophytes were registered in the Zmiinyi Island area. Statistical interconnections between phytoplankton metrics and abiotic characteristics were analysed. Development of 54 phytoplankton species, which refer to the group of potentially harmful (toxic) was registered; out of this number, 21 reached blooming level. **Conclusions.** The main abiotic factors determining the state of phytoplankton and its seasonal changes are salinity and transparency. During 2016–2017, 4 seasonal maximums of microalgae development were registered in the photic layer of the Zmiinyi Island coastal waters (in spring, summer, autumn and winter), which corresponded to the terms of the normal periodicity of the Black Sea phytoplankton vegetation. Comparison of modern maximum values with simi-

lar data obtained in previous years, allows us to conclude that a significant increase in the quantitative characteristics of phytoplankton took place in 2016–2017. The quality of water in the surface layers in the Zmiinyi Island area assessed using the main metrics of phytoplankton was much lower than that in the bottom water layers, which was caused by the Danube River discharge impact, first of all, observed in the surface layers of water.

**Keywords:** the Black Sea, biomass, abundance, biodiversity, blooms, water quality

**Дерезюк Н. В., Мединец В. И., Газетов Е. И.**

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова*

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016–2017 ГГ.**

**Цель.** Выявление сезонных изменений количественных характеристик фитопланктона и биоразнообразия сообществ, включая видовой состав потенциально опасных (токсичных) видов. **Методы.** Сбор и анализ проб фитопланктона в прибрежных водах острова Змеиный выполняли стандартными методами. Консервацию образцов осуществляли с использованием формалина. Для обработки проб использовали микроскопы HUND–H600 и OLIMPUS–BH2. Систематика микроводорослей и цианобактерий приведена в соответствии со стандартами международных баз. **Результаты.** Проведен анализ основных абиотических факторов, влияющих на состояние фитоценоза. В видовом составе зарегистрировано 238 видов фитопланктона из 11 классов: диатомовые – Bacillariophyceae, динофитовые – Dinophyceae, зеленые – Chlorophyceae, цианобактерии – Cyanobacteria, примнезиевые – Prymnesiophyceae, евгленовые – Euglenoidea, золотистые – Chrysophyceae, криптофитовые – Cryptophyceae, диктиоховые – Dictyochophyceae, хоанофлагелляты – Choanoflagellata. Показано, что главными таксонами фитопланктона были Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae и Cyanobacteria. Впервые в районе острова Змеиный было зарегистрировано 11 пресноводных динофитовых видов. Проанализированы статистические взаимосвязи метрик фитопланктона и абиотических характеристик. Было зафиксировано развитие 54 видов фитопланктона, относящихся к группе потенциально опасных (токсичных), среди которых 21 вид достигал уровня цветения. **Выводы.** Основными абиотическими факторами, определяющими состояние фитопланктона и его сезонные изменения, являются соленость и прозрачность. В течение 2016–2017 гг. в фотическом слое прибрежных вод острова Змеиный зарегистрировано 4 сезонных максимума развития микроводорослей: весной, летом, осенью и зимой, отвечающих срокам нормальной цикличности вегетации черноморского фитопланктона. Сравнение современных максимальных величин с аналогичными данными, полученными в предыдущие годы, позволяет сделать вывод о значительном увеличении количественных характеристик фитопланктона в 2016–2017 гг. Качество воды в поверхностных слоях воды в районе острова Змеиный, оцененная по основным метрикам фитопланктона, было значительно ниже, чем для придонных слоев воды, что обусловлено влиянием речного стока Дуная, который наблюдается в первую очередь в поверхностных слоях воды.

**Ключевые слова:** Черное море, биомасса, численность, биоразнообразие, цветение, качество воды

### **Вступ**

Основні закономірності розвитку фітопланктону північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) в залежності від абиотичних умов природного або антропогенного генезису інтенсивно вивчались в період евтрофікації ХХ – ХХІ ст. [1–9]. Проте в останні 20 років різко зменшилась як кількість досліджень, так і регулярність інформації про стан фітопланктону, як основної автотрофної ланки харчових ланцюгів унікальної морської екосистеми ПЗЧМ [8, 9]. Особливий інтерес мають спостереження в відкритих районах моря, в яких в останні 16 років лише наукова група Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (ОНУ) проводила спостереження за основними характеристиками екосистеми прибережних вод острова Зміїний [10–15], за аналізом яких було визначено, що особливості функціонування специфічних видів микроводорослей

або угруповань фітопланктону у прибережних водах о. Зміїний обумовлені періодичними впливами річкового стоку р. Дунай.

Враховуючі той факт, що прибережні води острову Зміїний знаходяться на відстані біля 40 км від дельтової частини Дуная, результати досліджень якості морського середовища, і, насамперед, зміни в структурі фітопланктону, в цьому районі є джерелом інформації для оцінки довгострокових змін, що спостерігаються в окремих районах ПЗЧМ протягом останніх років [16, 17]. Саме тому, в рамках міжнародного проекту ЕМБЛАС II [18], у 2016–2017 рр. була реалізована пілотна програма інтегрованого моніторингу, одним з найважливіших елементів якої був збір і аналіз зразків фітопланктону в окремих районах ПЗЧМ для впровадження Водної рамкової директиви [19] та Рамкової директиви ЄС з морської стратегії [20].

Метою наших досліджень було вивчення сезонних змін кількісних характерис-

тик мікроводоростей, в тому числі потенційно небезпечних (токсичних) видів, та оцінка сучасного стану біорізноманіття фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний в 2016–2017 рр.

Об'єктом дослідження є прибережні води о. Зміїний, предметом дослідження – видовий склад та кількісні характеристики фітопланктону (чисельність та біомаса), показники біорізноманіття і структура угруповань.

### Методи дослідження

Відповідно до програми досліджень зразки фітопланктону збирали на станції ZPR (45°15'26,9" пн.ш. та 30°12'17,9" сх.д.) з глибиною 8 м, що розташована на причалі острова Зміїний у північній частині острова на відстані біля 100 м від берегової лінії [10].

Відбір зразків проводили щодавно на 3 горизонтах (0, 2 та 8 м) з 10 квітня до 22 грудня 2016 р. та з 28 квітня до 20 грудня 2017 р. було зібрано 238 зразків фітопланктону, аналіз яких виконували за стандартними методами [21,22,23]. В якості консерванту використовували 2 % нейтральний розчин формаліну. Згущення зразків фітопланктону здійснювали седиментаційним методом після 3-тижневого відстоювання. Для визначення чисельності та видового складу фітоп-

ланктону використовували світові мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематику мікроводоростей та ціанобактерій проводили відповідно до стандартів міжнародних баз даних [24, 25]. Розрахунки об'ємів клітин, їх чисельності і біомаси були виконані за програмою TRITON<sup>©</sup> [26]. Індекси біорізноманіття розраховували за формулами Шенону (H) та Шелдону (Sh) [27, 28]. Потенційно токсичні і небезпечні види фітопланктону ідентифікували у відповідності з рекомендаціями [29–31]. Паралельно зі збором зразків фітопланктону проводили спостереження основних фізико-хімічних та гідрохімічних характеристик води за стандартними методами [22,23, 32,33].

### Результати досліджень та обговорення

За результатами проведених досліджень зразків фітопланктону і спостережень за фізико-хімічними характеристиками морських вод в районі станції ZPR біля острова Зміїний був накопичений масив експериментальних даних, аналіз якого дозволяє вивчити сезонні зміни видового складу та кількісних характеристик фітопланктону в 2016–2017 рр. та оцінити їх залежність від абіотичних факторів, таких як прозорість, температура, солоність, водневий показник та вміст кисню, які є добрими індикаторами якості водного середовища [16] та походження водної маси [17].

Короткий аналіз змін основних абіотичних характеристик водних мас в районі

острова Зміїний в 2016–2017 рр. (табл. 1 і 2) показав наступне.

Прозорість прибережних вод змінювалась в межах від 0,8 м у травні 2016 р. до більш, як 8 м у липні – грудні 2016 р. та серпні – грудні 2017 р. при середніх значеннях  $3,9 \pm 0,4$  та  $4,9 \pm 0,3$  у 2016 і 2017 рр. відповідно. Як правило, з квітня до липня кожного року реєструвався сезонний мінімум прозорості.

Температура морських поверхневих вод характеризувалась ярко вираженим сезонним ходом с максимумом влітку та мінімумом взимку і змінювалась у 2016 році від  $6,6^{\circ}\text{C}$  (22 грудня) до  $26,3,0^{\circ}\text{C}$  (30 липня)

Таблиця 1

Середні значення основних фізико-хімічних характеристик прибережних вод біля острова Зміїний у 2016 і 2017 рр.

Показник	2016		2017		2016–2017	
	0 м	8 м	0 м	8 м	0 м	8 м
Прозорість, м	$3,9 \pm 0,4$	-	$5,9 \pm 0,3$	-	$4,9 \pm 0,3$	-
Температура, °C	$17,1 \pm 0,8$	$17,1 \pm 1,2$	$18,3 \pm 0,8$	$17,9 \pm 0,8$	$17,8 \pm 0,6$	$17,6 \pm 0,7$
Солоність, PSU	$14,26 \pm 0,30$	$15,80 \pm 0,22$	$15,86 \pm 0,23$	$16,28 \pm 0,19$	$15,10 \pm 0,21$	$16,11 \pm 0,14$
Кисень, мг/л	$8,89 \pm 0,15$	$8,49 \pm 0,24$	$8,45 \pm 0,15$	$8,24 \pm 0,13$	$8,66 \pm 0,11$	$8,33 \pm 0,12$
Кисень, %	$100,2 \pm 0,7$	$95,2 \pm 0,9$	$97,5 \pm 1,2$	$94,3 \pm 0,8$	$98,8 \pm 0,7$	$94,6 \pm 0,6$
Водневий показник, од. рН	$8,38 \pm 0,05$	$8,31 \pm 0,05$	$8,31 \pm 0,03$	$8,30 \pm 0,02$	$8,34 \pm 0,03$	$8,30 \pm 0,02$

Таблиця 2

Межі коливань (мін/макс) основних фізико-хімічних характеристик прибережних вод біля острова Зміїний у 2016 і 2017 рр.

Показник	2016				2017			
	0 м		8 м		0 м		8 м	
Прозорість, м	0.8/ 8.0	23.05, 24.05 /10.07, 20.07,10.08 20.08, 30.08, 21.09, 10.10, 20.10,22.12	-	-	1.3/8.3	05.06 / 05.10, 10.10, 26.10, 05.11, 10.11, 15.11, 25.11	-	-
Температура, °C	6.6/ 26.3	22.12 / 30.07	6.7/ 25.2	22.12 / 10.08	9.2/ 26.6	20.12/05.08	9.3 / 25.3	28.04 / 10.08, 20.08
Солоність, PSU	9.57/ 17.54	14.04 / 01.11	13.75/ 17.61	20.06 / 01.11	11.65 / 18.27	15.06/16.08	12.26 / 18.34	30.06 / 16.08
Кисень, мг/л	7.16/ 10.96	10.07 / 22.12	7.05/ 10.88	30.06 / 22.12	6.73 / 11.02	05.08/05.06	6.59 / 9.94	05.08 / 30.04
Кисень, %	90.6/ 109.5	20.10 / 03.06	86.5/ 104.8	20.10 / 20.11	87.9 / 135.2	31.07/05.06	83.2 / 112.0	10.09 / 10.06
Водневий показник, од. рН	7.60/ 8.99	10.04 /24.05	7.62/ 8.63	10.04 / -	7.96 / 8.86	20.12/05.06	7.99 / 8.63	20.12 / 10.06

та у 2017 році від 9,2°C (20 грудня) до 26,6°C (6 серпня) при середніх значеннях 17,1±0,8°C і 18,3±0,8°C відповідно

Порівняння температур у поверхневих (0 і 2 м) та в придонному шарах води (8 м) показало, що вони змінювались майже синхронно, але навесні і влітку в окремі періоди їх різниця була доволі примітною і сягала значень 3–5 °C. Монотонність сезонних змін температури декілька разів порушувалась, коли до прибережної смуги надходили морські водні маси (01.05.2016 р., 25.05.2016, 10.06.2016, 10.07.2016, 10.05.2017, 05.07.2017, 31.07.2017, 10.09.2017). При цьому температура води зменшувалась на 2–3 °C.

Солоність поверхневого і придонного шарів води коливалась у 2016 році від 9,57 PSU (14 квітня) до 17,54 PSU (1 листопада) при середніх значеннях 14,26±0,31 і 15,80±0,22 PSU у поверхневому та придонному шарах води відповідно. Зміни солоності у 2017 р. були у межах від 8,23 (26 травня) до 18,27 PSU (16 і 23 серпня) при середніх значеннях 15,86±0,23 і 16,28±0,96 PSU у поверхневому і придонному шарах води відповідно. Найбільші розбіжності в значеннях солоності поверхневого і придонного шарах води спостерігали у весняно-літній період року, коли до району досліджень поступали розпрісненні води від дельтової частини Дунаю. Навесні та влітку 2016 р. спостерігали зменшення солоності до 9,81 PSU (14.04.2016) і далі солоність періодично зменшувалась аж до 10,38

PSU (11.06.2016). У 2017 р. весняне розпріснення не було значущим – до 14,81 PSU (05.05.2017), але влітку реєстрували епізодичний підхід річкової води зі зменшенням солоності до 11,95 PSU (15.06.2017). Восени рівень солоності залишався майже незмінним (15–17 PSU), лише 20.10.2017 зафіксували зменшення солоності до 13,22 PSU.

Концентрації розчиненого кисню у 2016 р. коливались в межах від 7,16 (10.07) до 10,96 мг·л<sup>-1</sup> (22.12) та від 7,05 (30.06) до 10,88 мг·л<sup>-1</sup> (22.12) у поверхневому та придонному шарах води відповідно. Середні значення при цьому складали 8,89±0,15 та 8,49±0,24 мг·л<sup>-1</sup>. У 2017 році межі коливань концентрацій кисню складали 6,78 (05.08) – 11,02 (05.06) та 6,59 (05.08) – 9,94 мг·л<sup>-1</sup> (30.04) на поверхневому та придонному горизонті відповідно, при середніх значеннях 8,45±0,15 і 8,24±0,13 мг·л<sup>-1</sup>.

