

УДК 581.526.325

ДЕРЕЗЮК Н. В., МЕДИНЕЦЬ В. І., канд. фіз.-мат. наук, с. н. с.

ГАЗЕТОВ Є. І., ЛЮМКІС П. В.

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, м. Одеса, Україна

пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: n.derezyuk@onu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ 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 Одеської затоки виконано за стандартними методами. Консервацію зразків здійснено з використанням формаліну. Для обробки зразків використано мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематика мікроводоростей і ціанобактерій застосована у відповідності до стандартів міжнародних баз. **Результати.** У видовому складі зареєстровано 258 видів фітопланктону. Показано, що головними таксонами фітопланктону є Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae і Cyanobacteria. Роль інших таксонів менш значна, і їх поява викликана впливом річкових вод. Зафіксовано розвиток 54 видів фітопланктону, що відносяться до групи потенційно небезпечних (токсичних), серед яких тільки 12 видів сягали рівня цвітіння. Виконано аналіз кількісних характеристик *Noctiluca scintillans*, здатних значно змінювати структуру таксона Dinophyceae в періоди інтенсивного розмноження. **Висновки.** Вперше за останні 20 років у 2016-2017 рр. в прибережних водах Одеської затоки проведено спостереження річного циклу кількісних характеристик фітопланктону. Значних змін у складі таксонів мікроводоростей і збільшенні частоти цвітіння у порівнянні з історичними даними не виявлено. Якість прибережних морських вод Одеської затоки за біологічним елементом якості (фітопланктон) у відповідності з критеріями Водної рамкової директиви оцінено як "Задовільний".

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

Derezyuk N. V., Medinets V. I., Gazyetov Ye. I., Liumkis P. V.

ODESSA BAY PHYTOPLANKTON INVESTIGATIONS IN 2016-2017

Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine

Purpose. To reveal seasonal changes of phytoplankton quantitative characteristics including biodiversity and species composition of potentially dangerous (toxic) species. **Methods.** Phytoplankton sampling in Odessa bay coastal waters and samples analyses were carried out using standard methodologies. The samples were preserved using formalin. Microscopes HUND-H600 and OLIMPUS-BH2 have been used for samples analyses. Classification of microalgae and Cyanobacteria was done according to the standards of the international database. **Results.** Species composition of phytoplankton comprised 258 species. It was shown that the dominant phytoplankton species were Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae and Cyanobacteria. The role of other taxa was less significant and their occurrence was due to river water influence. Development of 54 phytoplankton species, which refer to the group of potentially harmful (toxic) was registered; only 12 out of their number reached blooming level. Quantitative characteristics of *Noctiluca scintillans*, which can significantly change the structure of Dinophyceae taxon in the periods of intensive breeding, were analysed. **Conclusions.** In 2016-2017, observations of phytoplankton quantitative characteristics annual cycle were performed in Odessa bay coastal waters for the first time over the past 20 years. No significant changes in microalgae taxa composition or increase in blooms frequency were revealed compared to the historical data. The quality of Odessa bay coastal waters based on the biological quality element (phytoplankton) was assessed as "Moderate" in accordance with the EU Water Framework Directive's criteria.

Key words: Black Sea, biomass, abundance, biodiversity, blooms, water quality

Дерезюк Н. В., Мединец В. И., Газетов Е. И., Люмкис П. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОДЕССКОГО ЗАЛИВА В 2016-2017 ГГ.

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова.

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 Одесского залива выполняли стандартными методами. Консервация образцов осуществлялась с использованием формалина. Для обработки проб использовались микроскопы HUND-H600 и OLIMPUS-BH2. Систематика микроводорослей и цианобактерий проведена в соответствии со стандартами международных баз.

Результаты. Видовой состав фитопланктона был представлен 258 видами. Показано, что доминирующими видами фитопланктона были Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae и Cyanobacteria. Роль других таксонов была менее значимой, и их появление было вызвано влиянием речных вод. Было зафиксировано развитие 54 потенциально опасных (токсичных) видов фитопланктона, среди которых только 12 видов достигали уровней цветения. Выполнен анализ количественных характеристик *Noctiluca scintillans*, значительно влияющей на структуру таксона Dinophyceae в периоды интенсивного размножения. **Выводы.** Впервые за последние 20 лет в 2016-2017 гг. в прибрежных водах Одесского залива проведены наблюдения годового цикла количественных характеристик фитопланктона. Значительных изменений в составе таксонов микроводорослей и увеличении частоты цветений по сравнению с историческими данными выявлено не было. Качество прибрежных морских вод Одесского залива по биологическому элементу качества (фитопланктон), в соответствии с критериями Водной рамочной директивы ЕС, оценено как «Удовлетворительное».

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

Вступ

Відомо [1, 2], що фітопланктон є найважливішою первинною автотрофною ланкою харчових ланцюгів морських екосистем, який першим реагує на гідрологічні і гідрохімічні зміни, насамперед на підвищення вмісту біогенних сполук у воді. При цьому кількісні характеристики стану фітопланктону дають змогу оцінювати не тільки його стан, а також і якість морського середовища в цілому [3, 4]. Враховуючі унікальність північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) в формуванні первинної продуктивності всього Чорного моря, наприкінці минулого століття спеціалістами Одеської філії Інституту біології Південних морів та Українського наукового Центру екології моря [3, 5, 6, 7] виконувались регулярні комплексні дослідження стану морських екосистем у ПЗЧМ, які дозволили отримати повну інформацію про стан фітопланктону в період евтрофікації ХХ ст. [8, 9]. В той час у Чорному морі спостерігали надмірне збільшення вмісту біогенних елементів внаслідок антропогенного забруднення, яке викликало підвищення первинної продуктивності екосистеми, насамперед різке збільшення маси микроводорослей і ціанобактерій [5, 9, 10]. За допомогою математичної моделі розраховано довгострокові періоди збереження "забрудненої" або річкової води в Одеській затоці від 14 до 40 діб [11].

Методи дослідження

Об'єктом дослідження є прибережні води Одеської затоки, предметом дослідження – кількісні характеристики та видовий склад фітопланктону у 2016-2017 рр.

Відповідно до програми досліджень зразки фітопланктону збирали щодавно на реперній станції МНБС-Р з глибиною 3 м та на станціях щомісячних зйомок з глибиною 4 м ÷ 14 м на віддаленні 100 ÷ 600 м

В останні 16 років регулярні спостереження за станом фітопланктону в ПЗЧМ проводили науковою групою Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (ОНУ) в прибережних водах острова Зміїний [12, 13], та епізодичні спостереження в Одеській затоці здійснювались представниками Інституту морської біології НАНУ і Українського наукового Центру екології моря [5, 10, 14, 15].

Враховуючі той факт, що на берегах Одеської затоки розташований один з найбільш портово-міських агломератів Чорного моря, моніторинг якості морського середовища, і насамперед стану фітопланктону, є пріоритетним екологічним завданням, особливо в моменти цвітіння фітопланктону, що спостерігаються протягом останніх років [14, 15]. Саме тому, в рамках міжнародного проекту ЕМБЛАС II, з лютого 2016 р. до червня 2017 р. була реалізована пілотна програма інтегрованого моніторингу, одним з найважливіших елементів якої був збір і аналіз зразків фітопланктону [12, 16].

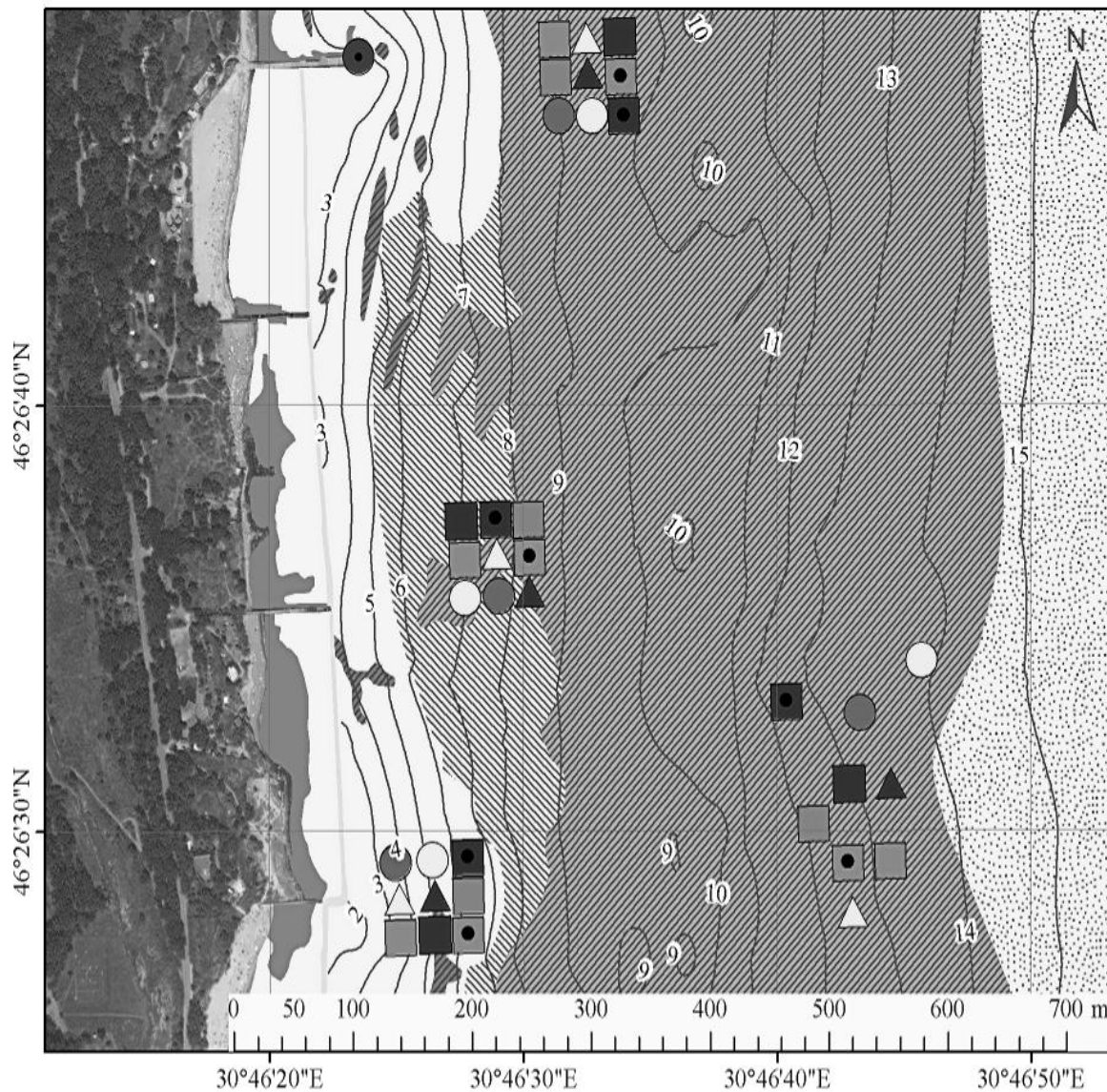
Мета – вивчення сезонних змін кількісних характеристик фітопланктону, в тому числі потенційно небезпечних (токсичних) видів, включаючи оцінку сучасного стану біорізноманіття.