Відносна насиченість вод киснем (O<sub>2</sub>, %) поверхневого шару води у 2016 р. змінювалась в межах від 90,6 % (20.10) до 109,5 % (03.06) при середньому значенні 100,2 %. У придонному шарі межі коливань були від 96,5 % (20.10) до 104,8 % (20.11) при середньому значенні 95,2±0,9%. У 2017 році діапазон коливань збільшився від 87,9 (31.07) до 135,2 % (05.06) у поверхневому шарі та від 83,2(10.09) до 112,0 % (10.06) у придонному шарі води при середніх значеннях 97,5±1,2 і 94,3±0,8 % відповідно.

Водневий показник прибережних вод в 2016–2017 рр. змінювався в межах від 8,01 (10.04.2016 р.) до 8,99 (24.05.2016 р.) у поверхневому шарі воли, та від 7,62 (10.04.16) до 8,63 (10.06.17) у придонному. Середні значення водневого показника для поверхневого і придонного шарів води склали відповідно у 2016 р.  $8,38 \pm 0,05$  і  $8,31 \pm 0,05$ ; а у 2017 році  $8,31 \pm 0,03$  і  $8,30 \pm 0,02$ . При цьому коливання значень насиченості киснем і водневого показника спостерігали синхронно зі змінами солоності і температури.

Аналіз статистичних взаємозв'язків між фізико-хімічними характеристиками показав, що значимі коефіцієнти кореляції (при  $P > 0,95$ ) в порядку зменшення спостерігались для поверхневого шару води: прозорості – з солоністю (0,85), ступеню насиченості киснем (–0,54) та концентрацією кисню (–0,39); температури – з концентрацією кисню (–0,84) і водневим показником (0,65); солоності – з прозорістю (0,85), ступеню насичення киснем (–0,54), концентрацією кисню (0,27) і водневим показником (–0,28); водневого показника – з температурою (0,65), насиченістю киснем (0,46) концентрацією кисню (–0,35) Для придонного шару води кореляційні взаємозв'язки були дещо іншими: прозорості – з солоністю (0,72), ступеню насиченості киснем (–0,32); температури – з концентрацією кисню (–0,90) і водневим показником (0,70); солоності – з прозорістю (0,72), ступеню насичення киснем (–0,30); водневого показника – з температурою (0,70), насиченістю киснем (0,31) концентрацією кисню (–0,53).

Таким чином можна зробити висновок про те, що статистичні взаємозв'язки фізико-хімічних характеристик свідчать про визначальну роль температури і солоності морських вод у формуванні прозорості, кисневого режиму та кислотності води.

Аналіз видового складу показав, що з лютого 2016 р. по грудень 2017 р. в прибережних водах о. Зміїний було зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae (80 видів в 236 зразках), дінофітові – Dinophyceae (82 види в 237 зразках), зелені – Chlorophyceae (25 в 78 зразках), ціанобактерії – Cyanobacteria (11 в 40 зразках), примнезієві – Prymnesiophyceae (17 в 138 зразках), евгленові – Euglenoidea (6 в 29 зразках), золотисті – Chrysophyceae (4 види в 37 зразках), криптофітові – Cryptophyceae (6 в 178 зразках), діктіохові – Dictyochophyceae (3 види в 29 зразках), хоанофлагелати – Choanoflagellata (2 види в 8 зразках), ебрідієві – Ebrizophyceae (2 в 55 зразках). Вперше, у порі-

в'янні з минулими роками [2, 8], було зареєстровано появу 11 прісноводних дінофітових видів: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium cnecooides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantzschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch.

Морську групу фітопланктону (загалом 152 види) створювали дінофітові (65 видів) і діатомові (59 видів), примнезієві водорості (14), криптофітові (5), діктіохові (3), по 2 види золотистих і ебрідієвих водоростей та хоанофлагелати (2). Серед них було зафіксовано розвиток 54 небезпечних (НАВ) або потенційно токсичних (ТХ, ТР) видів. До групи прісноводного фітопланктону (загалом 72 види) було віднесено 18 видів діатомових водоростей, 25 зелених та 13 дінофітових водоростей, 10 ціанобактерій, 4 евгленових та 2 види золотистих водоростей, далі 10 видів належали до небезпечних. Космополіти (загалом 14 видів) були представлені незначною кількістю діатомових, дінофітових і примнезієвих водоростей (по 3–4 види), а також евгленовими, криптофітовими та ціанобактеріями (по 1–2 видів), але НАВ видів було зареєстровано лише 2 (*Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., *Eutreptia lanowii* Steuer).

До групи прісноводного фітопланктону (загалом 72 види) було віднесено 18 видів діатомових водоростей, 25 – зелених та 13 – дінофітових водоростей, 10 – ціанобактерій, 4 евгленових та 2 золотистих водоростей. Космополіти (загалом 14 видів) були представлені незначною кількістю діатомових, дінофітових і примнезієвих водоростей (по 3–4 види), а також евгленовими, криптофітовими та ціанобактеріями (по 1–2 видів).

Кількість видів фітопланктону в поверхневому шарі води (0–2 м) на станції ZPR (рис.1) коливалась в межах від 5 (30.06.2016) до 33 (30.09.2016 р.) при середньому значенні  $20 \pm 5$  за весь період спостережень. У 43 % зразків кількість видів на горизонті 2 м перевищувала показники кількості на поверхні. В придонному шарі води кількість видів також змінювалась в інтервалі від 5 (01.12.2016, 25.11.2017 р.) до 32 (20.10.2017 р.), при середньому значенні  $18 \pm 5$  видів.

При цьому у 31 % зразків в 2016–2017 рр. кількість видів на придонному горизонті перевищувало число видів у поверхневому шарі води. За період спостережень середня

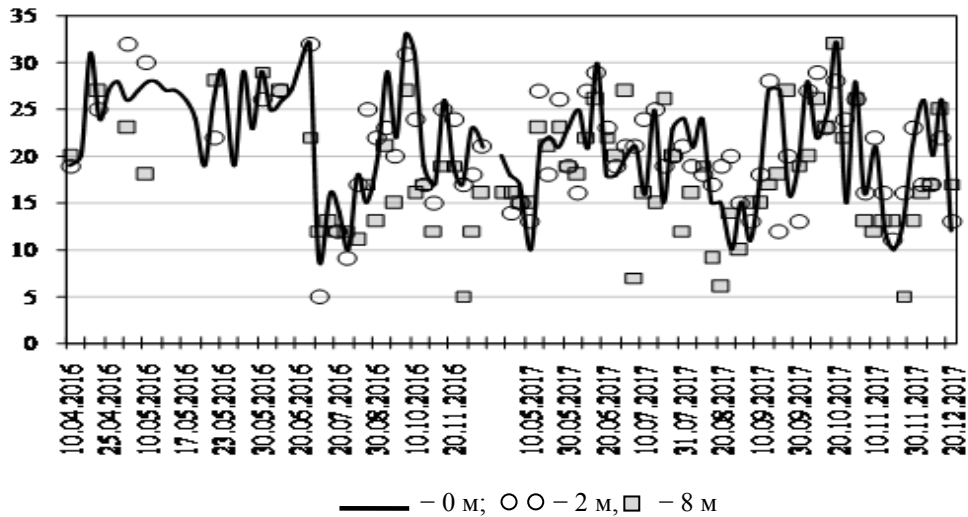


Рис. 1 – Кількість видів фітопланктону в зразках води, які збирали на різних горизонтах станції ZPR в 2016–2017 рр.

кількість мікроводоростей у всьому стовпі води складала  $20 \pm 1$  вид, що менше середньої кількості видів ( $22 \pm 2$ ), зареєстрованої у 2003–2010 рр. [34]. У часовому розподілі кількості видів фітопланктону, які реєстрували в зразках води з різних горизонтів, спостерігались сезонні зміни, які у 2016 р. характеризувались весняним (квітень – травень) і осіннім (кінець серпня – листопад) максимумами зразках та мінімумами у липні. У 2017 році сезонні максимумами кількості видів у зразках реєстрували з кінця травня до кінця липня, а мінімумами – у серпні та листопаді.

Аналіз статистичних взаємозв'язків кількості видів фітопланктону з основними абіотичними характеристиками зразків води показав, що значимі коефіцієнти кореляції (при  $P > 0,95$ ) в порядку зменшення спостерігались для поверхневого шару води: з прозорістю ( $-0,47$ ), ступенем насичення кисню ( $0,22$ ), солоністю ( $-0,38$ ). Для придонного шару води значимі коефіцієнти кореляції були дещо меншими і спостерігались лише з прозорістю ( $-0,38$ ) та солоністю ( $-0,30$ ). Ці взаємозв'язки підтверджуються нашими даними щодо збільшення кількості видів фітопланктону в зразках до 27–32 при зменшенні солоності води до 9–14 PSU (14.04.2016 р., 16.04.2016, 25–26.04.2016, 30.04.2016, 01.05.2016, 10.05.2016, 13.05.2016, 15–18.05.2016, 20.05.2016, 23–26.05.2016, 30.05.2016, 03.06.2016, 10–11.06.2016, 20.06.2016, 30.05.2017, 05–20.06.2017). Тобто зафіксовано, що в терміни надходження розпріснених вод спостерігали збільшення кількості видів за рахунок прісноводної флори, а з підвищенням солоності, що є наслідком адвекції в район досліджень суто морських вод-

них мас, кількість видів в зразках зменшувалась до 10 – 24 (10.04.2016, 22.04.2016, 10.07.2016, 20.07.2016, 10–25.05.2017, 25.06.2017).

Аналіз сезонних змін сумарних чисельності і біомаси фітопланктону на станції ZPR (горизонти 0, 2 і 8 м) у 2016 – 2017 рр. показав наступне.

У першій половині 2016 р. (квітень – червень) сумарна чисельність фітопланктону у поверхневому шарі води (рис. 2) змінювалась в межах від  $781 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до  $169389 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (30.06.2016 і 17.05.2016 відповідно) при середньому значенні  $62765 \pm 35060 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ .

З липня 2016 р. сумарна чисельність фітопланктону різко зменшувалася і до кінця року сягала величин 228 –  $11128 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.10.2016 і 21.09.2016) при середніх значеннях  $3222 \pm 2765 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ .

Навесні – влітку 2017 р. сумарна чисельність змінювалась в інтервалі від  $678 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до  $83412 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (10.05.2017 р. і 05.06.2017 р. відповідно) при середніх значеннях  $27379 \pm 18098 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ , а восени – взимку 2017 р. чисельність коливалася в інтервалах 416 –  $65551 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (25.09.2017 і 20.10.2017), при цьому середня величина чисельності мікроводоростей в зразках становила  $6220 \pm 7437 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ .

Сумарна біомаса фітопланктону на горизонті 0 м у першій половині 2016 р. (квітень – червень) коливалась в межах  $865,8 - 67939,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  (30.06.2016 і 23.05.2016 відповідно) при середньому значенні  $17551,7 \pm 10362 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ , а з липня до грудня 2016 р. була в межах 86,1 –  $90021,8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  (20.10.2016 і 20.11.2016) при середньому

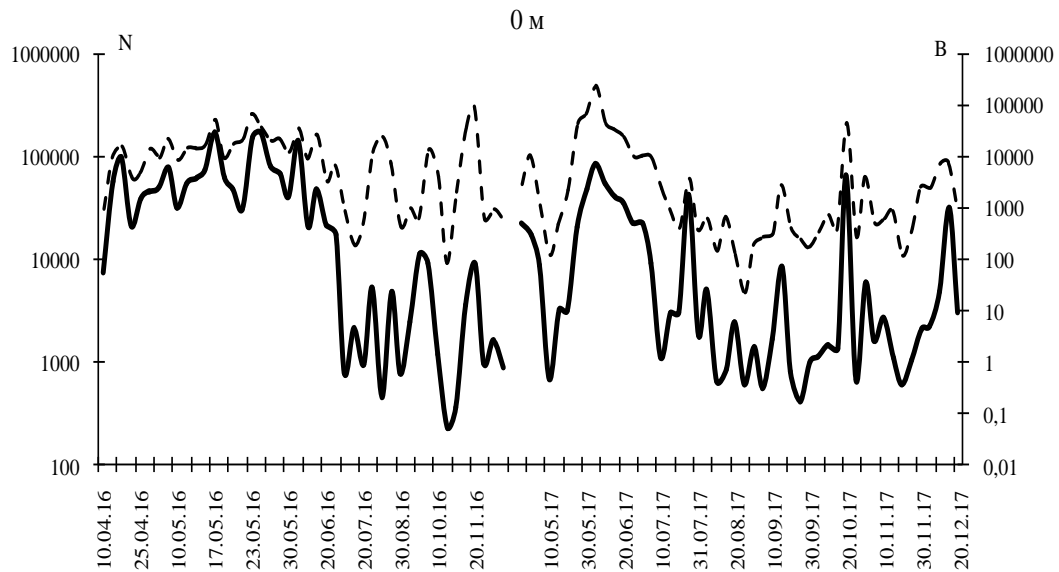


Рис. 2 – Сумарні чисельність (— N, кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ ) і біомаса (--- B, мг $\cdot \text{м}^{-3}$ ) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 0 м) в 2016–2017 рр.

значенні  $11599,9 \pm 14202$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ . Навесні – влітку 2017 р. зміни біомаси були в межах від 123,3 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  до 234565,9 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  (10.05.2017 і 05.06.2017 відповідно) при середньому значенні  $34541,8 \pm 35810$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ , а восени – взимку 2017 р. біомаса коливалася в інтервалі 22,6 – 44137,1 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  (25.08.2017 і 20.10.2017) з суттєво меншим середнім значенням  $2815,9 \pm 3363$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ .

Таким чином, можна зробити висновок про те, що зменшення солоності поверхневих шарів води навесні кожного року до 11–13 ‰, внаслідок зростання впливу річкового стоку Дунаю, викликало збільшення сумарних величин чисельності і біомаси фітопланктону. Це підтверджується також і результатами кореляційного аналізу, який був проведений по отриманому в 2016–2017 рр. масиву планктонних і гідролого-гідрохімічних даних. Значимі коефіцієнти кореляції ( $P > 0,95$ ) для сумарної чисельності фітопланктону були зафіксовані з солоністю ( $-0,72$ ), прозорістю води ( $-0,73$ ), відносною насиченістю киснем ( $0,50$ ). Для біомаси фітопланктону значимі кореляційні зв'язки ( $P > 0,95$ ) спостерігали лише з відносною насиченістю киснем ( $r = 0,73$ ). Коефіцієнт взаємкореляції між сумарними чисельністю та біомасою фітопланктону складав лише 0,49, що, за нашою думкою, потребує подальших досліджень.

Зміни сумарних чисельності і біомаси фітопланктону на горизонті 2 м у 2016–2017 рр. (рис. 3) відбувалися практично синхронно до змін цих характеристик на горизонті 0 м, про що свідчать високі коефіцієнти коре-

ляції як між рядами біомас (0,79), так і чисельності (0,73).

Впродовж 2016 р. сумарна чисельність на горизонті 2 м змінювалась від 142 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до 70922 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.10.2016 і 20.06.2016 відповідно) при середньому значенні  $12446 \pm 12914$  кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ . У квітні – червні 2017 р. сумарна чисельність змінювалась в інтервалі від 540 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до 127454 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (10.05.2017 і 15.06.2017 відповідно) при середньому значенні  $32331 \pm 22738$  кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ , а в липні – грудні 2017 р. чисельність коливалася від 276 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до 54050 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (30.09.2017 і 20.10.2017), при цьому середня величина становила  $4555 \pm 4078$  кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ .

У 2016 р. сумарна біомаса фітопланктону на горизонті 2 м змінювалась в межах від 70,1 до 129960,1 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  (20.10.2016 і 11.11.2016 відповідно) при середньому значенні  $12437,7 \pm 12972$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ , а у квітні – червні 2017 р. – від 130,6 до 59696,6 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  (10.05.2017 і 30.05.2017 відповідно) при середньому значенні  $25469,7 \pm 25381$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ , в липні–грудні 2017 р. – від 53,9 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  до 28283,4 мг $\cdot \text{м}^{-3}$  (16.08.2017 і 20.10.2017 відповідно) при середньому значенні  $2124,8 \pm 2305$  мг $\cdot \text{м}^{-3}$ .

Значимі коефіцієнти кореляції (при  $P > 0,95$ ) сумарної чисельності фітопланктону на 2 м були зафіксовані з солоністю ( $-0,72$ ), прозорістю води ( $-0,69$ ), відносною насиченістю киснем ( $0,55$ ). Для біомаси фітопланктону значимі кореляційні зв'язки ( $P > 0,95$ ) спостерігали лише з відносною насиченістю

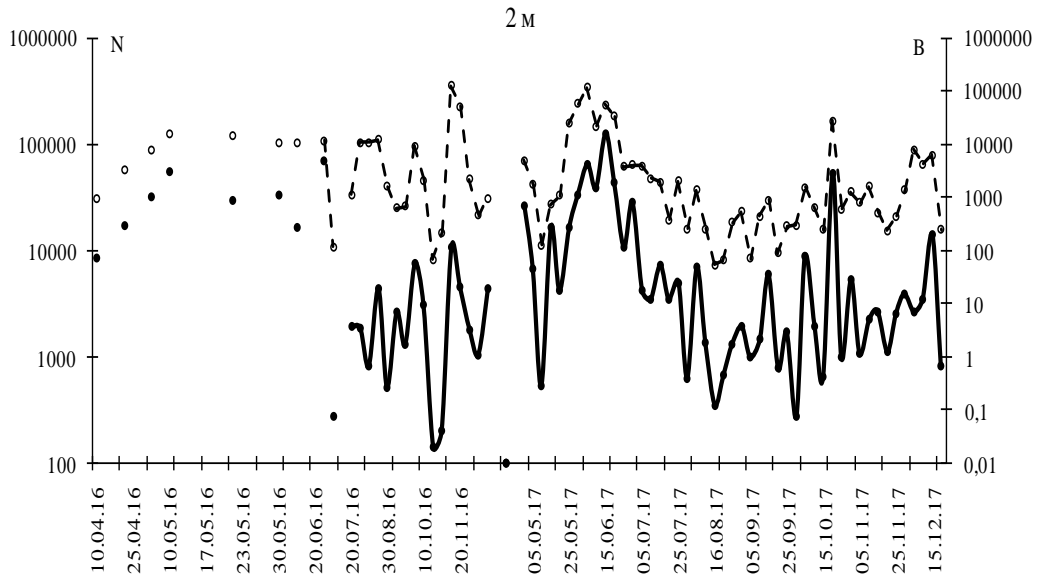


Рис. 3 – Сумарні чисельність (— N, кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ ) і біомаса (- - - B, мг $\cdot \text{м}^{-3}$ ) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 2 м) в 2016–2017 рр.

киснем (0,63). Коефіцієнт взаємкореляції між чисельністю та біомасою складав 0,50, тобто був практично таким же, як і на горизонті 0 м.

Слід відмітити, що у 46 % зразків, зібраних на глибині 2 м, сумарна чисельність фітопланктону перевищувала показники на горизонті 0 м, а в 51% – була нижчою. При цьому сумарна біомаса фітопланктону на глибині 2 м в 41 % зразків перевищувала значення для горизонту 0 м, а в 58% – була

нижчою. Це свідчить про нерівномірність вертикального розподілу основних метрик фітопланктону в поверхневому 0–2 м шарі води, що підтверджується і коефіцієнтами взаємкореляції сумарної чисельності і для сумарної біомаси на горизонтах 0 і 2 м, які склали 0,76 і 0,79 відповідно.

У придонному шарі води сумарна чисельність фітопланктону у 2016 р. (рис.4) змінювалась в межах від 8 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до

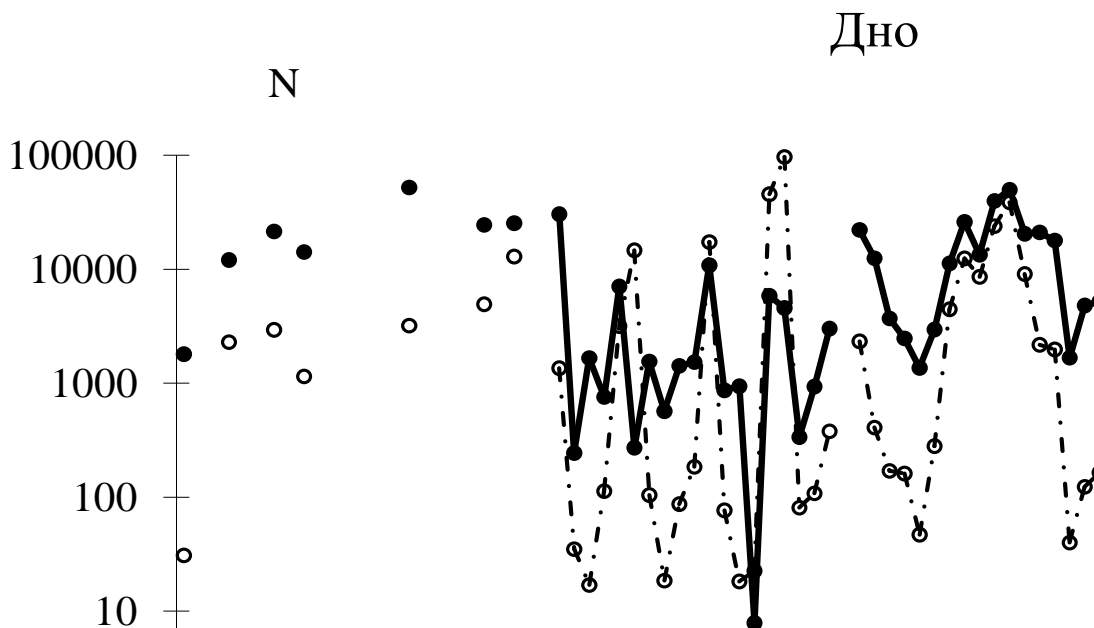


Рис. 4 – Сумарна чисельність (— N; , кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ ) і сумарна біомаса (- - - B, мг $\cdot \text{м}^{-3}$ ) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 8 м) у 2016–2017 рр.



52189 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (01.11.2016 і 20.05.2016 відповідно), при середньому значенні 8630±9034 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup>, а сумарна біомаса мікроводоростей – в межах 96,3 – 97456,6 мг·м<sup>-3</sup> (10.07.2016 і 20.11.2016), при середньому значенні 9991,8±12329 мг·м<sup>-3</sup>.

У квітні – червні 2017 р. сумарні чисельність і біомаса змінювались в межах від 1366 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> до 49768 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (15.05.2017 і 15.06.2017) та від 217,5 мг·м<sup>-3</sup> до 46686,2 мг·м<sup>-3</sup> (15.05.2017 і 15.06.2017 відповідно), при середніх значеннях 17479±10673 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> та 10849,7±10264 мг·м<sup>-3</sup>, а в липні – грудні 2017 р. ці кількісні величини стали значно меншими і змінювались в інтервалах 307 – 9115 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (30.09.2017 і 20.10.2017) та від 27,5 мг·м<sup>-3</sup> до 11859,6 мг·м<sup>-3</sup> (20.08.2017 і 10.12.2017) при середніх значеннях 2306 кл. ± 1609 кл. $\cdot$ 10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> та 1176,8±1301 мг·м<sup>-3</sup> відповідно.

Проте значення чисельності (у 24 % зразків) та значення біомаси (у 31 % зразків) перевищували аналогічні величини на горішніх горизонтах, що свідчить про нерівномірність розподілу фітопланктону по глибині.

Значимі коефіцієнти кореляції (P>0.95) сумарної чисельності та біомаси фітопланктону відповідно на горизонті 8 м складали з солоністю (-0,60 та -0,29), ступенем насичення киснем (0,35 і 0,49) та прозорістю води (r=-0,75 та -0,45). Тобто суттєві зміни кількісних характеристик фітопланктону на горизонті 8 м, як і на інших глибинах, були пов'язані, головним чином, зі змінами солоності, та як вже відмічалось раніше в роботах [10,29], та впливали на прозорість води і концентрації розчиненого кисню. Коефіцієнт взаємкореляції між сумарними чисельністю та біомасою на глибині 8 м був значно меншим ніж на поверхневих горизонтах і складав лише 0,35, що потребує подальших досліджень

Показано, що впродовж 2016 – 2017 рр. у фотичному шарі прибережної екосистеми острова Зміїний реєстрували 4 сезонних максимуми розвитку мікроводоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону [30]. При цьому слід відмітити, що влітку 2017 р. період максимуму був тривалішим (на 2–3 тижня), ніж у 2016 р., а рівень розвитку (по чисельності і біомасі) у жовтні та грудні 2017 р. на 1–2 порядки перевищував рівні 2016 р. Порівняння величин отриманих нами даних з отриманими у попередні роки [10, 14] дозволяє також зробити висновок про збільшення кількісних характеристик фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний у 2016–2017 рр.

Дослідження структури видового складу фітопланктону (табл. 3) показали, що провідну роль в формуванні сумарних величин чисельності та біомаси грали діатомові, дінофітові, примнезієві водорості і ціанобактерії, інші водорості мали помітний розвиток лише в окремі сезони. Внесок діатомових, дінофітових, примнезієвих, криптофітових, евгленових, діктіонових, ебрідієвих мікроводоростей і ціанобактерій в сумарну чисельність фітопланктону (рис. 5–6) був практично однаковим по всіх горизонтах збору зразків, що свідчить про однорідність розподілу їх частки по глибині. Лише частка хоанофлагелят та золотистих водоростей в поверхневому шарі води була помітно вищою, ніж на горизонтах 2 і 8 м. Для окремих таксонів, таких як дінофітові, криптофітові, золотисті водорості і ціанобактерії, спостерігали перевищення частки на глибині 2 м відносно поверхневого та придонного шарів води.

Таблиця 3

Середня частка таксонів (%) в структурі фітопланктону у 2016–2017 рр.

Таксон	Чисельність		Біомаса	
	0 / 2 м	8 м	0 / 2 м	8 м
Діатомові водорості	65,9 / 65,9	66,0	67,2 / 65,2	67,5
Дінофітові водорості	4,1 / 4,3	4,1	24,5 / 25,8	24,1
Ціанобактерії	24,7 / 27,1	25,5	10,6 / 11,6	10,9
Примнезієві водорості	19,1 / 18,8	19,8	1,1 / 1,2	1,2
Криптофітові водорості	15,0 / 16,2	15,1	2,1 / 2,2	2,0
Хоанофлагеляти	5,8 / 2,7	2,7	0,7 / 0,2	0,2
Зелені водорості	4,0 / 2,1	1,8	0,6 / 0,6	0,7
Золотисті водорості	2,7 / 3,4	2,9	0,7 / 0,8	0,7
Евгленові водорості	0,5 / 0,4	0,4	0,9 / 0,6	0,6
Діктіохові водорості	0,4 / 0,5	0,4	0,96 / 1,2	0,96
Ебрідієві водорості	0,03 / 0,01	0,03	0,7 / 0,5	0,7

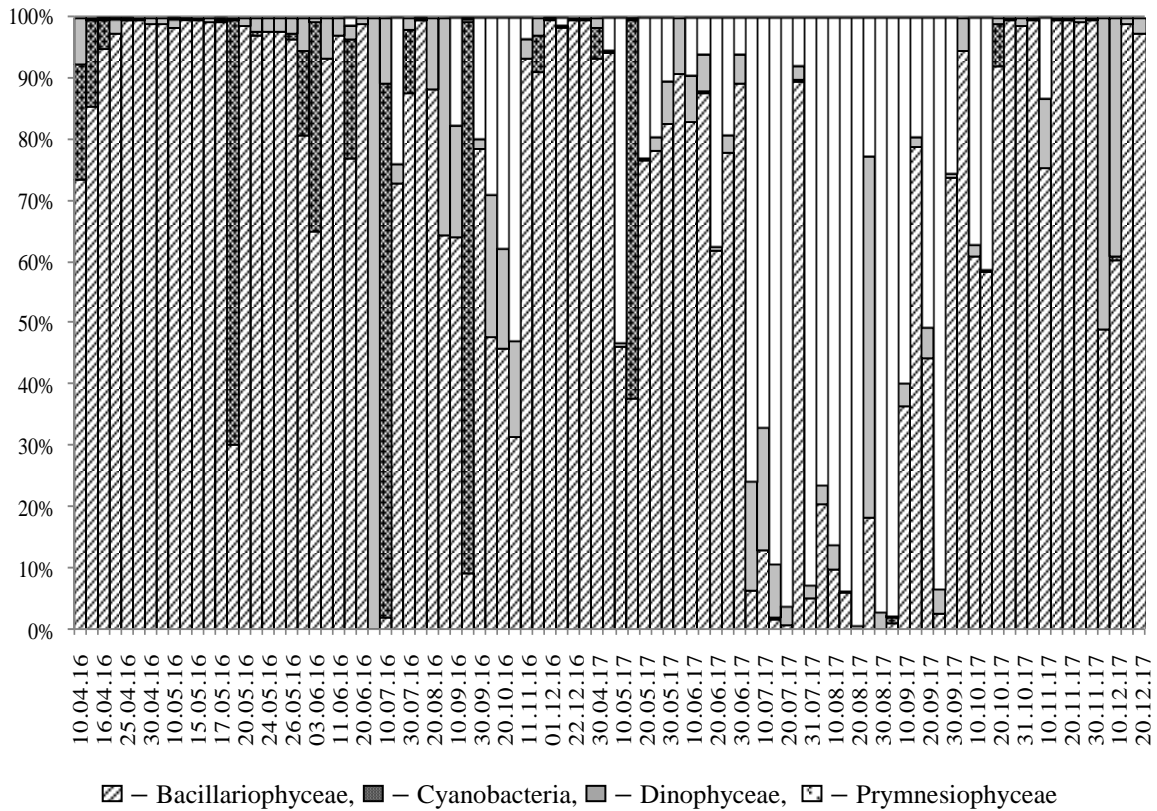


Рис. 5 – Частка головних таксонів в сумарній чисельності фітопланктону поверхневих вод станції ZPR в 2016–2017 рр.