від берегової лінії (рис. 1).

Зразки води для визначення фітопланктону збирали за допомогою батометру Hydrobios та аналізували за стандартними методами, детально описаними в роботах [13, 17, 18]. В якості консерванту використовували 2 % нейтральний розчин формаліну. Згущення зразків фітопланктону в лабораторії здійснювали седиментаційним ме-

тодом після 3-тижневої експозиції. Тотальний збір дінофітової мікроводорості ноктілюки *Noctiluca scintillans* (Macartney)

Kofoed & Swezy в стовпі води (0 – дно) проводили за допомогою сітки Джеді.



● Щодекадна станція МНБС-Р;
Щомісячні станції, що виконані ○ – 22.04.2016 р., ■ – 01.06.2016 р.;
■ – 01-02.07.2016 р.; ■ – 21.07.2016 р.; ■ – 29.08.2016 р.; ▲ – 22.09.2016 р.;
△ – 03.11.2016 р.; ● – 26.05.2017 р.; ■ – 29.06.2017 р.

Рис. 1 – Розташування станцій відбору зразків фітопланктону в прибережних водах Одеської затоки у 2016-2017 рр.

Для обробки зразків використовували мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематика мікроводоростей та ціанобактерій надана у відповідності до стандартів міжнародних баз даних [19, 20, 21]. Розрахунки об'ємів клітин, їх чисельності і біомаси виконані за авторською програмою

TRITON® [22]. Відносна щільність по воді клітин мікроводоростей приймалася за 1,0–1,05. Індекс біорізноманіття був розрахований по формулі Шенона [1]. Потенційно токсичні і небезпечні види фітопланктону класифікували за публікаціями досліджень [20, 23 – 25]. Паралельно зі зборами зразків

фітопланктону проводили спостереження основних фізико-хімічних та гідрохімічних

характеристик води за стандартними методами [13, 18].

Результати досліджень та обговорення

За результатами досліджень зразків фітопланктону, які збирали щодавно на реперній станції МНБС-Р (всього 74 зразка) та щомісячно (94 зразка) на інших станціях району Одеської затоки (рис.1), накопичений масив експериментальних даних, аналіз якого дозволив вивчити сезонні зміни фітопланктону в період з лютого 2016 по червень 2017 р.

Аналіз видового складу показав, що з лютого 2016 р. по червень 2017 р. в прибережних водах Одеської затоки зареєстровано 258 видів фітопланктону з 12 класів: Діатомові – Bacillariophyceae (92 види в 167 зразках), Дінофітові – Dinophyceae (69 видів в 165 зразках), Зелені – Chlorophyceae (35 в 93 зразках), Ціанобактерії – Cyanobacteria (25 в 73 зразках), Примнезієві – Prymnesiophyceae (15 в 102 зразках), Евгленові – Euglenoidea (6

в 25 зразках), Золотисті – Chrysophyceae (4 види в 16 зразках), Кристофітові – Cryptophyceae (4 в 107 зразках), Діктіохові – Dictyochophyceae (2 види в 2 зразках), Хоанофлагеляти – Choanoflagellata (2 види в 9 зразках), Ебрідієві – Ebriophyceae (2 в 14 зразках), Кон'югати – Conjugatophyceae (2 види в 3 зразках). Вперше в районі досліджень були знайдені кон'югати (*Closterium lineatum* Ehr. et Ralfs та *Staurostrum chaetoceros* (Schroed.) Sm.), які не фіксували раніше [6, 10, 14].

Враховуючі більш репрезентативну кількість і частоту збору зразків фітопланктону на реперній станції МНБС-Р, детальний аналіз сезонних змін видового складу, чисельності та біомаси фітопланктону проведено нами саме для цієї станції (рис. 2, 3).

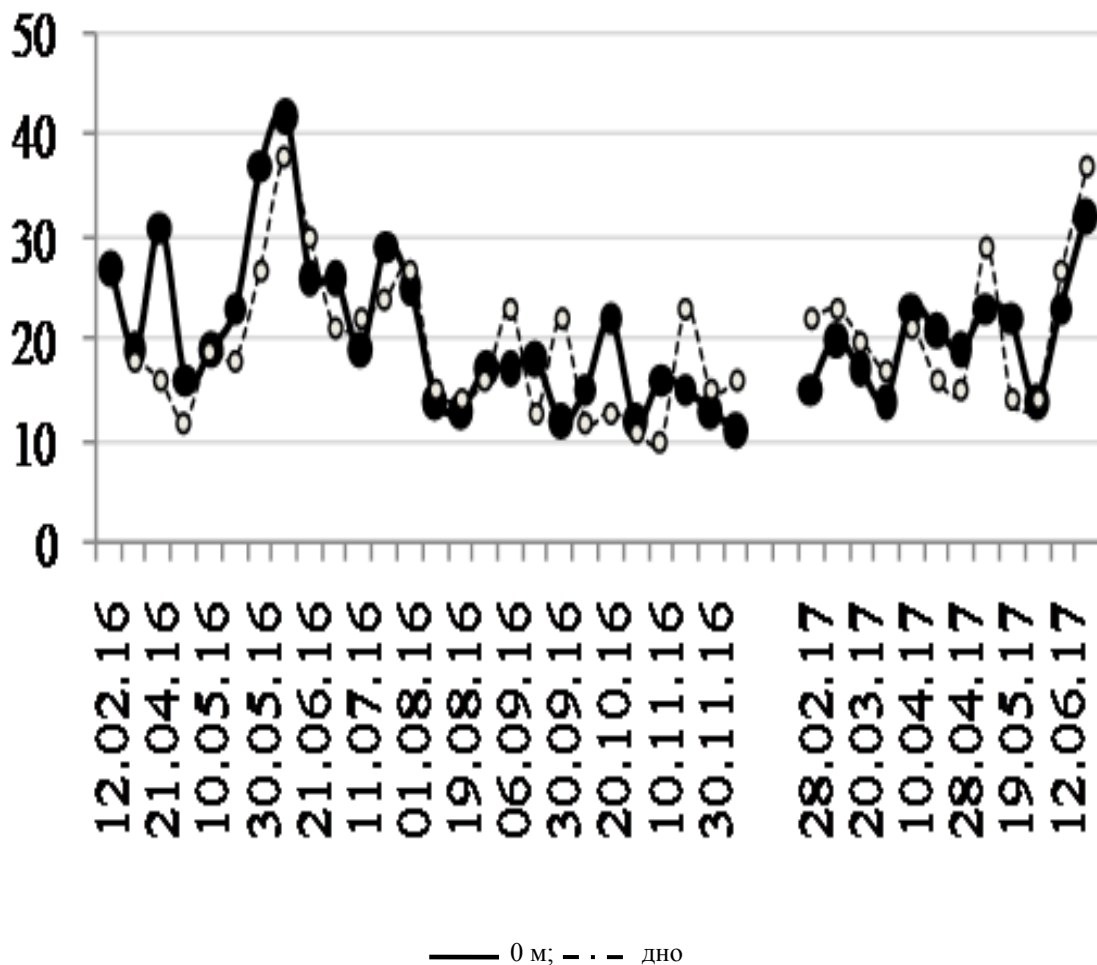


Рис. 2 – Кількість видів фітопланктону в щодавніх зразках води, які збирали у поверхневих та придонних шарах води на станції МНБС-Р в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

В досліджених зразках води кількість видів фітопланктону у поверхневому шарі води коливалась від 11 (20.12.2016) до 42

видів (10.06.2016); у придонних шарах води (біля 2,5 м) від 10 до 38 видів (рис. 2).

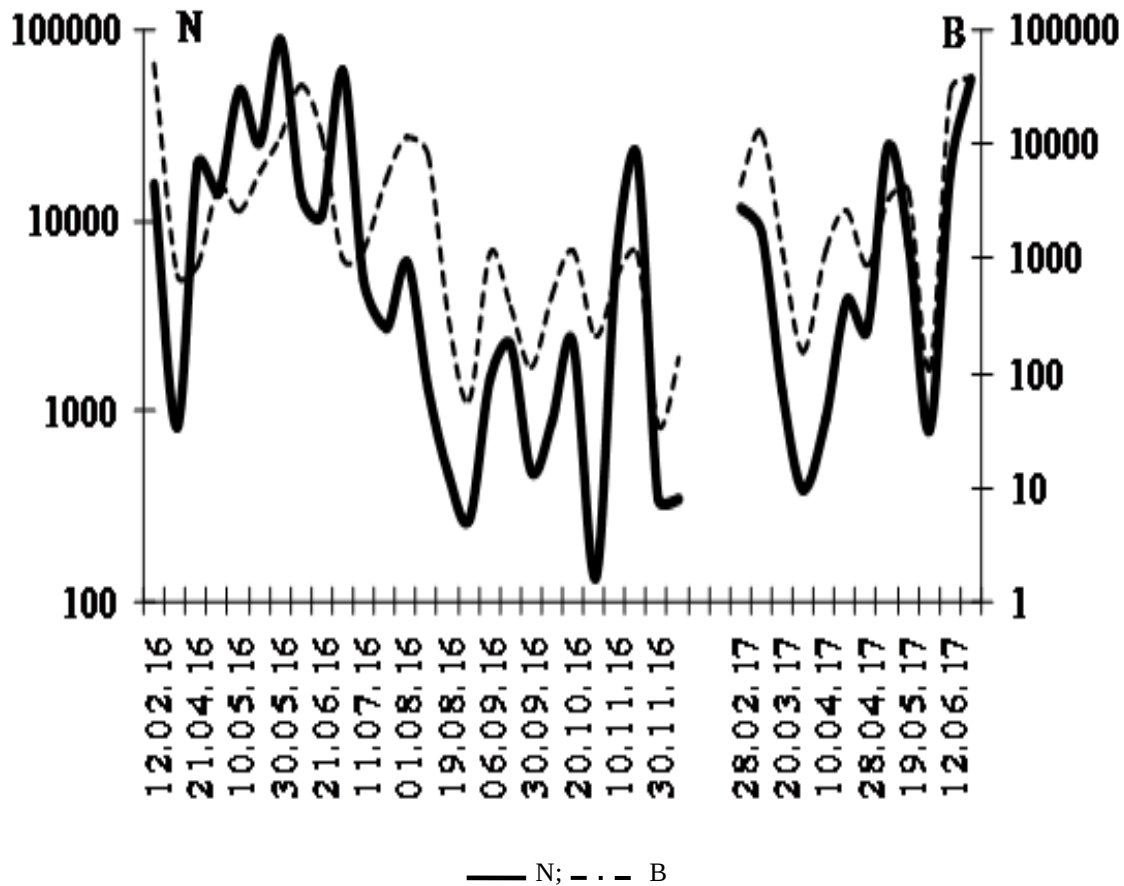


Рис. 3 – Сумарна чисельність (N, кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$) та біомаса мікродоростей (B, мг $\cdot \text{м}^{-3}$) в поверхневому шарі води станції МНБС-Р в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

Середня кількість мікродоростей на обох горизонтах складала 20 видів. У 17 випадках (23% від сумарної кількості зразків) число видів у придонному шарі води перевищувало число видів у поверхневому. Максимуми в розподілі кількості видів спостерігали в червні 2016 р. і 2017 р., а мінімальну кількість видів – у квітні 2016 р. і 2017 р. та у вересні – листопаді 2016 р., що відповідає нормальному сезонному розвитку чорноморського фітопланктону [2, 6, 7].

В змінах кількісних характеристик фітопланктону на станції МНБС-Р (рис. 3) спостерігалась висока мінливість розвитку планктону та формування 3 сезонних максимумів: лютий, травень – червень і листопад 2016 р. та лютий і травень 2017 р. Максимальна чисельність фітопланктону в поверхневому шарі води зареєстрована 30

травня 2016 р. ($86555 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$), а мінімальна 1 листопада 2016 р. ($134 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$). Максимуми біомаси фітопланктону формувалися влітку (червень, серпень 2016 р.) та навесні (березень, травень і червень 2017 р.), а мінімуми – наприкінці серпня та листопада 2016 р. і наприкінці березня і травня 2017 р. Максимальна біомаса в поверхневому шарі води була зареєстрована 12 лютого 2016 р. ($49050 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), та в червні 2017 р. ($37152 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), а мінімальна 30 листопада 2016 р. ($35 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Великі маси фітопланктону в умовах «зберігання» забрудненої води на акваторії затоки довгий час [11] створює загрозу стабільності стану біоценозу.

З огляду на те, що розвиток фітопланктону завжди залежить від гідролого-гідрохімічного режиму [2, 3, 4], а також, що район Одеської затоки знаходиться від пос-

тійним впливом річкових вод, які надходять від дельтових районів річок Дніпра, Бугу та Дністра [5, 6, 10, 14], проаналізовано результати вимірювань основних фізико-хімічних характеристик водних мас (рис. 4, 5), що

проведені одночасно зі збором зразків фітопланктону [12].

Короткий аналіз фізико-хімічних показників показав наступне. В розподілі солоності сезонний хід відсутній, але на протязі

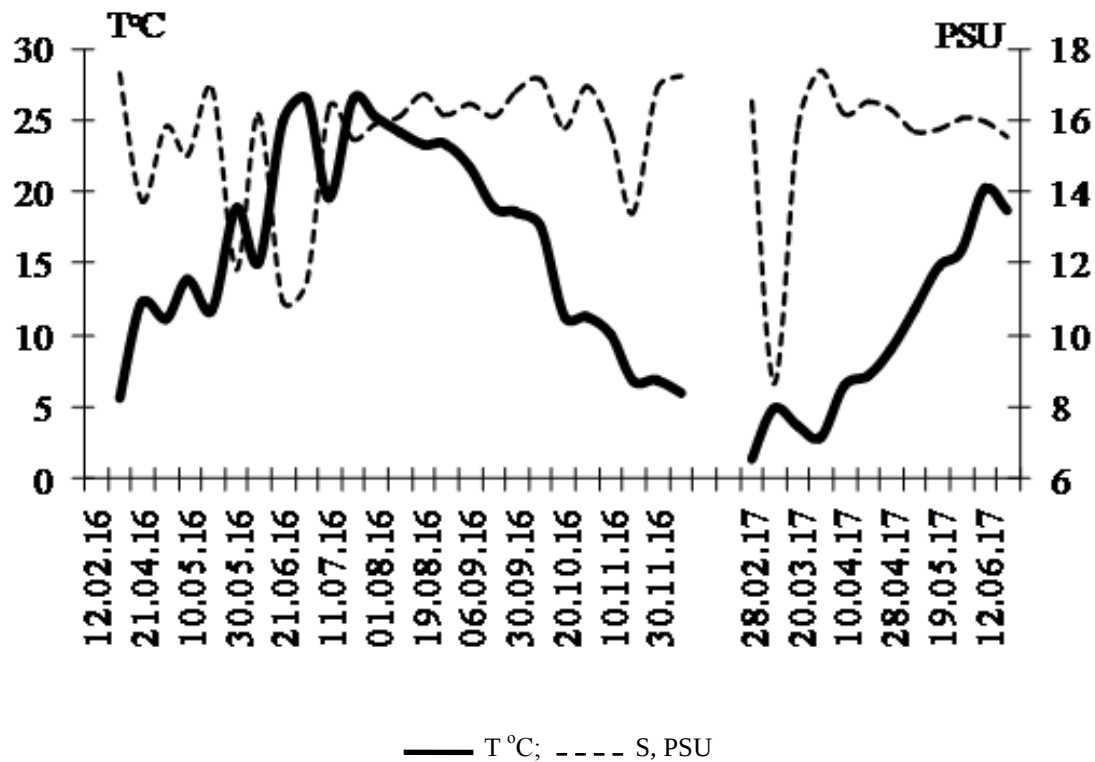


Рис. 4 – Середні значення температури води та солоності водного шару (0 м – дно) на станції МНБС-Р в Одеській затоці в 2016-2017 рр.

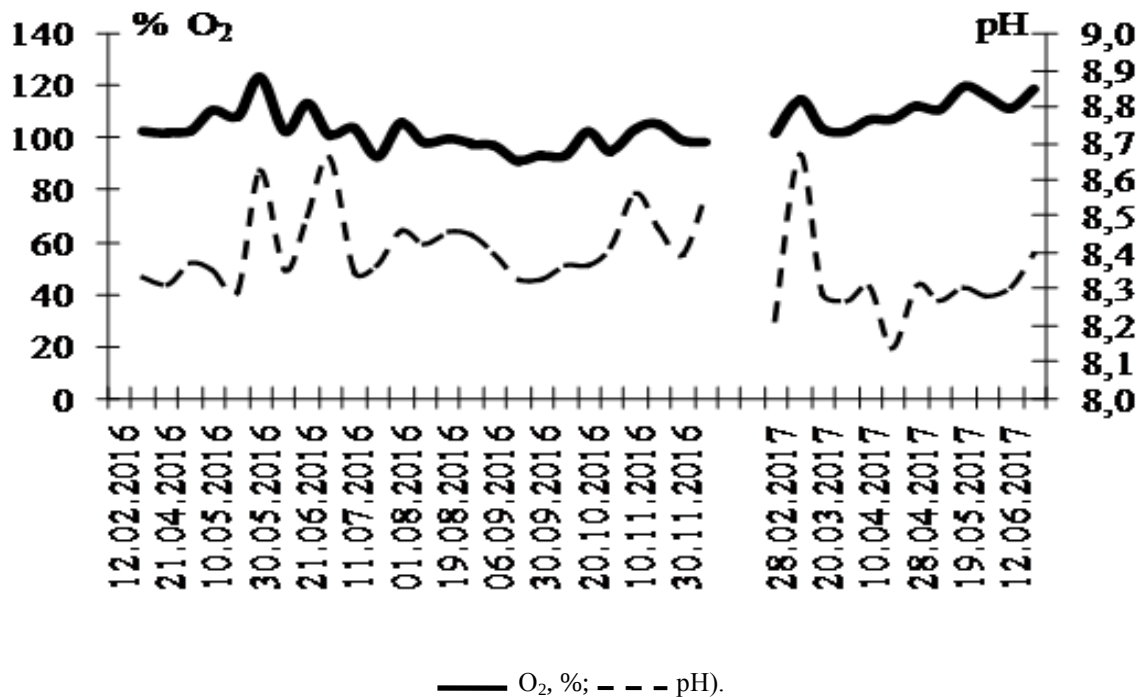


Рис. 5 – Середні значення насиченості киснем та водневого показника водного шару (0 м – дно) на станції МНБС-Р в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