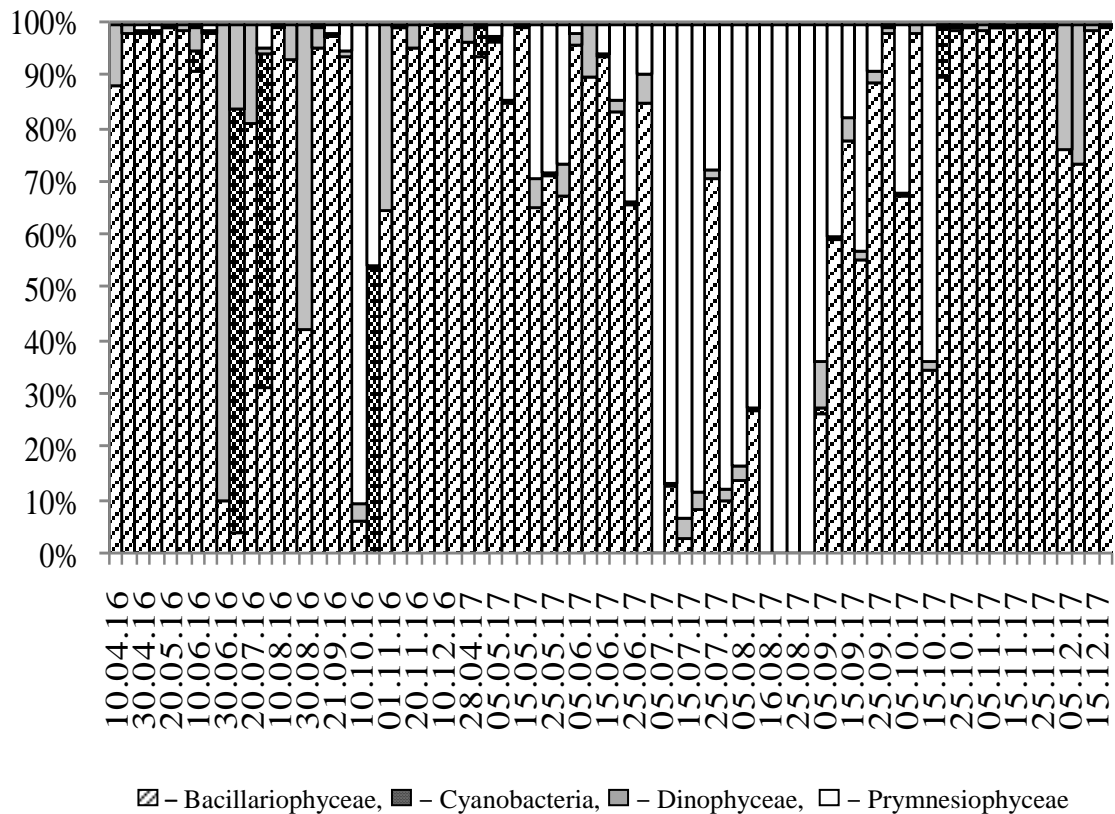


Рис. 6 – Частка головних таксонів в сумарній чисельності фітопланктону придонного шару води (глибина 8 м) на станції ZPR в 2016–2017 рр.

Чисельність діатомових водоростей на горизонті 0 м коливались від 300 кл.·л<sup>-1</sup> (30.08.2017 р.) до 171268 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (24.05.2016 р.) при середньому значенні 21824±25345 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup>. Майже в усі сезони року головну роль (до 99%) в формуванні структури фітопланктону грали діатомові водорості (рис.4), проте розвиток і інших таксонів був здатен значно змінювати структуру угруповань.

На горизонті 2 м чисельність діатомових водоростей змінювалась синхронно у порівнянні з горизонтом 0 м (коефіцієнт взаємкореляції 0,76), практично у тому ж інтервалі: від 300 кл.·л<sup>-1</sup> до 116533 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup>, а на горизонті 8 м – коливалась в інтервалі 0,2 – 51651 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup>. В 2016 р. періоди максимальної чисельності діатомових водоростей реєстрували у квітні – травні, липні, вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, травні, липні, вересні, жовтні та грудні. Навесні 2016 р. величини чисельності діатомових несуттєво перевищували значення для 2017 р. За нашою думкою це було обумовлено потраплянням в район острова Зміїний прісноводних видів з дунайськими водами, що підтверджується знахідками 18 видів прісноводних діатомових водоростей, переважно рр. *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Synedra*. Восени та у середині грудня 2017 р. чисельність діатомових майже вдвічі перевищувала аналогічні дані 2016 р. Коефіцієнти взаємної кореляції між чисельністю діатомових водоростей на горизонті 8 м та 0 і 2 м склали 0,68 і 0,78 відповідно, що свідчить про доволі високу синхронність їх змін.

Максимуми вегетації діатомових водоростей визначали початок сезонних сукцесій (1 і 2 стадії), максимуми дінофітових водоростей свідчили о термінах проходження 3 стадії сукцесії [36–38], при цьому, доміанти у видовому складі кожної стадії змінювались відповідно до сезону (табл. 3). Періоди мінімальної чисельності діатомових водоростей супроводжувались змінами в структурі угруповань фітопланктону: замість них розвивалися дінофітові і криптофітові водорості (30.06.2016 і 30.08.2017). На горизонті 0 м інтервал змін чисельності дінофітових водоростей був від 1030 кл.·л<sup>-1</sup> (15.05.2017 р.) до 7560 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (05.06.2017 р.), та від 1320 кл.·л<sup>-1</sup> (05.09.2017) до 5093 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (15.06.2017) на горизонті 2 м. Чисельність дінофітового планктону у придонних шарах змінювалась в межах від 2650 кл.·л<sup>-1</sup> (20.08.2017) до 3938,6 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (10.06.2017).

У червні 2017 р. максимальна чисельність дінофітових вдвічі перевищувала максимум травня 2016 р., при цьому в обох випадках домінували клітини суто морського виду *Prorocentrum cordatum*. У видовому складі дінофітових впродовж 2016–2017 рр. було зареєстровано появу 13 прісноводних видів, з яких 11 видів не були вказані для прибережних вод острова у попередні роки [2, 5, 8]: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium cnecoides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch. У 2016 р. періоди максимальної чисельності дінофітових водоростей реєстрували у травні, серпні–вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, червні, серпні, вересні, жовтні та грудні (рис. 5,6).

Примнезієві морські водорості також мали помітний вплив на формування структури фітоценозу, зміни їх внеску до загальної чисельності фітопланктону наведено на рис. 5 і 6. Нечаста поява дрібних примнезієвих водоростей у зразках води (4 рази у 12 зразках) у поверхневих шарах води у квітні – травні 2016 р. та несуттєва чисельність (150 кл.·л<sup>-1</sup> – 200 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup>) була пов'язана з випадками впливу вод з малою солоністю, але восени чисельність примнезієвих збільшувалась до 1750 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (30.09.2016). Проте навесні–влітку 2017 р. в умовах зменшення солоності рівень розвитку цих мікродоростей був істотно значним, та сягав максимуму за дворічний період 13487 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (20.06.2017). На горизонті 2 м сезонні зміни примнезієвих відбувалися синхронно зі змінами на поверхні, та рівень чисельності коливався у тому ж інтервалі: від 200 кл.·л<sup>-1</sup> (10.08.2016) до 11258 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (20.06.2017). У придонних шарах води чисельність примнезієвих водоростей змінювалась в межах від 200 кл.·л<sup>-1</sup> (25.10.2017) до 6700 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (30.05.2017). Було зазначено, що в окремі періоди влітку–восени примнезієві формували основну частку сумарної чисельності фітопланктону.

Чисельність криптофітових водоростей на горизонті 0 м в 2016 р. коливалась в межах від 41 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (20.05.2016) до 4443 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (22.04.2016), а в 2017 р. була трохи нижче: 16–1835 кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup> (05.12.2017 і 20.08.2017 відповідно). На горизонті 2 м в 2016 р. чисельність криптофітових змінюва-

лась в інтервалі від 49 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (01.11.2016) до 5042 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (10.06.2016), проте в 2017 р. коливання величин також було меншим: 19–1109 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (25.06.2017 і 15.09.2017 відповідно). Чисельність криптофіт на горизонті 8 м в 2016 р. становила 1–5001 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.05.2016 і 10.06.2016), в 2017 р. – від 200 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до 2558 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15.12.2017 і 31.07.2017).

Максимуми чисельності примнезієвих і криптофітових водоростей в дослідженому районі реєстрували за 3–6 тижнів після активного розвитку діатомових та дінофітових водоростей. Згідно досліджень [36–38], вегетація цих водоростей в Чорному морі свідчить про закінчення сезонної сукцесії (4 стадія), регулярні зміни максимальних величин чисельності цих водоростей протягом 2016–2017 рр. відповідали нормальному ритму розвитку фітопланктону.

Таким чином, за результатами аналізу структури фітопланктону по головних таксонах в 2016–2017 рр. реєстрували проходження 3 повних сукцесій (весняної, літньої і осінньої) та початок 4 (зимової) сукцесій фітопланктону, що співпадає з результатами інших досліджень [14, 36].

Періоди періодичної появи поблизу острова ціанобактерій і зелених водоростей співпадали, та були пов'язані з річковими водами, при цьому величини їхньої чисельності у 2016 р. значно перевищували величини 2017 р. (на 2–4 порядки). Сумарна чисельність дрібних колоніальних ціанобактерій на горизонті 0 м сягала 4 – 48597 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15.07.2017 і 03.06.2016 відповідно); на 2 м вона була вдвічі меншою: від 2 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (25.08.2017) до 13891 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15.05.2017). У придонному горизонті ціанобактерії було знайдено лише в 8 випадках з несуттєвою чисельністю 2–2098 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ . Було зазначено, що рівень розвитку ціанобактерій в 2016–2017 рр. був значно меншим, ніж у попередні роки досліджень [14, 36]. Чисельність зелених водоростей в поверхневому шарі поблизу острова коливалася в межах від 20 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до 2375 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.06.2017 і 21.09.2016 відповідно); на 2 м – від 2 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.05.2016) до 725 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (05.06.2017); на 8 м – від 200 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  (10.05.2016) до 3357 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (30.07.2016). Таксон зелених водоростей найчастіше був представлений *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.–Legn., *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., або незначною кількістю видів роду *Scenedesmus*.

Частка видів інших 5 таксонів не була помітною в формуванні сумарної чисельності фітопланктону, їхня поява в зразках води була спорадичною, чітко виражених сезонних змін не спостерігали. Прісноводні евгленові водорості розвивалися у прибережній смузі одночасно з ціанобактеріями і зеленими водоростями, при цьому чисельність на 0 м коливалася від 100 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до 1391 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (20.08.2017 і 16.04.2016 відповідно); на 2 м чисельність була значно меншою – від 200 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до 216 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15–20.05.2017, 31.07.2017, 16–25.08.2017 і 22.12.2016 відповідно); а на 8 м – від 100 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до 77 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (21.09.2016 і 22.12.2016). Золотисті водорості спостерігали переважно у квітні – травні (2016 р. і 2017 р.), а також у листопаді – грудні (2017 р.), коли їх чисельність у поверхневому шарі води коливалася від 2 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  до 978 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (28.04.2017 і 10.04.2016 відповідно); на 2 м – від 12-до 1894 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (10.09.2016 і 10.04.2016); а на 8 м інтервал від 2 до 489 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (30.06.2017 і 10.04.2016).

Діктіохові і ебрідеві морські види були віднесені нами до 4 стадії сезонної сукцесії тому, що терміни їх розвитку співпадали з вегетацією примнезієвих і криптофітових водоростей [36]. Чисельність діктіохових водоростей у стовпі води коливалася на рівні біля 100 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  (20.10.2016, 01–10.11.2016, 10.11.2017–15.12.2017), та сягала максимуму на 2 м 31 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (30.08.2016). Чисельність ебрідеєвих також була незначною та змінювалася на усіх досліджених горизонтах в межах від 100 кл. $\cdot \text{л}^{-1}$  до максимуму 80 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (0 м, 16.05.2016). Холодолюбні морські хоанофлагеляти реєстрували у квітні і грудні, переважно на поверхні при щільності 24 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (0 м, 22.12.2016), або 602 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (10.04.2016). На горизонті 2 м хоанофлагеляти фіксували на тому ж рівні в 2016 р., та в меншій чисельності в 2017 р.: 106 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (05.05.2017) і 173 кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15.11.2017).