2016–2017 рр. спостерігали дуже значні зміни від 8,65 PSU (30.03.2017 р.) до 17,27 PSU (23.03.2016 р.) і 17,36 PSU (30.03.2017 р.). Рівень солоності характеризував походження водної маси. При середньому значенні солоності $15,74 \pm 1,30$ PSU для всього періоду спостережень 21.04.2016 р., 30.05.2016 р., 21.06.2016 р., 21.11.2016 р. та 10.03.2017 р. спостерігали різкі зменшення солоності: з 17,27 до 13,76 PSU; з 16,85 до 11,85; з 16,44 до 10,96; з 16,91 до 13,39 та з 16,55 до 8,65 PSU відповідно. Саме ці дати можна ідентифікувати як час потрапляння до району розпріснених водних мас. Температура води мала чіткий сезонний хід та в період досліджень коливалась від $1,5^{\circ}\text{C}$ (28.02.2017 р.) до $26,5^{\circ}\text{C}$ (29.06 та 20.07.2016 р.) при середньому значенні $14,2 \pm 6,1^{\circ}\text{C}$. Монотонність сезонних змін температури декілька разів порушувалась, коли до району спостережень надходили холодні морські водні маси (20.05.2016 р., 10.06.2016 р., 11.07.2016 р.) і температура води зменшувалась на $2\text{--}5^{\circ}\text{C}$, а потім знову зростала на $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ (30.05.2016 р., 29.06.2016 р., 20.07.2016 р.). Концентрації розчиненого кисню на станції МНБС-Р коливались в залежності від сезону в межах від 7,2 мг/л (29.06.2016 р.) до 13,89 мг/л (10.03.2017 р.) при середньому значенні $9,89 \pm 1,47$ мг/л. Показник відносної насиченості вод киснем (O_2 , %) змінювався в межах від 90,9 % (21.09.2016 р.) до 122,7 % (30.05.2016 р.) при середньому значенні $104,2 \pm 6,4$ %. Водневий показник морських прибережних вод Одеської затоки в 2016–2017 рр. змінювався в межах від 8,14 (19.04.2017 р.) до 8,66 і 8,67 (29.06.2016 р. і 10.03.2017 р.) при середньому значенні $8,43 \pm 0,11$. При цьому слід відмітити, що коливання значень насиченості киснем і водневого показника спостерігали синхронно зі змінами солоності і температури (рис. 4, 5). Статистичний аналіз виявив значимі кореляційні взаємозв'язки (при $P > 0,95$): між температурою та концентрацією розчиненого кисню ($r = -0,92$) і водневим показником ($r = 0,30$), що свідчить про переважання природних процесів; між солоністю і відносною насиченістю киснем, водневим показником і прозорістю води ($r = -0,43$; $r = -0,63$ та $r = 0,28$ відповідно), тобто при зниженні солоності морських вод в Одеській затоці, що завжди було обумовлено адвекцією розпріснених вод, відносна насиченість води киснем і водневий показник зростали, а прозорість води знижувалась; між прозорістю та відносною насиче-

ністю киснем, водневим показником та солоністю ($r = 0,24$; $r = -0,54$ та $r = 0,28$ відповідно).

Аналіз статистичних взаємозв'язків змін чисельності і біомаси фітопланктону (рис. 3) та фізико-хімічних характеристик (рис. 4, 5) показав, що значимі коефіцієнти кореляції ($P > 0,95$) сумарної чисельності фітопланктону були зафіксовані з відносною насиченістю киснем ($r = 0,53$), солоністю ($r = -0,45$) та водневим показником ($r = 0,32$). Для біомаси фітопланктону значимі кореляційні зв'язки ($P > 0,95$) спостерігалися лише з відносною насиченістю киснем ($r = 0,38$) та температурою ($r = 0,26$).

У видовому складі фітопланктону дослідженого району найбільш частіше реєструвались мікроводорості і ціанобактерії (табл. 1), хоча їхній відносний внесок не завжди була головним в популяціях фітопланктону. Більшість зазначених видів таксонів діатомових і дінофітових водоростей створювали сезонні угруповання, які змінювали одне одного в залежності від сезону. В період досліджень 9 видів мікроводоростей розвивалися постійно з весни до початку зими, хоча і не домінували постійно за чисельністю або біомасою в складі фітоценозу: *Chaetoceros curvisetus*, *Ditylum brightwellii*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Prorocentrum micans*, *Tripos furca*, *Emiliania huxleyi*, *Leucocryptos marina*. Поява *Synedra ulna*, *Dunaliella viridis*, *Monoraphidium contortum*, *Limnithrix planktonica* (березень – травень) була пов'язана зі збільшенням впливу річкових вод, що підтверджується даними щодо солоності (рис. 4). Кількість морських видів фітопланктону в Одеській затоці становила 53,5 % від сумарної, прісноводні види – 41 %, космополіти – 5,5 % [19, 21]. Видовий склад фітоценозу був звичайним для ПЗЧМ, втім, вперше в районі досліджень були знайдені прісноводні кон'югати (*Closterium lineatum* Ehr. et Ralfs та *Staurastrum chaetoceros* (Schroed.) Sm.), які не фіксували раніше [6, 10, 14].

Аналіз відносної частки окремих таксонів (груп) в сумарну чисельність фітопланктону на реперній станції (МНБС-Р) показав (рис. 6), що головними таксонами були ціанобактерії, які в період досліджень давали в середньому 38,1 % та змінювались в інтервалі від 1 % до 88 %. На другому місті були діатомові водорості – 33,4 % (від 1 % до 99 %); примнезієві водорості – 22,1 % (від

2 % до 87 %); зелені водорості – 16,8 % (від 1 % до 52 %); криптофітові – 14,7 % (від 1 % до 73 %), дінофітові водорості – 4,7% (від 0,1 % до 27 %). Незначний внесок до сумарної чисельності фітоценозу притаман-

ний таксонам: хоанофлагелятам, з середньою чисельністю 3,9 %; золотистим мікродоростям – 3,8 %; евгленовим водоростям – 0,4 %.

Таблиця 1

Перелік найпоширеніших видів фітопланктону в 2016–2017 рр.

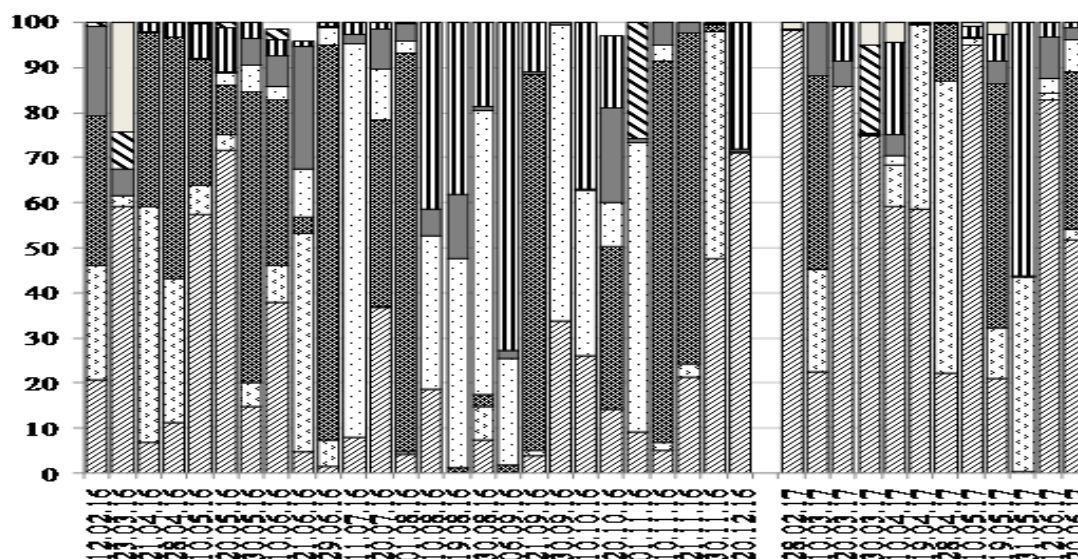
№№	Назва виду	Період розвитку, місяці
Bacillariophyceae		
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	5–7
2	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	5–6, 11
3	<i>Chaetoceros socialis</i> Laud.	5–7
4	<i>Coscinodiscus janischii</i> A.S.	6–11
5	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	4, 6–7
6	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.et Lewin	3–9
7	<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Berg.) Hasle	5–7
8	<i>Ditylum brightwellii</i> (West.) Grun.	3–7, 11, 12
9	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid. et Kolbe	4–11
10	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	3–7, 11
11	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	4–7, 9
12	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	6–9
13	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	7–11
14	<i>Thalassiosira parva</i> Pr.-Lavr.	2–4
Chlorophyceae		
15	<i>Dunaliella viridis</i> Teodor.	4–6
16	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	3–7, 11
Dinophyceae		
17	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujard.	6–10
18	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh.	6–9
19	<i>Gymnodinium wulffii</i> Sch.	4–8
20	<i>Gyrodinium lachryma</i> (Meunier) Kof.et Sw.	2–7
21	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	2–9
22	<i>Lessardia elongata</i> Saldar. et F.J.R.Taylor	5–8
23	<i>Lyngulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge	6–9
25	<i>Noctiluca scintillans</i> (Mac.) Kof. & Sw.	6–12
24	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Osten.) Dodge	6–12
26	<i>Prorocentrum micans</i> Ehren.	5–7, 9–11
27	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schr.	6–11
28	<i>Protoperdinium pellucidum</i> (Bergh) Schutt	3–9
29	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	5–9
Cyanobacteria		
30	<i>Limnithrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	4–7, 9–11
Prymnesiophyceae		
31	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	6–11
Cryptophyceae		
32	<i>Leucocryptos marina</i> (Braar.) Butcher	3–12

Максимум розвитку ціанобактерій, які давали найбільший внесок до сумарної чисельності фітоценозу, спостерігали в травні 2016 р. ($55526 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$). За період досліджень було тричі зафіксовано масовий розвиток ціанобактерій (30.05.2016 р., 21.11.2016 р., 20.06.2017 р.), коли їх чисельність в зразках води значно перевищувала чисельність діатомових і дінофітових водоростей.

Максимальну чисельність діато-мових водоростей фіксували також в травні 2016 р. ($27098 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$), або в червні 2017 р. ($27779 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$). в період інтенсивного розвитку видів, звичайних для Одеської затоки (див. табл. 1). Наприкінці травня 2016 р. максимум чисельності примнезієвих водоростей на реперній станції (МНБС-Р) сягав $5188 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$. Максимальну чисель-

ність зелених водоростей зафіксували
21.04.2016 р. ($10122 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$), коли їхня

чисельність в 7 раз перевищувала чисельність
діатомових (рис. 6).



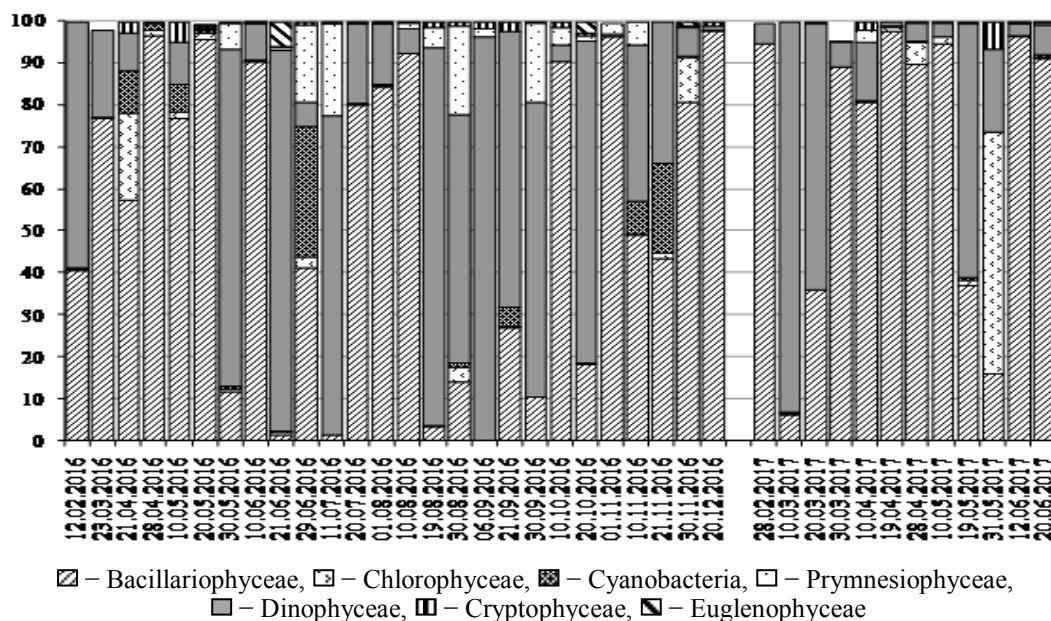
▨ – Bacillariophyceae, □ – Chlorophyceae, ▤ – Cyanobacteria, □ – Prymnesiophyceae, ▩ – Dinophyceae,
▨ – Cryptophyceae, ▨ – Crisophyceae, □ – Choanoflagellata

Рис. 6 – Частка таксонів (%) в сумарній чисельності фітопланктону на станції MHBS-R в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

Бурхливий розвиток криптофітових водоростей на реперній станції (MHBS-R) спостерігали у травні 2016 р. ($3688 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$) і в вересні 2016 р. ($1047 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$). Найбільш інтенсивний розвиток динофітових водоростей, не враховуючи чисельність ноктілюки, на 0 м спостерігали в травні–червні 2016 (5245

$\text{кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$) і в червні 2017 ($1605 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$).

Дослідження внеску окремих таксонів в сумарну біомасу фітопланктону показали, що в 2016–2017 рр. домінували діатомові водорості, які формували в середньому 58,3 % біомаси, змінюючись в інтервалі від 0,2 % до 98 % (рис. 7).



▨ – Bacillariophyceae, □ – Chlorophyceae, ▤ – Cyanobacteria, □ – Prymnesiophyceae,
▩ – Dinophyceae, ▨ – Cryptophyceae, ▨ – Euglenophyceae

Рис. 7 – Частка таксонів (%) в сумарній біомасі фітопланктону на станції MHBS-R в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

Динофітові водорості складали в середньому 33,0 % (діапазон від 0,5 % до 96 %), примнезієві водорості – 5,2 % (від 0,1 % до 22 %). Біомаса ціанобактерій в складі фітопланктону змінювалась в інтервалі 0,1 – 31 %, при цьому середня частка біомаси ціанобактерій протягом 2016–2017 рр. становила 3,7 % сумарної маси. Частка золотистих, евгленових та криптофітових мікроводоростей в формуванні сумарної біомаси фітоценозу також була невеликою (в середньому 0,8 – 1,2 % від сумарних показників).

Максимуми розвитку діатомових водоростей, які давали найбільший внесок до сумарної біомаси, спостерігали в квітні–червні 2016 р. та в березні і червні 2017 р. (до 33976 мг·м⁻³). Найбільша маса динофітових водоростей, не враховуючи динофітову ноктілюку, була зареєстрована в лютому 2016 р. (28806 мг·м⁻³) в період розвитку прісноводних видів (табл. 1). Також інтенсивний розвиток другого за середнім внеском в сумарну біомасу таксону динофітових водоростей, який в той же час був лише на п'ятому місці за середнім внеском в сумарну чисельність, спостерігали в травні–червні 2016 р. (9153 – 10470 мг·м⁻³) і в червні 2017 р. (11635 мг·м⁻³). Слід відмітити, що в ці періоди біомаса динофітових водоростей значно (в 7–50 разів) перевищувала біомасу діатомових водоростей (див. рис. 7).

Біомаса примнезієвих водоростей була найбільшою наприкінці травня 2016 р. (685 мг·м⁻³). Середній вміст зелених водоростей у складі фітопланктону був незначущим (4 %), але наприкінці травня 2017 р. реєстрували максимум розвитку зелених (62 мг·м⁻³), що в зразку води втричі перевищували біомасу діатомових водоростей та формували 57 % сумарної маси фітопланктону (див. рис. 7). Максимальна біомаса криптофітових мікроводоростей була зафіксована на рівні 120 мг·м⁻³ (10.05.2016).

Результати кореляційного аналізу чисельності діатомових водоростей та фізико-хімічними характеристиками показав значимі коефіцієнти кореляції лише між чисельністю діатомових і насиченістю розчиненим киснем (0,51 при $P > 0,95$). Тісні кореляційні зв'язки були зареєстровані також з сумарними величинами чисельності і біомаси фітопланктону (відповідно 0,70 та 0,57 при $P > 0,95$) та з власною біомасою

діатомових (0,57), чисельністю динофітових (0,35), біомасою зелених мікроводоростей (0,30), з чисельністю і біомасою ціанобактерій (0,51 і 0,59 відповідно), а також з чисельністю і біомасою криптофітових водоростей (0,63 і 0,66 відповідно). Зміні біомаси діатомових корелювали лише з відносною насиченістю киснем (0,28), сумарною чисельністю (0,40) і біомасою (0,94) фітопланктону та з біомасою ціанобактерій (0,52).

Статистичний аналіз виявив тісні кореляційні зв'язки (при $P > 0,95$) між чисельністю динофітових водоростей та солоністю (–0,47), насиченістю розчиненим киснем (0,53), рН води (0,40), сумарними чисельністю і біомасою фітопланктону (0,66 та 0,38 відповідно), чисельністю діатомових (0,35), зелених водоростей (0,29), ціанобактерій (0,63), евгленових водоростей (0,96), золотистих водоростей (0,75), криптофітових (0,35). Для біомаси динофітових мікроводоростей були зареєстровані значимі кореляційні зв'язки з прозорістю (–0,27), насиченістю киснем (0,37), водневим показником (0,43) солоністю (–0,58), сумарними чисельністю і біомасою фітопланктону (0,31 і 0,39 відповідно) і евгленових водоростей (0,96 і 0,93 відповідно), чисельністю динофітових (0,64) і зелених (0,29) мікроводоростей та чисельністю золотистих (0,77).

Особлива увага нами була приділена гетеротрофній дінофітовій мікроводорості *Noctiluca scintillans*, що розвивається у теплій воді і споживає бактеріопланктон, дрібні мікроводорості, цисти динофітових, яйця копеподів, науплії, личинки та ікру риб, впливаючи, таким чином, на структуру біоценозів [25 – 28]. За нашими дослідженнями в Одеській затоці, великі клітини ноктілюки поглинали також і дрібні дінофітові водорості. Необхідно відмітити, що ми не включали кількісні характеристики ноктілюки до сумарної біомаси і чисельності фітоценозу у зв'язку з методичними особливостями збору зразків – відбір фітопланктону здійснювався батометрами на окремих горизонтах, а ноктілюку ми відбирали з водної товщі від дна до поверхні. Саме тому, для порівняння характеристик динофітових мікроводоростей та ноктілюки ми перерахували свої результати на одиницю об'єму (м³) води для всієї водної товщі від поверхні до дна на реперній станції МНБС-Р в Одеській затоці (рис. 8).