Кореляційний аналіз взаємозв'язків чисельності діатомових водоростей і фізико-хімічних характеристик у поверхневому/придонному шарі води показав значимі зв'язки з прозорістю води (–0,71/–0,74), солоністю (–0,70/–0,57), ступенем насичення киснем (0,47/0,38), концентрацією кисню (0,29/–), водневим показником (0,25/–), а також з загальною кількістю видів фітопланктону у зразках (0,39/0,49), загальними чисельністю і біомасою фітопланктону (0,98/0,99 і 0,0,39/0,35), біомасою діатомо-

вих (0,47/0,34), чисельністю і біомасою дінофітових (0,56/0,51 і 0,33/0,52), біомасою ціанобактерій (0,44/-), чисельністю і біомасою евгленових (0,60/- і 0,62/-), біомасою Chrysophyceae (0,61/-), чисельністю і біомасою криптофітових (0,27/- і 0,28/-). Значимі кореляційні зв'язки спостерігались також між: прозорістю та чисельністю дінофітових (-0,53/-0,44), примнезієвих (-0,39/-0,37), криптофітових (-0,30/-); солоністю та чисельністю дінофітових (-0,51/-0,48), примнезієвих (-0,30/-0,31) евгленових (-0,69/-), криптофітових (-0,31/-); ступенем насичення киснем та чисельністю дінофітових водоростей (0,71/0,45), ступенем насичення киснем і чисельністю зелених водоростей на 2 м (0,52), евгленових водоростей на 2 м (0,80); між водневим показником та чисельністю дінофітових водоростей (0,50/0,26), примнезієвих (-0,36/0,32), золотистих на горизонті 2 м (-0,76). Причини виявлених взаємозв'язків будуть нами досліджуватись в подальшому.

Аналіз внеску різних таксонів в сумарну біомасу фітопланктону показав, що головну роль відігравали діатомові і дінофітові водорості (табл. 3, рис. 7, 8).

На горизонті 0 м біомаса діатомових змінювалась в межах від 0,3 мг·м<sup>-3</sup> до 227320,8 мг·м<sup>-3</sup> (25.08.2017 і 05.06.2017 відповідно), на 2 м – від 0,5 до 129667,0 мг·м<sup>-3</sup> (16.08.2017 і 11.11.2016), а на 8 м – від 0,3 мг·м<sup>-3</sup> до 97102,7 мг·м<sup>-3</sup> (05.07.2017 і 20.11.2016).

Тривалість весняного максимуму діатомових водоростей в 2016 р. (квітень – червень) була значно більшою у порівнянні з даними, отриманими у попередні роки [10–14].

У 2017 р. весняний максимум діатомового фітопланктону був коротше (лише квітень), влітку спостерігали 2 максимуми (липень и серпень), восени максимуми біомаси діатомових мікроводоростей фіксували у вересні, жовтні та грудні.

Біомаса дінофітових мікроводоростей в поверхневому шарі води змінювалась в межах від 5,2 мг·м<sup>-3</sup> до 9133,2 мг·м<sup>-3</sup> (25.08.2017 і 05.07.2017 відповідно), на 2 м – від 8,3 мг·м<sup>-3</sup> до 12726,6 мг·м<sup>-3</sup> (01.12.2016 і 15.06.2017), і на горизонті 8 м від 2,6 до 2679,5 мг·м<sup>-3</sup> (20.08.2017 і 10.06.2017).

Циклічність розвитку дінофітових мікроводоростей визначалась проходженням 4 сезонних сукцесій, а максимуми їх біомаси реєструвались на 2–3 тижня після максимумів діатомових водоростей. Середні

величини біомаси як діатомових, так і дінофітових мікроводоростей у 2016 р. і 2017 р. були майже однаковими.

Примнезієві і криптофітові мікроводорості формували невелику частку біомаси і змінювались відповідно в межах: від 0,2 до 882,3 мг·м<sup>-3</sup> (10.08.2016 і 20.06.2017) і 0,5 – 446,1 мг·м<sup>-3</sup> (20.10.2016 і 14.04.2016) на горизонті 0 м, від 0,5 до 621,7 мг·м<sup>-3</sup> (10.08.2016 і 30.05.2017) і 0,6 – 113,7 мг·м<sup>-3</sup> (01.11.2016 і 10.06.2016) на горизонті 2 м, та від 0,3 до 458,3 мг·м<sup>-3</sup> (25.10.2017 і 25.06.2017) та від 0,03 мг·м<sup>-3</sup> (15.12.2017) до 74,7 мг·м<sup>-3</sup> (22.04.2016) к придонному шарі води.

Біомаса дрібних ціанобактерій була незначною і змінювалась від 0,01 мг·м<sup>-3</sup> (15.06.2017) до 176,3 мг·м<sup>-3</sup> (03.06.2016) на горизонті 0 м, та від 0,2 мг·м<sup>-3</sup> (20.06.2016) до 139,1 мг·м<sup>-3</sup> (20.10.2017) – на горизонті 2 м, на 8 м (рис. 7) – від 0,2 мг·м<sup>-3</sup> до 25,7 мг·м<sup>-3</sup> (05.05.2017 і 20.10.2017 відповідно). Рівень розвитку ціанобактерій у 2016 р. вдвічі перевищував рівень 2017 р.: середня величина біомаси в 2016 р. становила 35±31 мг·м<sup>-3</sup>, а в 2017 р. 14±15 мг·м<sup>-3</sup>.

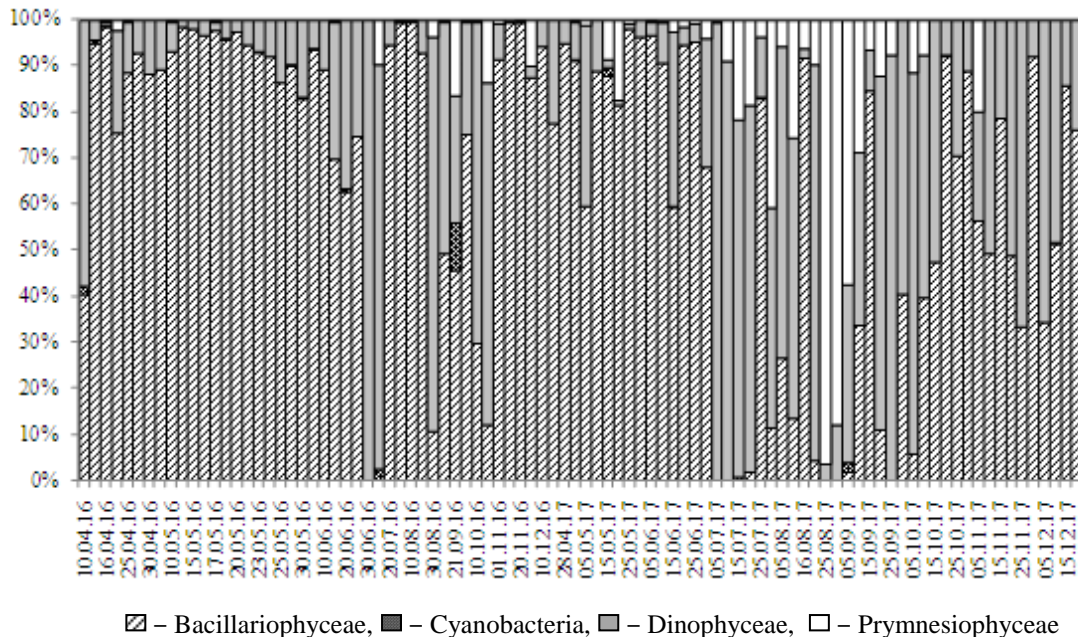
Зелені мікроводорості створювали дуже незначну біомасу як на поверхні (0,01 – 66,0 мг·м<sup>-3</sup>), так і на горизонтах 2 м (0,5–31,3 мг·м<sup>-3</sup>) і 8 м (0,04–66,0 мг·м<sup>-3</sup>). Проте їх середні значення біомаси в 2017 р. (14,9 мг·м<sup>-3</sup>) вдвічі перевищували величини 2016 р. (6,9 мг·м<sup>-3</sup>).

Біомаса золотистих, діктіохових і ебрідеєвих мікроводоростей змінювалась в межах: 0,02–17,2 мг·м<sup>-3</sup>, 0,7–21,2 мг·м<sup>-3</sup> і 1,2–824,1 мг·м<sup>-3</sup> відповідно. При цьому слід відмітити, що у 2016 р. середні величини біомаси ебрідей, золотистих і діктіохових водоростей були більшими, ніж в 2017 р.

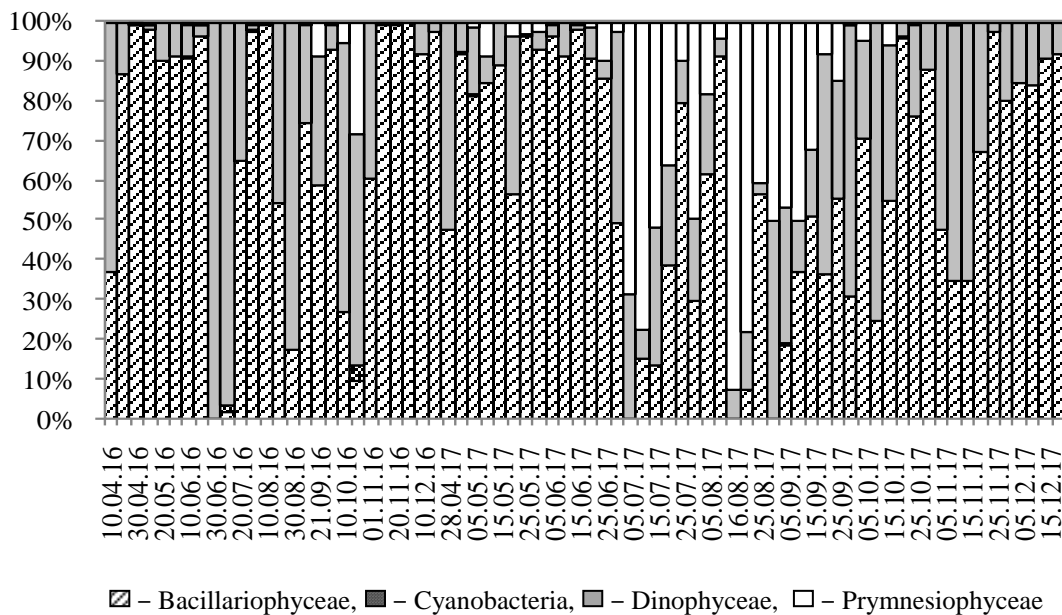
Дрібні хоанофлагелати були знайдені лише в 3 зразках води, при цьому їхня біомаса реєструвалась в межах від 0,4 – 10,6 мг·м<sup>-3</sup>.

Біомаса евгленових змінювалась в межах 0,1 – 783,9 мг·м<sup>-3</sup> на горизонті 0 м, та 0,1 – 64,9 мг·м<sup>-3</sup> на 2 м, та 0,1–41,9 мг·м<sup>-3</sup> на 8 м, при цьому дані 2016 р. значно перевищували дані 2017 р. Дрібні хоанофлагелати були знайдені лише в 3 зразках води, їхня біомаса становила лише 0,4 – 10,6 мг·м<sup>-3</sup>.

Кореляційний аналіз взаємозв'язків біомаси Bacillariophyceae і фізико-хімічних характеристик поверхневого/придонного шару води показав значимі зв'язки з прозорістю води (-0,43/-0,30), солоністю (-0,42/-0,27), ступенем насичення киснем (0,71/0,49), концентрацією кисню (0,37/0,31),



**Рис. 7** – Частка головних таксонів в сумарній біомасі фітопланктону на станції ZPR на горизонті 0 м в 2016–2017 рр.



**Рис. 8** – Частка головних таксонів в сумарній біомасі фітопланктону на станції ZPR на горизонті 8 м в 2016–2017 рр.

водневим показником (0,34/–), а також з кількістю видів у зразках (0,39/0,49), загальними чисельністю і біомасою фітопланктону (0,47/0,33 і 0,99/0,99), чисельністю діатомових (0,47/0,34), чисельністю і біомасою дінофітових (0,77/0,29 і 0,40/0,26), біомасою ціанобактерій (0,44/–), чисельністю і біомасою Harptophyta (0,39/– і 0,43/–), біомасою Chrysophyceae (0,67/–), чисельністю і біомасою криптофітових (–/0,35 і –/0,29.)

Статистичні взаємозв'язки біомаси інших таксонів фітопланктону і фізико-

хімічних характеристик у поверхнево-му/придонному шарі води характеризувались значимими коефіцієнтами кореляції (при  $P > 0,95$ ) для дінофітових водоростей – з прозорістю води (–0,44/–0,47), солоністю (–0,50/–0,53), ступенем насичення киснем (0,50/0,38) та водневим показником на 0 м (0,45); для примнезієвих водоростей – з прозорістю води (–0,34/–0,37), солоністю (–0,30/–0,31), водневим показником (0,31/0,32); криптофітових водоростей – з прозорістю води (–0,32/–), солоністю – лише

в зразках з горизонту 0 м (-0,44); зелених водоростей – з температурою води (-0,39/-0,47), концентрацією кисню на 0 м (0,43); евгленових водоростей – з солоністю на 0 м (-0,58), з температурою води на 2 м (-0,76), концентрацією кисню на 2 м (0,82); ебрідієвих водоростей – з прозорістю води на 2 м (-0,27); золотистих водоростей – лише на горизонті 0 м – з температурою води (0,51) та солоністю (-0,44); ціанобактерій з солоністю на 0 м (-0,48).

За даними аналізу сезонних змін кількісних характеристик фітопланктону, які підкріплені результатами кореляційного аналізу можна зробити висновок про те, що розвиток впродовж 2016–2017 рр. з повних сезонних сукцесії (навесні, влітку та восени) та початок зимової сукцесії в грудні 2017 р. у прибережних водах острова Зміїний були обумовлені циклічністю змін абіотичних характеристик морського середовища [36, 38]. Найбільш важливим абіотичним фактором, який впливав на розвиток фітоценозу як в цілому, та і його окремих складових, в прибережних водах острова визначено солоність морських вод.

Аналіз видів фітопланктону, які реєструвались в зразках показав, що найчастіше були присутні 42 види (табл. 4), хоча не для всіх цих видів їх відносна частка в популяціях була основною. Більшість зазначених видів належали таксонам діатомових і дінофітових, які створювали сезонні угруповання, що відповідали сукцесійним змінам фітопланктону [36–38]. Слід відмітити значний збіг перелічених водоростей (табл. 4) зі списком видів, що були зареєстровані в прибережних водах Одеської затоки у той же період [23], але у прибережних водах острова Зміїний група прісноводних водоростей, зокрема зелених, не мала такого суттєвого розвитку, як в Одеській затоці. Внаслідок різниці кліматичних умов терміни вегетації однакових таксонів фітопланктону в обох районах не співпадали: найпоширеніші види біля о. Зміїний починали розвиток на 2 – 4 тижня раніше, ніж в Одеській затоці.