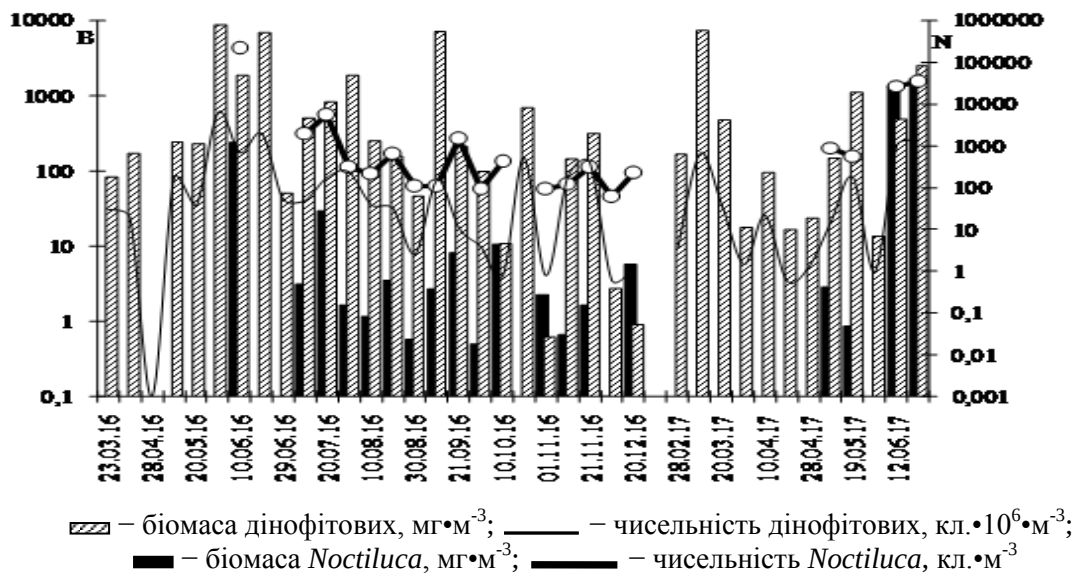


Рис. 8 – Чисельність і біомаса дінофітових водоростей і виду *Noctiluca scintillans* (Мас.) в стовпі води на реперній станції MHBS-R в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

В районі досліджень в циклі розвитку ноктілюки було відмічено 2 максимуми: в травні–червні та в жовтні, що цілком відповідає результатам досліджень інших авторів [27, 28] у Чорному морі. Аналіз змін чисельності і біомаси ноктілюки показав, що 10 червня 2016 р. було зареєстровано максимальне для всього періоду досліджень значення чисельності ноктілюки ($224000 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$) при біомасі ($240,1 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$) та невеликих розмірах молодих клітин (діаметр 250 – 350 мкм). Потім на протязі двох місяців ноктілюку не реєстрували і, лише починаючи з 10 липня до 20 грудня майже в усіх зразках (за виключенням зразку, відібраного 20.10.2016), фіксували присутність ноктілюки: чисельність і біомаса змінювались в межах $62\text{--}5556 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$ $0,04\text{--}30 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ відповідно. У 2017 р., згідно до сезонного розвитку динофітового планктону (див. рис. 8), ноктілюку реєстрували в усіх зразках з 10.05.2017 до 30.06.2017 р., за виключенням зразка, зібраного 31.05.2017 р. При цьому чисельність і біомаса коливались в межах від $554 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$ до $34461 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$ та від $0,9 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $1683 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ відповідно. Було зазначено, що в червні 2017 р. розвивалися більш великі ноктілюки (діаметр клітин до 550 – 600 мкм), ніж у червні 2016 р., що й спричинило створення максимальної за період моніторингу 2016–2017 рр. величини біомаси ноктілюки.

Статистичний аналіз взаємозв'язків чисельності і біомаси мікроводорості ноктілюки з фізико-хімічними характеристиками води виявив значимий кореляційний зв'язок (при $P > 0,95$) лише між біомасою ноктілюки та насиченістю киснем (0,34). Чисельність ноктілюки добре корелювала з сумарною біомасою фітопланктону (0,59), з біомасою діатомових (0,61), чисельністю хоанофлагелат (0,90), чисельністю і біомасою ебрідієвих водоростей (–0,59 і –0,63). Для біомаси ноктілюки тісні кореляційні зв'язки спостерігались з чисельністю і біомасою всього фітопланктону (0,44 і 0,80 відповідно), діатомових водоростей (0,62 і 0,84), ціанобактерій (0,45 і 0,82) ебрідієвих водоростей (–0,53 і –0,61), а також з чисельністю хоанофлагелат (0,79). Чисельність ціанобактерій тісно корелювала з солоністю води (–0,39), водневим показником (0,43) та насиченістю розчинним киснем (0,45), з сумарною чисельністю і біомасою фітопланктону (0,96 і 0,36 відповідно), а також з чисельністю діатомових (0,51), динофітових (0,63), зелених (0,45), примнезієвих водоростей (0,56 і 0,56 відповідно), кріптофітових (0,41 і 0,39 відповідно) та біомасою власне ціанобактерій (0,75). Для біомаси ціанобактерій спостерігались значимі взаємозв'язки з насиченістю киснем (0,34), сумарною чисельністю і біомасою фітопланктону (0,76 і 0,49 відповідно), діатомових (0,59 і 0,52 відповідно), біомасою зелених (0,57).

Чисельність примнезієвих водоростей не мала кореляційних зв'язків з фізико-хімічними характеристиками, але тісно корелювала з сумарною чисельністю і біомасою фітопланктону (0,36 і 0,47 відповідно), а також з чисельністю ціанобактерій (0,56), та власною біомасою (0,92). Для біомаси примнезієвих водоростей спостерігали значимі кореляційні взаємозв'язки (при $P > 0,95$) з насиченістю киснем (0,38), сумарною чисельністю фітопланктону (0,47), з чисельністю динофітових водоростей (0,42) та ціанобактерій (0,56), з власною біомасою (0,92).

Чисельність зелених водоростей тісно корелювала (при $P > 0,95$) з солоністю води (–0,52), сумарною чисельністю фітопланктону (0,52), а також з чисельністю діатомових (0,51), чисельністю і біомасою динофітових водоростей (0,29 і 0,29), власною біомасою зелених (0,75), чисельністю ціанобактерій (0,44). Для біомаси зелених мікрроводоростей спостерігали значимі взаємозв'язки з насиченістю киснем (0,35), сумарною чисельністю фітопланктону (0,46) і чисельністю діатомових водоростей (0,30), чисельністю і біомасою ціанобактерій (0,44 і 0,57 відповідно).

Чисельність кріптофітових водоростей корелювала з насиченістю розчиненим киснем (0,44), сумарною чисельністю фітопланктону (0,59), а також з чисельністю діатомових (0,63) і динофітових (0,35), примнезієвих водоростей (0,44), чисельністю і біомасою ціанобактерій (0,41 і 0,37 відповідно), власною біомасою (0,93), чисельністю і біомасою ебрідієвих (0,98 і 0,90 відповідно). Для біомаси кріптофітових спостерігались значимі взаємозв'язки з насиченістю киснем (0,39), сумарною чисельністю фітопланктону (0,58), діатомових (0,66), динофітових (0,31), примнезієвих водоростей (0,38), чисельністю і біомасою ціанобактерій (0,28 і 0,42 відповідно), чисельністю хоанофлагелят (–0,93) і біомасою ебрідієвих водоростей (0,90).

Наступною характеристикою стану фітоценозів, яка сумісно з кількістю видів, свідчить про умовну "стабільність" фітоценозу, його сукцесійну "молодість", та, як наслідок, стабільність екосистеми, що пов'язана з якістю морського середовища, є біорізноманіття угруповань мікрроводоростей [1, 2, 29], яке ми оцінювали за допомогою індексу біорізноманіття Шенона (H) на протязі 2016–2017 рр. на станції МНBS-R в Одеській затоці (рис. 9). Значення індексу H фітопланктону у поверхневих шарах води змінювалися від 0,9 біт·кл^{–1} (21.09.2016 р. і 10.05.2017 р.) до 3,6 біт·кл^{–1} (30.05.2016 р.), а у придонному шарі води – від 0,2 біт·кл^{–1} (01.11.2016 р.) до 3,7 біт·кл^{–1} (10.06.2016 р.), при середній за період досліджень величині $2,0 \pm 0,5$ біт·кл^{–1} на обох горизонтах.

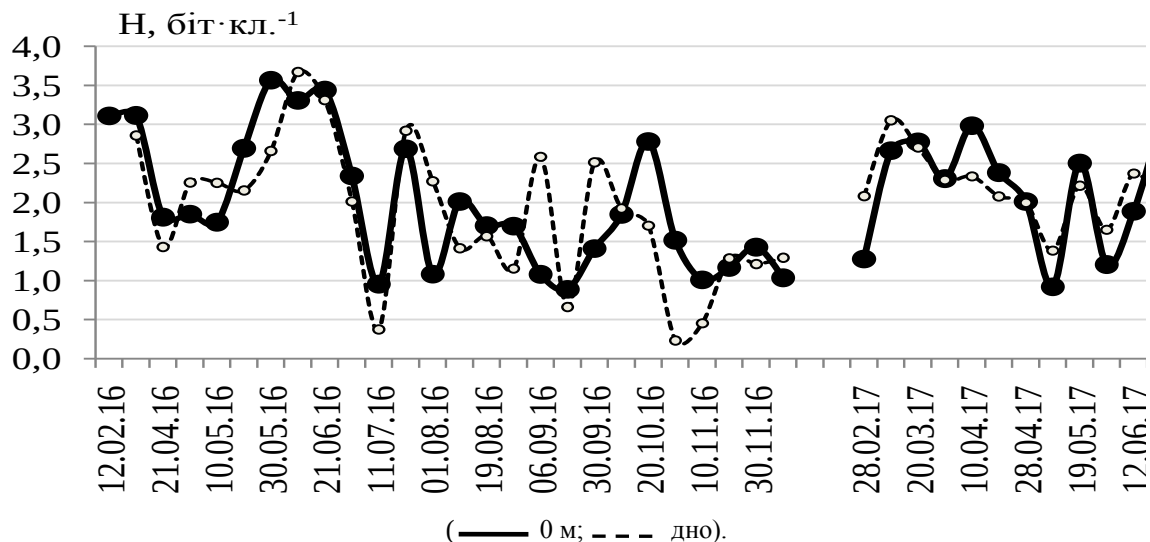


Рис. 9 – Сезонні зміни індексу Шенону (H) в поверхневих та придонних шарах води на станції (МНBS-R) в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

Максимальні значення індексу H у водній товщі в основному формували діатомові водорості. Епізодично спостерігалась підвищення значень індексу H при появі дрібних ціанобактерій (30.05.2016, 29.06.2016, 28.02.2017), які значно подовжували сезон-

ний максимум розвитку фітопланктону. Лише одного разу (21.06.2016 р.) було зафіксовано, що максимум індексу Н забезпечували дінофітові і зелені водорості.

Аналіз коливань індексу Н на протязі 2016–2017 рр. показав, що вони практично співпадали з сезонними змінами кількісних характеристик фітоценозу (рис. 2, 3), та добре співпадали з 3 сукцесійними «хвилями», які спостерігались за чисельністю і біомасою фітопланктону (тривала весняна з максимумом у травні, коротка літня з максимумом у липні, осіння з максимумом у жовтні).

Статистичний аналіз виявив значимі кореляційні зв'язки ($P > 0,95$) між індексом Н у водній товщі від поверхні до дна та солоністю ($-0,32$), насиченістю розчиненим киснем ($0,32$), сумарною біомасою фітопланктону ($0,36$) і діатомових водоростей ($0,35$), чисельністю і біомасою дінофітових водоростей ($0,36$ і $0,43$ відповідно), чисельністю евгленових водоростей ($0,70$) і чисельністю ноктілюки ($0,37$).

Привертає увагу негативний зв'язок між індексом Н і солоністю у поверхневому шарі води, що свідчить про збільшення біорізноманіття фітопланктону при зменшенні солоності (рис. 4). Наприклад, навесні і наприкінці 2016 р. зменшення солоності до 12 ‰ викликало короточасне збільшення індексу за рахунок надходження прісноводного планктону. Слід відмітити, що в поверхневому шарі води коефіцієнт кореляції між індексом Н і солоністю ($-0,36$) в основному був вище ніж у всієї водній товщі, хоча в 38% від загальної кількості проб, які були зібрані у придонному шарі води, індекс Н був більшим, ніж у поверхневому шарі води.

Порівняння отриманих нами результатів 2016–2017 рр. з історичними даними кінця ХХ століття [6, 7, 14, 29] для Одеської затоки ($H=0,2 - 1,5 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$) наприкінці минулого та початку нашого сторіччя показали, що значне підвищення значень індексу Н, що свідчить про зростання біорізноманіття фітопланктону в останні роки, тобто про поліпшення якості морського середовища в цілому.

Окремим важливим завданням нашого дослідження було вивчення наявності в Одеській затоці потенційно токсичних (РТ) та здатних сягати рівня цвітіння (НАВ) видів мікроводоростей, які становлять загрозу для нормального існування гідробіонтів, а в окремих випадках можуть завдати шкоди і людині [19, 20, 21, 23, 24]. Для фітопланктону Чорного моря прийнято вважати [17] рівнем цвітіння (НАВ) розвиток дрібних водоростей ($V_{\text{кл.}} \leq 1000 \text{ мкм}^3$) до сумарної чисельності понад $1000 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$, а рівнем цвітіння водоростей з великими клітинами ($V_{\text{кл.}} \geq 1001 \text{ мкм}^3$) – біомасу більш ніж $5000 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

В результаті аналізу, що був проведений по всьому ряду даних, зібраних в Одеській затоці в 2016–2017 рр., було зареєстровано розвиток 54 видів РТ та НАВ мікроводоростей: серед них 3 РТ і 12 НАВ діатомових; 13 РТ і 9 НАВ дінофітових; 7 РТ і 2 НАВ ціанобактерій; по 1 РТ виду зелених, золотистих, діктіохових; по 2 НАВ ебрідієвих та примнезієвих та 1 НАВ евгленових водоростей.

Рівень цвітіння, за нашими даними в Одеській затоці в 2016–2017 рр., був зареєстрований (табл. 2) для 12 видів фітопланктону, з яких 2 належали до РТ та 10 – до НАВ видів мікроводоростей. За нашою думкою, зафіксовані випадки цвітіння окремих мікроводоростей, особливо потенційно токсичних діатомових *Pseudo-nitzschia delicatissima* і дінофітових *Triplos furca*, а також ноктілюки, значно порушує структуру угруповань фітопланктону прибережних вод Одеської затоки, впливає на якість водного середовища та погіршує умови існування гідробіонтів (іхтіо- та зоопланктон) в затоці. Згідно до рекомендацій Водної рамкової директиви [4, 31] нами була оцінена якість морського середовища за метриками фітопланктону. Для кожного зразка фітопланктону була проведена оцінка якості за 3 характеристиками (метриками), а саме: за сумарною біома-

сою, сумарною чисельністю мікродоростей, а також за індексом Шелдону (Sh), який є модифікацією індексу Шенона.

Таблиця 2

Перелік HAB і РТ видів фітопланктону, для яких спостерігали випадки цвітіння в 2016–2017 рр.

	Таксон, вид	Діагноз	Чисельність, кл. · 10 ³ · л ⁻¹	Біомаса, мг · м ⁻³
	Bacillariophyceae			
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	HAB	2177,3	14484,3
2	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	HAB	3905,4	441,7
3	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.et Lewin	HAB	10938,1	721,58
4	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle	HAB	5905,23	33671,62
5	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	HAB	306,43	30805,78
6	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid. Kolbe	РТ	32727,3	2467,6
7	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	HAB	25850,0	1553,1
	Chlorophyceae			
8	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	HAB	36410,65	364,47
	Dinophyceae			
9	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	РТ	168,0	11639,3
10	<i>Noctiluca scintillans</i> (Mac.) Kof. & Sw.	HAB	224000,0	5463,1
	Cyanobacteria			
11	<i>Limnithrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	HAB	80425,5	1263,5
	Prymnesiophyceae			
12	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	HAB	8109,5	530,5

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

Аналіз наведених у табл. 3 оцінок якості морського середовища за окремими метриками показав, що:

- за біомасою фітопланктону, лише 37 % зразків, відповідали "високий" або "добрий" оцінці якості (переважно на початку весни та наприкінці осені), а "низьку" або "погану" оцінку якості отримали 42 % зразків (у лютому, травні – серпні 2016 р. та навесні 2017 р.).

- за чисельністю фітопланктону, майже у ті ж самі періоди досліджень, але у 20 % зразків якість морського середовища була як «висока» та «добра», а у 63 % зразків якість була оцінена як «низька» та «погана».

- за індексом біорізноманіття Шелдона (Sh) якість води відповідала стану «висока» та «добра» у 42 % зразках, і у 26 % зразків якість морського середовища була оцінена як «низька» та «погана».

Враховуючи той факт, що від 16 % до 32 % зразків мали помірну оцінку якості по всіх 3 метриках, можна зробити висновок, що за всіма використаними метриками, якість морського середовища в Одеській затоці у 2016 –2017 рр., в середньому знаходиться в інтервали між помірною та доброю, що може свідчити про стабільність стану екосистеми у 2016–2017 рр.

Враховуючи те, що класифікація якості води за метриками фітопланктону використовується для оцінки якості прибережних вод України, Румунії та Болгарії [29, 31] можна рекомендувати її для використання всіма Причорноморськими країнами.

Таблиця 3

Результати оцінки якості морського середовища за метриками фітопланктону на станції МНБС-Р в Одеській затоці в 2016–2017 рр.

Якість морського середовища	Висока (High)	Добра (Good)	Середня (Moderate)	Низька (Poor)	Погана (Bad)
I. За біомасою, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$	35–690	720–870	970–2500	2550–4340	5090–49050
Кількість зразків N (%)	11 (29)	3 (8)	8 (21)	5 (13)	11 (29)
Місяць / рік	8–12/2016, 3, 5/2017	3, 4/2016, 4/2017	5–7, 9–11/2016, 3, 4/2017	4/2016, 2, 4, 5/2017	2, 5–8/2016, 3, 6/2017
II. За чисельністю, кл. $\cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$	140–480	780	830–1440	2210–2750	3800–53600
Кількість зразків N (%)	7 (18)	1 (2)	6 (16)	4 (10)	20 (53)
Місяць / рік	8, 9, 11, 12/2016, 3/2017	5/2017	3, 8–10/2016, 3–4/2017	7, 9, 10/2016, 4/2017	2, 4–8, 11/2016, 2–6/2017
III. За індексом Sh	0.8–1.2	0.5–0.8	0.3–0.4	0.2	0.1
Кількість зразків N (%)	6 (16)	10 (26)	12 (32)	6 (16)	4 (10)
Місяць / рік	2, 3, 5, 6/2016, 3, 4/2017	5–8, 10/2016, 3–6/2017	4–6, 8–12/2016, 4, 6/2017	4, 9, 11/2016, 2, 5/2017	7–9/2016, 5/2017

Висновки

За результатами аналізу кількісних характеристик і біорізноманіття фітопланктону в прибережних водах Одеської затоки з лютого 2016 р. по червень 2017 р. було виявлено 258 видів 12 класів мікроводоростей: Bacillariophyceae (92 види), Dinophyceae (69), Chlorophyceae (35), Cyanobacteria (25), Prymnesiophyceae (15), Euglenoidea (6), Chrysophyceae (4), Cryptophyceae (4), Dictyochophyceae (2), Choanoflagellata (2), Ebriophyceae (2), Conjugatophyceae (2 види). Морські види фітопланктону в Одеській затоці становили 53,5 % від сумарної кількості, прісноводні види – 41 %, космополіти – 5,5 % [19, 21]. Видовий склад фітоценозу був звичайним для ПЗЧМ, втім, вперше в районі досліджень були знайдені прісноводні кон'югати (*Closterium lineatum* Ehr. et Ralfs та *Staurostrum chaetoceros* (Schroed.) Sm.), які не фіксувались раніше.

Аналіз змін кількісних характеристик фітопланктону виявив проходження 3 сезонних максимумів розвитку: лютий, травень – червень і листопад 2016 р. та лютий і травень 2017 р. Максимальна за весь період досліджень сумарна чисельність фітопланктону в поверхневому шарі води склала $86555 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (30.05.2016 р.), а мінімальна – $134 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (1.11.2016 р.). Максимальна біомаса фітопланктону склала $49050 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (12.02.2016 р.), та $37152 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (20.06.2017), а мінімальна біомаса – $35 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (30.11.2016). В цілому сучасні середні значення чисельності і біомаси мікроводоростей перевищували ті, що були зареєстровані в районі досліджень у попередні роки.

Аналіз відносного внеску окремих груп мікроводоростей в їх загальну чисельність показав, що в структурі фітоценозу найбільший внесок давали ціанобактерії (в середньому 38 % від сумарної чисельності), а потім вже діатомові водорості (33 %), примнезієві (22 %), зелені (17 %), криптофітові водорості (15 %), динофітові (5 %), золотисті (4 %), евгленові (0,4 %) та хоанофлагеляти (менш ніж 0,1%). Поява видів 3 останніх таксонів пов'язана виключно з гідрологічними умовами. Зелені і ціанобактерії реєстрували переважно в періоди надходження річкових вод. За відносним внеском в загальну біомасу фітопланктону мікроводорості розподілялись наступним чином: діатомові формували в середньому 58 % біомаси, динофітові – 33 %, евгленові – 10 %, криптофітові – 7 %, ціанобактерії – 3 %.