Результати аналізу видового різноманіття ( $\alpha$ -біорізноманіття) фітопланктону в досліджений період оцінювали за індексом Шенону (H), який був розрахований за кількістю видів та їх чисельності (рис. 9).

У поверхневому шарі води індекс H змінювався від 0,1 біт·кл.<sup>-1</sup> до 3,2 біт·кл.<sup>-1</sup> (25.08.2017, 25.11.2017 і 10.10.2016 відповідно), на горизонті 2 м – від 0,4 біт·кл.<sup>-1</sup> до 3,1 біт·кл.<sup>-1</sup> (20.10.2016, 30.04.2017 і

30.08.2016), і на горизонті 8 м – від 0,02 біт·кл.<sup>-1</sup> до 3,2 біт·кл.<sup>-1</sup> (25.11.2017 і 01.11.2016).

Коефіцієнти взаємкореляції склали між H для горизонтів 0 м та 2 м (0,56), 0 і 8 м (0,62), 2 і 8 м (0,60), що, за нашою думку свідчить про суттєву неоднорідність біорізноманіття фітопланктону в різних шарах води. Треба відмітити, що в 35 зразках води (49 % від загального числа зразків), що були зібрані на 2 м, та в 28 зразках води на 8 м (38 %) індекс H був більше, ніж на 0 м.

Максимальні величини індексу H (близько 3,0 біт·кл.<sup>-1</sup>) спостерігали в період сумісного рівноважного розвитку діатомових, дінофітових, криптофітових та інших водоростей (10.04.2016, 10.09.2016, 30.09.2016, 10.10.2016, 20.05.2017, 30.05.2017). Мінімальні величини індексу (менше 0,5 біт·кл.<sup>-1</sup>) були зареєстровані в моменти переважного розвитку лише 1 виду, наприклад *Skeletonema costatum* (28.04.2017), *Emiliania huxleyi* (20.07.2017), *Leptocylindrus minimus* Gran. (25.11.2017) та ін. Впродовж 2016–2017 рр. середня величина індексу на 0 м становила  $2 \pm 0,5$  біт·кл.<sup>-1</sup>, на 2 м –  $1,8 \pm 0,6$  біт·кл.<sup>-1</sup>, а на 8 м –  $1,7 \pm 0,6$  біт·кл.<sup>-1</sup>. Але середні значення індексу H в 2016 р. трохи перевищували значення 2017 р.: на поверхні – 2,0 біт·кл.<sup>-1</sup> проти 1,7 біт·кл.<sup>-1</sup>, на горизонті 2 м – 2,0 біт·кл.<sup>-1</sup> проти 1,7 біт·кл.<sup>-1</sup>, на горизонті 8 м – 1,9 біт·кл.<sup>-1</sup> проти 1,7 біт·кл.<sup>-1</sup>). Треба відмітити, що величини індексу H у 2016 – 2017 рр. не перевищували значень, які були розраховані для угруповань фітопланктону у попередні роки досліджень [13,14].

Аналіз статистичних взаємозв'язків індексу H з іншими дослідженими характеристиками показав, що значимі (при  $P > 0,95$ ) коефіцієнти кореляції спостерігали: на горизонті 0 м – з кількістю видів (0,48), зі ступенем насичення киснем (0,31), солоністю (-0,24), загальною біомасою (0,26), біомасою діатомових (0,24), чисельністю і біомасою дінофітових (0,26 і 0,27); для горизонту 2 м – з прозорістю (-0,25), ступенем насичення киснем (0,27), солоністю (-0,25), загальними чисельністю (0,24) і біомасою (0,33), кількістю видів (0,47), чисельністю і біомасою діатомових (0,24 і 0,32) та дінофітових (0,33 і 0,24); для горизонту 8 м – лише кількістю видів (0,48), з загальною біомасою (0,28) та біомасою діатомових (0,25). Звертає на себе факт відсутності значимих статистичних взаємозв'язків індексу H з температурою, що свідчить про те, що температурний

Таблиця 4

Перелік видів фітопланктону, що найчастіше реєструвались в зразках води на станції ZPR в 2016–2017 рр.

№№	Вид	Місяці найбільшої чисельності і біомаси
<b>Bacillariophyceae</b>		
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hende	4–6
2	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	4–6
3	<i>Chaetoceros socialis</i> Laud.	4–6
4	<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemm.	4–5
5	<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightw.	4–6
6	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	4–9
7	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.	4–5, 7–10
8	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle	5–6
9	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid.	4–11
12	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	5–8
13	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) Perag.	5, 10, 11
14	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	3–5, 10–12
15	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	4–10
16	<i>Thalassiosira parva</i> Pr.-Lavr.	4–10
<b>Dinophyceae</b>		
17	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujard.	9–12
18	<i>Ceratium tripos</i> (O.F.Muller) Nitzsch.	5, 7, 10
19	<i>Dinophysis acuminata</i> Clap.et Lach.	4–6
20	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh.	5–6
21	<i>Gonyaulax cochlea</i> Meunier	6
22	<i>Gymnodinium lantzschii</i> Utermohl	6
23	<i>Gymnodinium wulffii</i> Sch.	4–9
24	<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kof.et Sw.	6, 9
25	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	4–6, 12
26	<i>Lessardia elongata</i> Saldar. et F.J.R.Taylor	5–7, 9
27	<i>Lyngulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge	5–7, 10
28	<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.	9, 10
29	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe	6, 10–11
30	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Osten.) Dodge	5–7, 10–12
31	<i>Prorocentrum micans</i> Ehren.	5–7, 9–11
32	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schr.	6–10
33	<i>Protoperidinium pellucidum</i> (Bergh) Schutt	4–10
34	<i>Protoperidinium subinermis</i> (Pauls.) Loeb.	6
35	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (St.) Loeb.III	5–7
36	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	4–6, 10, 11
<b>Cyanobacteria</b>		
37	<i>Limnothrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	4–6, 9–11
<b>Prymnesiophyceae</b>		
38	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	4, 6–10
39	<i>Syracolithus schilleri</i> (Kamp.) Norris	8–9
<b>Cryptophyceae</b>		
40	<i>Leucocryptos marina</i> (Braar.) Butcher	4–11
41	<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	4, 5
<b>Ebriophyceae</b>		
42	<i>Ebria tripartita</i> (Schum.) Lemm.	5, 10



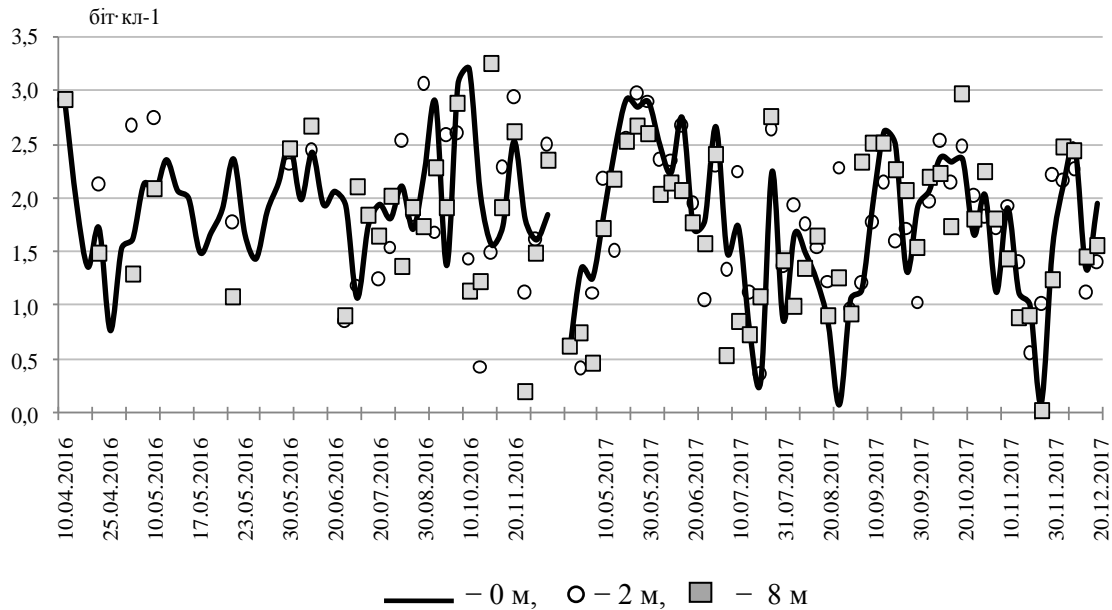


Рис. 9 – Сезонні зміни індексу Шенону (H) на різних горизонтах відбору зразків води на станції ZPR в 2016–2017 рр.

Таблиця 5

Перелік НАВ і РТ видів фітопланктону, для яких спостерігались випадки цвітіння у 2016–2017 рр. у прибережних водах острова Зміїний

№	Таксон, вид	Діагноз	Максимальна чисельність, кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$	Максимальна біомаса, мг $\cdot \text{м}^{-3}$
<b>Bacillariophyceae</b>				
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	HAB	14594,6	714,8
2	<i>Chaetoceros affinis</i> Laud.	HAB	2432,4	2865,6
3	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	HAB	4130,7	8409,2
4	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	HAB	10934,2	3130,3
5	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.	HAB	2970,0	94,5
6	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle	HAB	26106,5	207911,0
7	<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sunst.	HAB	1167,2	5704,2
8	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid.	РТ	34898,7	4239,0
9	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Gr. et Cl.) Hasle	РТ	2146,7	647,4
10	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) Perag.	РТ	8141,1	6445,2
11	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	HAB	216,7	24940,5
12	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	HAB	78383,5	9570,6
13	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	HAB	2117,7	169,2
14	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	РТ	1583,9	1313,7
<b>Chlorophyceae</b>				
15	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	HAB	2375,2	27,3
<b>Cyanobacteria</b>				
16	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	РТ	1735,6	21,4
17	<i>Limnithrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	HAB	46861,0	165,4
18	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz.	TX	42077,9	2,9
19	<i>Woronichinia naegeliana</i> (Ung.) Elenk.	HAB	1600	6,7
<b>Dinophyceae</b>				
20	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Osten.) Dodge	HAB	7279,2	4630,8
<b>Prymnesiophyceae</b>				
21	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	HAB	13486,8	882,3

Примітка: Періоди розвитку видів мікрободоростей наведені в табл. 1.

режим морських вод в районі острова Зміїний не впливає на різноманіття фітопланктону.

Окрему особливу увагу при дослідженні видового складу і структури фітоценозу приділяли потенційно токсичним видам (РТ, ТХ) і видам, що здатні сягати рівня цвітіння (НАВ), які небезпечні для існування зоопланктону, риб і ссавців [29–31]. В зразках води, зібраних в 2016–2017 рр. в прибережній смузі острова, було зареєстровано появу 54 видів цієї групи: діатомових водоростей – 12 НАВ і 4 РТ види; дінофітових водоростей – 7 НАВ і 17 РТ і 1 ТХ вид; ціанобактерій 2 НАВ і 3 РТ і 1 ТХ вид; зелених водоростей – 1 РТ вид; золотистих водоростей – 1 РТ вид; діктіохових водоростей – 1 РТ вид; ебрідієвих водоростей – 2 НАВ види; евгленових водоростей – 1 НАВ вид; примнезієвих водоростей – 1 НАВ вид.

За нашими даними (табл. 5), лише 21 вид фітопланктону з цієї групи досягав загрозового рівня цвітіння. На протязі 2016–2017 рр. було зафіксовано цвітіння 4 потенційно токсичних видів діатомових водоростей, 1 токсичного та 1 потенційно токсичного виду

у ціанобактерій, які продукують у воду отруйні речовини, а також деякі інші види мікроводоростей, що в періоди цвітіння формували дуже великі значення або чисельності, або біомаси. Слід зазначити, що помітне збільшення частки НАВ і РТ видів в 2016–2017 рр., у порівнянні з результатами досліджень у 2003–2010 рр. [10, 39], свідчить про зростання їх загрози для розвитку біоти в останні роки.

Враховуючі той факт, що цвітіння мікроводоростей навесні та восени у прибережних водах острова викликають різке погіршення якості водного середовища, у відповідності до рекомендацій Водної рамкової директиви [20] та оціночних критеріїв, що впроваджені в Україні, Румунії та Болгарії [28], нами було проведено оцінку якості водного середовища у 92 зразках фітопланктону з поверхневих горизонтів та 74 зразках води з придонного горизонту по 3 метриках фітопланктону (сумарна чисельність, сумарна біомаса та індекс Шелдону (Sh), який модифікований з індексу Шенону (H), результати якої зведено в таблицю 6.

**Таблиця 6**  
Оцінка якості морської води за метриками фітопланктону у 2016–2017 рр.

<i>Якість морського середовища</i>	<i>Висока (High)</i>	<i>Добра (Good)</i>	<i>Середня (Moderate)</i>	<i>Низька (Poor)</i>	<i>Погана (Bad)</i>
<b>За біомасою, мг·м<sup>-3</sup></b>	<b>≤700</b>	<b>701–950</b>	<b>951–2500</b>	<b>2501–5000</b>	<b>≥5000</b>
Кількість зразків на 0 м, п (%)	29 (31)	7 (8)	6 (7)	9 (10)	41 (44)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	42 (57)	2 (3)	5 (7)	8 (11)	17 (23)
Місяць / рік	7–10,12/2016; 5, 7–11/2017	4–6, 12/2016; 7, 10–12/2017	9, 11/2016;5, 7, 12/2017	4, 6, 10/2016;4, 7, 9–11/2017	4–9, 11/2016; 4–7, 10, 12/2017
<b>За чисельністю, кл.·10<sup>3</sup>·л<sup>-1</sup></b>	<b>≤500</b>	<b>501–800</b>	<b>801–1500</b>	<b>1501–3000</b>	<b>≥3000</b>
Кількість зразків на 0 м, п (%)	4 (4)	8 (9)	14 (15)	10 (11)	56 (61)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	9 (12)	7 (9)	10 (13)	15 (20)	33 (44)
Місяць / рік	8, 10, 11/2016; 9/2017	6, 8/2016; 5, 8–11/2017	7, 10, 12/2016;7–11/2017	7, 9, 12/2016; 7–9, 11–12/2017	4–9, 11/2016;4–10, 12/2017
<b>За індексом Sh</b>	<b>0,8–1,2</b>	<b>0,5–0,8</b>	<b>0,3–0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>
Кількість зразків на 0 м, п (%)	5 (5)	17 (18)	39 (42)	22 (24)	9 (10)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	2 (3)	22 (30)	26 (35)	16 (22)	8 (11)
Місяць / рік	3, 10/2016; 5/2017	7–9, 11/2016; 5–6, 9–10, 12/2017	4–8, 10–12/2016; 6–12/2017	4–6, 9, 11–12/2016; 4–5, 7–9, 11/2017	4/2016; 4, 7, 8, 11–12/2017

Аналіз отриманих нами даних показав наступне:

– «Низька» або «погана» якість води за біомасою мікродоростей ( $\geq 5000 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ), яку спостерігали переважно в періоди сезонних цвітінь, була зареєстрована у 54 % зразків на поверхні та лише у 34 % зразків в придонному шарі. Оцінки «висока», «добра», або «середня» реєструвалась у 46 % і 66 % зразків відповідно.

– «Низька» або «погана» якість води за чисельністю мікродоростей ( $\geq 3000 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ ), яку також спостерігали в періоди сезонних цвітінь, була у 72 % зразків у поверхневому шарі води та у 64 % зразків в при-

донному горизонті. «Низька» або «погана» якість води за індексом Шелдону ( $\leq 0,2$ ) була лише у 34 % зразків на поверхні та у 33 % зразків в придонних шарах. «Висока», «добра», або «середня» оцінки були притаманні 66 % і 67 % зразкам відповідно.

Таким чином можна зробити висновок про те, що якість води в поверхневих шарах води в районі острова Зміїний, яка оцінена нами за основними метриками фітопланктону, була значно гіршою, ніж для придонних шарів води, що, за нашою думкою, обумовлено впливом річкового стоку Дунаю, який спостерігається, насамперед, в поверхневих шарах води.

### Висновки

З квітня 2016 р. по грудень 2017 р. в прибережних водах о. Зміїний було зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae (80 видів), дінофітові – Dinophyceae (82 види), зелені – Chlorophyceae (25 види), ціанобактерії – Cyanobacteria (11 видів), примнезієві – Prymnesiophyceae (17 видів), еугленові – Euglenoidea (6 видів), золотисті – Chrysophyceae (4 види), криптофітові – Cryptophyceae (6 видів), діктіохові – Dictyochophyceae (3 види), хоанофлагеляти – Choanoflagellata (2 види), ебрідеєві – Ebriophyceae (2 види). Вперше було зареєстровано появу 11 прісноводних дінофітових видів: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium necoides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantzschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch.

Зменшення солоності поверхневих шарів води навесні кожного року до 11–13 ‰, внаслідок зростання впливу річкового стоку Дунаю, викликало збільшення сумарних величин чисельності і біомаси фітопланктону. Це підтверджено результатами кореляційного аналізу, який був проведений по отриманому в 2016–2017 рр. масиву планктонних і гідролого-гідрохімічних даних. Високі значимі коефіцієнти кореляції для сумарної чисельності фітопланктону були зафіксовані з солоністю, прозорістю води, відносною насиченістю киснем. Для

біомаси фітопланктону значимі тісні кореляційні зв'язки спостерігали лише з відносною насиченістю киснем.

Показано, що впродовж 2016–2017 рр. у прибережних водах острова Зміїний зареєстровано 4 сезонних максимуми розвитку мікродоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону. При цьому відмічено, що влітку 2017 р. період максимуму був тривалішим (на 2–3 тижня), ніж у 2016 р., а рівень розвитку (по чисельності і біомасі) у жовтні та грудні 2017 р. на 1–2 порядки перевищував рівні 2016 р. Порівняння величин отриманих нами даних з отриманими у попередні роки дозволило зробити висновок про збільшення кількісних характеристик фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний у 2016–2017 рр.

Встановлено, що провідну роль в формуванні сумарних величин чисельності та біомаси фітопланктону прибережних вод острова Зміїний відігравали діатомові (в середньому 65 – 80 % від сумарних величин), дінофітові водорості (в середньому 4 – 20 %) і ціанобактерії (в середньому 2 – 35 %), інші водорості мали помітний розвиток лише в окремі сезони. Максимуми вегетації діатомових водоростей визначали початок 1 і 2 стадій сезонних сукцесій, а максимуми дінофітових водоростей – 3 стадії, при цьому доміанти у видовому складі кожної стадії змінювалися відповідно до сезону. Показано, що у зразках фітопланктону в дослідженому районі найчастіше зустрічались 42 види. Більшість зазначених видів

належали таксонам діатомових і дінофітових, які створювали сезонні угруповання, що відповідали сукцесійним змінам фітопланктону. Відмічено значний збіг перелічених водоростей з аналогічним списком видів, що знаходили в прибережних водах Одеської затоки у той же період, але у прибережних до острова Зміїний водах група прісноводних водоростей, зокрема зелених, не мала такого суттєвого розвитку. Показано, що терміни вегетації мікрводоростей у прибережних водах о. Зміїний починались на 2–4 тижня раніше, ніж в Одеській затоці.

Восени та у середині грудня 2017 р. чисельність діатомових майже вдвічі перевищувала аналогічні дані 2016 р. В 2016 р. періоди максимальної чисельності діатомових водоростей реєстрували у квітні–травні, липні, вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, травні, липні, вересні, жовтні та грудні. Періоди мінімальної чисельності діатомових водоростей супроводжували зміни в структурі угруповань фітопланктону: замість них розвивалися дінофітові і криптофітові водорості.

Впродовж 2016 р. було зареєстровано проходження 4 сезонних сукцесій з максимальним розвитком (за біомасою) діатомових в квітні–травні, серпні та листопаді. Було відмічено значне збільшення терміну весняного максимуму діатомових в 2016 р. (до червня) у порівнянні з даними, отриманими у попередні роки. В 2017 р. термін весняного максимуму діатомових водоростей був коротше (квітень), влітку спостерігали 2 максимуми (липень и серпень), а восени максимуми фіксували у вересні, жовтні та грудні. Циклічність розвитку дінофітових водоростей також визначила проходження 4 сезонних сукцесій, а їх максимуми реєстрували на 2–3 тижня після максимумів діатомових водоростей. Сумарні величини біомаси як діатомових, так і дінофітових водоростей в 2016 р. і 2017 р. були майже однаковими. Примнезієві і криптофітові водорості визначені як остання, 4 стадія сезонної сукцесії, при цьому низька солоність дуже обмежувала рівень їхнього розвитку. Максимуми чисельності цих водоростей в дослідженому районі реєстрували за 3–4 тижня після активного розвитку діатомових та дінофітових водоростей. Періоди появи поблизу острова зелених водоростей і ціанобактерій співпадали, та були пов'язані з річковими водами,

при цьому величини чисельності у 2016 р. значно перевищували величини 2017 р. (на 2–4 порядки). Сумарна чисельність дрібних колоніальних ціанобактерій на горизонті 0 м сягала  $4 - 48597 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$  (15.07.2017 і 03.06.2016 відповідно), а на 2 м вона була значно меншою ( $2 - 13891 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ ). В окремі короткочасні періоди ціанобактерії майже цілком витісняли діатомові водорості в угрупованнях фітоценозу (18.05.2016, 10.07.2016, 21.09.2016, 15.05.2017, 20.10.2017). Частка видів інших 5 таксонів не була помітною в формуванні сумарних величин фітопланктону. Прісноводні евгленові водорості розвивалися у прибережній смузі одночасно з ціанобактеріями і зеленими водоростями. Золотисті водорості спостерігали переважно у квітні–травні (2016 р. і 2017 р.), а також у листопаді–грудні (2017 р.). Діктіюхові і ебрідієві морські види також віднесені до 4 стадії сезонної сукцесії, тому терміни їх розвитку співпадали з термінами розвитку примнезієвих і криптофітових водоростей. Холодолюбні морські хоанофлагеляти відмічали у квітні и грудні.

Оцінка біорізноманіття фітопланктону, яке оцінено за індексом Шенону, в 2016–2017 р. показало максимальні величини індексу (близько  $3,0 \text{ біт} \cdot \text{кл.}^{-1}$ ) спостерігали в періоди сумісного рівноважного розвитку діатомових, дінофітових, криптофітових та інших водоростей (10.04.2016, 10.09.2016, 30.09.2016, 10.10.2016, 20.05.2017, 30.05.2017). Мінімальні величини індексу (менше  $0,5 \text{ біт} \cdot \text{кл.}^{-1}$ ) були зареєстровані в моменти переважного розвитку 1 виду: *Skeletonema costatum* (28.04.2017), *Emiliania huxleyi* (20.07.2017), *Leptocylindrus minimus* Gran. (25.11.2017).

В 2016–2017 рр. в прибережних водах острова Зміїний, було зареєстровано появу 54 потенційно токсичні (РТ, ТХ) здатних сягати рівня цвітіння (НАВ) видів фітопланктону: 16 – діатомових, 25 – дінофітових, 6 – ціанобактерій, 2 – ебрідієвих, та по 1 – зелених, золотистих, діктіюхових, евгленових, примнезієвих водоростей. Було зафіксовано цвітіння 4 РТ видів діатомових водоростей, 1 ТХ вид та 1 РТ вид ціанобактерій. Зареєстровано збільшення частки НАВ і РТ видів в 2016–2017 рр. у порівнянні з попередніми періодами.

Якість прибережних вод, яка була оцінена за основними метриками фітопланкто-

ну, на протязі досліджень змінювалась в досить широкому інтервалі від «поганої» до «високої», хоча середня оцінка якості знаходиться ближче до оцінки «помірна якість», що свідчить про нестабільність стану фітоценозу в екосистемі морських прибережних вод у 2016–2017 рр.

Роботу було виконано в рамках НДР «Провести морські екосистемні дослідження та розробити наукову основу для впровадження Директиви ЄС з морської стратегії», який фінансується з бюджету МОН України у 2016 – 2019 рр. з використанням експериментальних даних, що були отримані за фінансовою допомогою

міжнародного проекту EMBLAS – II «Поліпшення моніторингу навколишнього середовища Чорного моря», який фінансувався ЄС та UNDP.

Автори висловлюють щире подяку Снігірьову С.М., Медінцю С.В., Мілевій А.П., Світлічній К.О., Піцику В.З., Абакумову О.М., Снігірьову П.М. – співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова за збір зразків, проведення первинних спостережень та виконання фізико-хімічних та гідрохімічних аналізів.

### Література

1. Виноградова Л. А., Василева В. Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря. – СПб: Гидрометеоздат, УкрНЦЕМ, Одесса, 1992. 107 с.]
2. Зайцев Ю. П., Гаркавая Г. П., Нестерова Д. А., Полищук Л. Н. Дунай – основной источник эвтрофирования Черного моря. *Гидробиол. журн.* 1989. Т. 25, № 4. С. 21 – 24.
3. Грузов Л.Н., Люмкис П.В., Нападовский Г.В. Исследование пространственно–временной структуры планктонных полей северной половины Черного моря в 1992–93 гг. *Исследование экосистемы Черного моря*. Вып. 1. Одесса, “ИРЭН–ПОЛИГРАФ”, 1994. С. 94–127.
4. Украинский В.В., Попов Ю.И., Орлова И.Г., Дерезюк Н.В., Балатюк С.В., Танасюк Е.Г. Изменчивость кислородного режима и гидрологической структуры вод северо–западного шельфа Черного моря в летне–осенний период 1998 года. *Метеорология, климатология и гидрология*. 2001, вып. 43. С. 211 – 222.
5. Стан довкілля Чорного моря: Національна доповідь України. 1996–2000 рр. Одесса: Астропринт, 2002. С. 55–57.
6. Oguz T., Velikova V. Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2010. 405 P. 231-242.
7. Yunev O.A., Velikova V., Carstensen J. Effects of changing nutrient inputs on the ratio of small pelagic fishstock and phytoplankton biomass in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2017, 197, P.173-184.
8. Нестерова Д.А. Дунай – показатель состояния прибрежного фитопланктона. *Наукові записки Тернопільського Педуніверситету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск „Гідроекологія”*. 2005, № 4 (27). С. 162–164.
9. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. и др. Северо–западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. С. 432 – 433.
10. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія / В.А. Сминтина, В.І. Медінець. І.О. Сучков [та ін.]; відп. ред. В.І. Медінець; Одес. Нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. Одеса: Астропринт, 2008. XII, 228 с., [10] арк. іл. – (Наук. проект «Острів Зміїний» / керівник проекту В.А. Сминтина). ISBN 978-966-190-149-9.
11. Дерезюк Н.В. Весенне–летний фитопланктон района о. Змеиный и прилегающих акваторий. *Вісник ОНУ*. 2005. 10, вип.4, Біологія.– С. 159–165.
12. Дерезюк Н.В. Медінець В.И., Конарева О.П. Результаты мониторинга состояния фитопланктона в прибрежных водах острова Змеиный в 2004-2006 гг. *Зб. наук. ст. Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічні проблеми Чорного моря” (31 травня-1 червня 2007 р., Одеса)*. Одеса: ІНВАЦ, 2007. С. 82-85. ISBN 978-966-8885-37
13. Derezyuk N., Medinets V. Analysis of biodiversity of phytoplankton on the Ukrainian Black Sea shelf (the end of XX – beginning of XXI century) ). *2nd biannual and Black sea Scene EC project joint conf. “Climate change in the BSHOT scenarios and mitigation strategy for the ecosystem” (6 – 9 oct. 2008, Sofia)*. – Sofia, 2008. P. 52.
14. Дерезюк Н.В. Особливості розвитку фітопланктону в прибережних водах о. Зміїний (2003-2009 рр.): *Наук. зап. Терноп. Нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія*. 2010. № 3 (44). С. 75-78.

15. Dereziuk N., Medinets V. Phytoplankton Population Structure Dynamics in Coastal Waters of the Zmiinyi Island in the Black Sea (2004-2012). *Abstract Book of the 4-th Bi-annual Black Sea Scientific Conference, (28–31 October, 2013, Constanta, Romania)*. Constanta, 2013. P. 67–68.
16. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігір'єв С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
17. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
18. Проект UNDP- EU «Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, Фаза 2 - EMBLAS-II» (2015-2018). <http://www.emblasproject.org>
19. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Київ, 2006. 240 с.
20. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). 22 p. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF>
21. Moncheva S. and Par V. Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea, GEF/UNDP Black Sea Ecosystem Recovery Project (BSERP)-RER/01/G33/A/1G/31, EC, FP7, Upgrade Black Sea Scene Project, 2005 (updated-2010). Istanbul, 67 P.
22. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений/ под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 190 с.
23. Дерезюк Н. В., Медінець В.І., Газетов Є.І., Люмкіс П.В. Дослідження фітопланктону Одеської затоки в 2016-2017 рр. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, серія «Екологія»*, вип.18, 2018. С. 42 – 60.
24. Algaebase: Listing the World's Algae. URL: <http://www.algaebase.org/index.lasso>
25. WoRMS Editorial Board (2018). World Register of Marine Species. URL: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-05-11. doi:10.14284/170
26. Программа для первичной математической обработки гидробиологических проб “TRITON”. Свид. Гос. регистр. ПА № 3322, 15.08.2000 г.
27. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей–индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с. ISBN 965-7272-18-1.
28. Мончева С. Общие замечания к методике количественного учета фитопланктона и использование интегральной оценки состояния фитопланктона для определения качества морской среды (методика расчета, шкалы оценки качества) / Семинар “Организация биологического мониторинга Черного моря с борта судна и на стационарных прибрежных станциях, 22-25 февраля 2016. Одесса, 19 С. <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2016/02/EMBLAS-Presentation-phytoplankton.pptx>
29. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. 288 с.
30. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/>.
31. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins (Basel)*; 2010. 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 [www.mdpi.com/journal/toxins](http://www.mdpi.com/journal/toxins) doi:10.3390/toxins2051019
32. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігір'єв С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
33. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
34. Derezyuk Nataliia. Species Diversity of Phytoplankton within the Coastal Waters of the Zmiinyi Island (2003 – 2010). Materials of the 3-rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1 – 4 November 2011. P. 202.
35. Kotogura S.S., Derezyuk N.V. Studies of abiotic characteristics influence on phytoplankton species diversity in the coastal waters of the Zmiinyi Island. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: Proceeding of the V International young scientists conference*. Odessa: Pechatnyi Dom, 2011. P. 33.
36. Виноградова Л.А., Машгакова Г.П., Дерезюк Н.В. Сукцессионные изменения в фитопланктоне северо-западной части Черного моря. Исследования экосистемы пелагиали Черного моря. М. Наука. 1986. С. 170- 179.

37. Dereziuk N.V. Successions of Diatom algae (Bacillariophyta) in the Zmiinyi Island coastal waters (Ukraine). In: «Proceedings of XIII International scientific algological conference «The Diatoms: present and future studies» (24-29 August 2013 Borok, Russia)». Kostroma, 2013. P.160. ISBN 978-5-91806-010-0
38. Дерезюк Н.В. Характеристика диатомового планктона в районе о. Змеиний (1993-2010): тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы Черного моря» (Одесса, 27-28 октября 2011 г.), Одесса: ИНВАЦ, 2011. С.108-111.
39. Medinets V., Derezyuk N., Kovalova N., Medinets S. Toxic Algae Investigations in Coastal Waters of the Zmiinyi Island. Materials of the 3-rd Biannual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1–4 November 2011. P. 52-53.

### *References*

1. Vinogradova L.A., Vasileva V.N. (1992) Mnogoletnyaya dinamika i modelirovanire sostoyania ekosistemi pribregnykh vod severo-zapadnoi chasti Chornogo moray [Long-term dynamics and modeling of the state of the ecosystem of the coastal waters of the northwestern part of the Black Sea]. – SPb: Gidrometeoizdat, UkrNCEM, Osessa, 107 (In Russian).
2. Zaitsev Yu.P., Garkavaya G.P., Nesterova D.A., Polischuk L.N. (1989) Dunay – osnovnoi istochnik evtrofirovaniya Chornogo morya [Danube – the main source of eutrophication of the Black Sea]. *Gidrobiol. Zhurn.*, 25 (4), 21-24 [In Russian].
3. Hruzov L.N., Lumkys P.V., Napadovskyy H.V. (1994) Yssledovanye prostranstvenno–vremennoy struktury planktonnykh poley severnoy poloviny Chornogo morya v 1992–93 hh [Study of the spatial – temporal structure of plankton fields in the northern half of the Black Sea in 1992–93]. *Yssledovanye ekosystemy Chornogo morya*, 1, 94–127 [In Russian].
4. Ukraynsky V.V., Popov Yu.Y., Orlova Y.H., Derezyuk N.V., Balatyuk S.V., Tanasyuk E.H. (2001) Yzmenchivost' kyslorodnoho rezhyma y hydrolohycheskoy strukture vod severo–zapadnoho shel'fa Chornogo morya v letne–osenny peryod 1998 hoda [The variability of the oxygen regime and the hydrological structure of the waters of the north-western shelf of the Black Sea in the summer-autumn period of 1998]. *Meteorology, climatology and hydrology*, (43), 211 – 222. [In Russian].
5. Stan dovkillya Chornogo morya: Natsional'na dopovid' Ukrayiny. 1996–2000 rr. [Environmental status of the Black Sea: National Report of Ukraine. 1996-2000]. (2002). Odessa: Astroprynt, 55–57 [In Ukrainian].
6. Oguz T., Velikova V. (2010) Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 405, 231-242 [in English].
7. Yunev O.A., Velikova V., Carstensen J. (2017). Effects of changing nutrient inputs on the ratio of small pelagic fishstock and phytoplankton biomass in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 197, 173-184 [in English].
8. Nesterova D.A. (2005). Dunay – pokazatel' sostoyannya prybrezhnoho fytoplanktona [Danube – an indicator of the state of coastal phytoplankton]. *Naukovi zapysky. Ternopil's'kyy Peduniversytet im. V. Hnatyuka. Seriya: Biolohiya. Spetsial'nyy vypusk „Hidroekolohiya”*, 4 (27), 162–164 [In Russian].
9. Zaytsev Yu.P., Aleksandrov B.H., Mynycheva H.H. i dr. (2006). Severo–zapadnaya chast' Chornogo morya: byolohyya i ekolohyya [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kyev: Naukova dumka, 432 – 433 [In Russian].
10. Smyntyna V.A., Medinets V.I., Suchkov I.O. et.al. (2008). Ostriv Zmiinyi: Ecosystema pryberezhnykh vod [Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters]. Odessa: Astroprynt, 228. ISBN 978-966-190-149-9. [In Ukrainian].
11. Derezyuk N.V. (2005). Vesenne–letnyy fytoplankton rayona o. Zmeynyy i prylehayushchykh akvatoryy [Spring – summer phytoplankton of the Zmeiny Island and adjacent water areas]. *Visnyk ONU Biolohiya*, 10 (4), 159–165 [In Russian].
12. Derezyuk N.V., Medynets V.Y., Konareva O.P. (2007). Rezul'taty monytorynha sostoyannya fytoplanktona v prybrezhnykh vodakh ostrova Zmeynyy v 2004-2006 hh [The results of monitoring the state of phytoplankton in the coastal waters of Zmeiny Island in 2004-2006]. *Zb. nauk. st. Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Ekolohichni problemy Chornogo morya»*, Odesa: INVATs, 82-85 [In Russian].
13. Dereziuk N., Medinets V. (2008). Analysis of biodiversity of phytoplankton on the Ukrainian Black Sea shelf (the end of XX – beginning of XXI century). 2nd biannual and Black sea Scene EC project joint conf. «Climate change in the BSHOT scenarios and mitigation strategy for the ecosystem», Sofia, 52 [in English].
14. Derezyuk N.V. (2010). Osoblyvosti rozvytku fitoplanktonu v pryberezhnykh vodakh o. Zmiyinyy (2003-2009 rr.) [Features of the development of phytoplankton in the coastal waters of the Zmeiny Island (2003-2009)]. *Nauk. zap. Ternop. Nats. ped. un-tu im. V. Hnatyuka. Ser. Biol., Spets. vyp.: Hidroekolohiya*. (3(44)), 75-78. [In Ukrainian].
15. Dereziuk N., Medinets V. (2013). Phytoplankton Population Structure Dynamics in Coastal Waters of the Zmiinyi Island in the Black Sea (2004-2012). *Abstract Book of the 4-th Bi-annual Black Sea Scientific Conference*, Constanta, 67–68 [in English].

16. Kovalova N.V., Medinets V.I., Mileva A.P., Botnar M.G., Snigirov S.M., Gazyetov Ye.I., Medinets S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybereznykh morskykh vod Odeskoyi zatoky i raionu ostrivu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative characteristics of marine coastal waters in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (16), 132-140 [In Ukrainian].
17. Gazyetov, Ye.I., Medinets, V.I. (2016) Issledovanie izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribreznykh morskikh vod u o. Zmeinyy v 2004-2013 gg. [Investigation of the basic physico-chemical characteristics variability in the Zmiinyi coastal sea waters in 2004-2013]. *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology*, 21 (2(29)), 24-45 [In Russian].
18. UNDP-EU Project «Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II» (2015-2018). <http://www.emblasproject.org>
19. Vodna ramkova durektyva YeS 2000/60/EC (2006). [EU Water Framework Directive 2000/60/EC]. Kyiv, 240 [In Ukrainian].
20. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (MSFD). – 22. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF> [in English].
21. Moncheva S. and Par B. (2005). Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea, GEF/UNDP Black Sea Ecosystem Recovery Project (BSERP)-RER/01/G33/A/1G/31, EC, FP7, Upgrade Black Sea Scene Project, Istanbul, 67 [in English].
22. Tsyban' A.V. (1980) Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniy [Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 191 [in Russian].
23. Derezyuk N. V., Medinets' V.I., Hazyetov YE.I., Lyumkis P.V. (2018). Doslidzhennya fitoplanktonu Odes'koyi zatoky v 2016-2017 rr. [Odessa bay phytoplankton investigations in 2016-2017]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series Ecology»*, (18), 42 – 60 [In Ukrainian].
24. Algaebase: Listing the World's Algae: <http://www.algaebase.org/index.lasso> [in English].
25. WoRMS Editorial Board (2018). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-05-11. doi:10.14284/170 [in English].
26. Programma dlya pervichnoy matematicheskoy obrabotki gidrobiologicheskikh prob «TRITON» (2000). [Software for primary mathematical processing of hydrobiological samples «TRITON»]. Certificate of State registration PA № 3322 [In Russian].
27. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. (2006) Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhayushej sredi [Biodiversity of algae – indicators of environment]. Tel Aviv: Pilies Studio, 498 [In Russian].
28. Moncheva S. (2016). Obschie zamechaniya k metodike kolichestvennogo ucheta fitoplanktona I ispolzovanie integralnoy otsenki sostoyaniya fitoplanktona dlya opredeleniya kachestva morskoy sredy (metodika rascheta, shkaly otsenki kachestva) [General remarks on the methodology of quantitative counting of phytoplankton and use of phytoplankton integrated state assessment for marine environment quality determination (calculation methodology, quality assessment scales)]. Workshop «Organisation of the Black Sea biological monitoring from ship and at coastal stations», 19. <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2016/02/EMBLAS-Presentation-phytoplankton.pptx> [In Russian].
29. Ryabushko L.I. (2003) Potentsialno opasnye mikrovdorosli Azovo-Chernomorskogo basseyna [Potentially dangerous microalgae of the Azov-Black Seas basin]. Sevastopol: EKOSI – Gidrofizika, 288 [In Russian].
30. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/> [in English].
31. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A (2010) Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins* (Basel). 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 [www.mdpi.com/journal/toxins](http://www.mdpi.com/journal/toxins) doi:10.3390/toxins2051019 [in English].
32. Kovalova N.V., Medinets V.I., Mileva A.P., Botnar M.G., Snigirov S.M., Gazyetov Ye.I., Medinets S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybereznykh mors'kykh vod Odes'koi zatoky I raiony ostrovu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative assessment of coastal waters quality in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (16), 132-140. [In Ukrainian].
33. Gazyetov Ye.I., Medinets V.I. (2016). Issledovaniye izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribreznykh morskikh vod u o.Zmiinyi v 2004-2014 gg. [Study of the main physicochemical characteristics variability in the Zmiinyi Island coastal waters in 2004-2014.] *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University*, 21(2(29)), 24-45. [In Russian].
34. Derezyuk Nataliia (2011). Species Diversity of Phytoplankton within the Coastal Waters of the Zmiinyi Island (2003 – 2010). *Materials of the 3-rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 202* [in English].



35. Kotogura S.S., Derezyuk N.V. (2011). Studies of abiotic characteristics influence on phytoplankton species diversity in the coastal waters of the Zmiinyi Island. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: Proceeding of the V International young scientists conference*. Odessa: Pechatnyi Dom, 33 [in English].
36. Vynogradova L.A., Mashtakova H.P., Derezyuk H.B. (1986). Suktessyonye yzmenenyya v fytoplanktone severo-zapadnoy chasty Chernoho morya. Yssledovannya ekosystemy pelahyapy Chernoho morya. Moskow: Nauka, 170- 179 [In Russian].
37. Dereziuk N.V. (2013). Successions of Diatom algae (Bacillariophyta) in the Zmiinyi Island coastal waters (Ukraine). In: «Proceedings of XIII International scientific algological conference «The Diatoms: present and future studies» (24-29 August 2013 Borok, Russia)». Kostroma, 160. ISBN 978-5-91806-010-0 [in English].
38. Derezyuk N.V. (2011). Kharakterystyka dyatomovoho planktona v rayone o. Zmeyny (1993-2010) [Characteristics of diatom plankton in the area of the Zmeyny Island (1993-2010)]. *Tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Ekolohycheskye problemy Chernoho morya»*, Odessa: YNVATs, 108-111 [In Russian].
39. Medinets V., Derezyuk N., Kovalova N., Medinets S. (2011). Toxic Algae Investigations in Coastal Waters of the Zmiinyi Island. *Materials of the 3-rd Biannual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference*. Odessa, Ukraine, 52-53 [in English].

Надійшла до редколегії 27.10.2018