примнезієві водорості – 5 %, ціанобактерії – 4 %. Інші мікроводорості такі, як золотисті, евгленові та криптофітові в середньому давали внесок в межах 0,8 – 1,2 %.

Статистичний аналіз показав значимі кореляційні зв'язки для більшості досліджуваних фізико-хімічних характеристик і кількісних метрик фітоценозу, що свідчить про складну взаємодію фітоценозу з абіотичною складовою екосистеми та взаємовплив різних груп фітопланктону. Найбільш важливим фізико-хімічним фактором, який впливав на чисельність і біомасу фітопланктону і його таксономічну структуру, була солоність, зменшення якої завжди є індикатором потрапляння до району річкових водних мас, що викликало короточасне збільшення характеристик фітопланктону за рахунок розвитку прісноводних мікроводоростей і ціанобактерій. При цьому коливання значень насиченості киснем і водневого показника спостерігали синхронно зі змінами солоності і температури.

Результати досліджень динофітової мікроводорості ноктілюки (*Noctiluca scintillans*) показав, що її сезонний розвиток цілком відповідав масовому розвитку динофітових мікроводоростей. В циклі розвитку ноктілюки було відмічено 2 максимуми: в травні–червні та в жовтні, що цілком відповідає результатам досліджень інших авторів у Чорному морі. Максимальне значення чисельності ноктілюки $224000 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$, було зареєстровано в червні 2016 р. при біомасі $240,1 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ та в червні 2017 р. $34461 \text{ кл.}\cdot\text{м}^{-3}$ та біомасою $5463 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$. При цьому чисельність ноктілюки добре корелювала з сумарною біомасою фітопланктону (0,59), з біомасою діатомових водоростей (0,61), чисельністю хоанофлагелят (0,90), чисельністю і біомасою ебрідієвих водоростей (–0,59 і –0,63). Для біомаси ноктілюки тісні кореляційні зв'язки спостерігали з чисельністю і біомасою всього фітопланктону (0,44 і 0,80 відповідно), діатомових водоростей (0,62 і 0,84), ціанобактерій (0,45 і 0,82) ебрідієвих водоростей (–0,53 і –0,61), а також з чисельністю хоанофлагелят (0,79).

Аналіз індексу біорізноманіття фітопланктону по Шенону показав, що він змінювався від $0,9 \text{ біт}\cdot\text{кл}^{-1}$ до $3,6 \text{ біт}\cdot\text{кл}^{-1}$, що значно перевищувало значення ($0,1 - 1,5 \text{ біт}\cdot\text{кл}^{-1}$), які були зареєстровані в районі в попередні періоди, що свідчить про зростання біорізноманіття фітопланктону в останні роки, тобто про поліпшення якості морського середовища в цілому. При цьому коливання індексу Н практично співпадали з сезонними змінами кількісних характеристик фітоценозу та з суцесійними «хвилями», які спостерігались за чисельністю і біомасою фітопланктону. Спостерігались значимі кореляційні зв'язки ($P > 0,95$) між індексом Н у водній товщі від поверхні до дна та солоністю (– 0,32), насиченістю розчиненим киснем (0,32), сумарною біомасою фітопланктону (0,36) і діатомових водоростей (0,35), чисельністю і біомасою динофітових водоростей (0,36 і 0,43 відповідно), чисельністю евгленових водоростей (0,70) і чисельністю ноктілюки (0,37).

Вивчення розвитку в Одеській затоці потенційно токсичних (РТ) видів мікроводоростей, та видів (НАВ), здатних сягати рівня цвітіння показало, що в Одеській затоці в 2016–2017 рр., було зареєстровано розвиток 54 видів РТ та НАВ мікроводоростей: серед них 3 РТ і 12 НАВ діатомових; 13 РТ і 9 НАВ динофітових; 7 РТ і 2 НАВ ціанобактерій; по 1 РТ виду зелених, золотистих, діктіохових; по 2 НАВ ебрідієвих та примнезієвих та 1 НАВ евгленових водоростей. Рівень цвітіння, за нашими даними в Одеській затоці в 2016–2017 рр., спостерігався для 12 видів фітопланктону, з яких 2 належали до РТ та 10 – до НАВ видів мікроводоростей. За нашою думкою, зафіксовані випадки цвітіння окремих мікроводоростей, особливо потенційно токсичних діатомових *Pseudo-nitzschia delicatissima* і динофітових *Tripos furca*, а також ноктілюки, значно порушувало структуру угруповань фітопланктону прибережних вод Одеської затоки, впливало на якість водного середовища та погіршувало умови існування гідробіонтів (іхтіо- та зоопланктону) Протягом досліджень найбільш часто у складі фітопланктону зустрічались 32 види мікроводоростей і ціанобактерій, серед яких 12 видів сягали рівня цвітіння з весни по осінь, що значно змінювало структуру фітоценозу.

Оцінки якості морського середовища за основними метриками фітопланктону показали, що якість прибережних вод Одеської затоки на протязі досліджень змінювалась в досить широкому інтервалі від «поганої» до «високої», хоча середня оцінка якості знаходиться ближче до оцінки «помірна якість», що може свідчити про нестабільність стану фітоценозу в екосистемі морських прибережних вод Одеської затоки у 2016–2017 рр.

Роботу 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 2017 – 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 щирю подяку співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова Снігірьову С.М., Медінцю С.В., Мілевій А.П., Світлічній К.О., Грузовій І.Л. та іншим за виконання відборів зразків, проведення первинних спостережень та виконання лабораторних аналізів.

Література

1. Барінова С.С. Биоразнообразие водорослей–индикаторов окружающей среды. / С.С. Барінова, Л.А. Медведєва, О.В. Анисимова. – Тель–Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.– ISBN 965–7272–18–1.
2. Виноградова Л.А., Маштакова 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.
3. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. – Київ, 2006. – 240 с.
4. 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 р. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF>
5. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Відповід. ред. Лосєва І.Д. – Київ: КНТ, 2008. – 616 с.
6. Дерезюк Н.В., Галайко О.В., Никулина О.С., Танасюк Е.Г. Основные характеристики черноморских гидробионтов в конце XX века (1999–2000 гг.) // Наукові записки Тернопільського ДПУ. Серія: Біологія, № 3 (14) Спец. вип.: Гідроекологія, 2001, 125 -126 с.
7. Стан довкілля Чорного моря: Національна доповідь України. 1996 – 2000 рр. // - Одеса. Астропринт, 2002. - С. 55–57.
8. 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.
9. 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.
10. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология // монография под. ред. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. К., Наукова думка. 2006, - 701 с.
11. Виноградова Л.А., Василева В.Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря. – СПб: Гидрометеиздат, УкрНЦЕМ, Одесса, 1992.- 107 с.]
12. Ковальова Н. В. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острову Зміїний в 2016 р. / Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов С. І., Медінець С.М. // Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія». – 2017. Вип. 16. – С. 132–140.
13. 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.
14. Теренько Л.М., Теренько Г.В. Многолетняя динамика «цветений» микроводорослей в прибрежной зоне Одесского залива (Чёрное море) // Мор. экол. журн. – 2008. – 7, № 2. – С. 76–86.
15. Теренько Г.В., Гущина Е.Г. «Цветение» воды, вызванное синезеленой водорослью *Dolichospermum flosaquae* (Bréb.) Wack., Hoff. et Kom. в Одесском заливе Чёрного моря в мае–июне 2013 г. // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. V Междунар. Науч. Конф. 12–17 сентября 2016 г., Минск – Нарочь / сост. и общ. ред. Т. М. Михеева. – Мн.: БГУ, 2016. – С. 185–187
16. Проект UNDP- EU "Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, Фаза 2 - EMBLAS-II" (2015–2018). <http://www.emblasproject.org>

17. Moncheva S. and Par B. 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.
18. Tsyban A.V. Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments. - L .: Gidrometeoizdat, 1980. - 191 p.[in Russian].
19. Algaebase: Listing the World's Algae. – Режим доступу: <http://www.algaebase.org/index.lasso>
20. 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/>.
21. 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
22. © – Программа для первичной математической обработки гидробиологических проб “TRITON”. Свид. Гос. регистр. ПА № 3322, 15.08.2000 г.
23. 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 doi:10.3390/toxins2051019
24. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. - Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 288 с.
25. Fock H.O., Greve W. Analysis and interpretation of recurrent spatio-temporal patterns in zooplankton dynamics: a case study on *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in the German Bight (North Sea). *Marine Biology*, 2002. 140: 59–73 DOI 10.1007/s00227010068.
26. Shuwen Zhang. Ecological Roles of *Noctiluca scintillans* in Marine Food Web – As a Predator, “Prey” and Nutrient Regenerator. Hong Kong University of Science and Technology, 2016. – 215 P. <http://hdl.handle.net/1783.1/80636> or <http://repository.ust.hk/ir/Record/1783.1-80636>
27. Mikaelyan A.S., Malej A., Shiganova T.A., Turk V., Sivkovitch A.E., Musaev E.I., Kogovsek T. and Lukasheva T. Populations of the red tide forming dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Macartney): A comparison between the Black Sea and the northern Adriatic Sea. *Harmful Algae*, 2014, 33, 29–40.
28. Дриц А. В., Никишина А. Б., Сергеева В. М., Соловьев К. А. Питание, дыхание и экскреция черноморской *Noctiluca scintillans* MacCartney в летний период. *Океанология*, 2013, том 53, № 4, с. 497–506.
29. Dereziuk 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.
30. Дерезюк Н.В. Фітопланктон Куяльницького лиману у 2015 – 2017 рр. / Дерезюк Н.В. // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 1–2 (27). ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Харків, 2017. – С. 52 – 61.
31. 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>

References

1. 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. ISBN 965–7272–18–1 [In Russian].
2. Vinogradova L.A., Mashtakova G.p., Derezyuk N.V. (1986) *Suktsessionnye izmeneniya v fitoplanktone severo-zapadnoj chasti Chernogo moray* [Successional changes in the phytoplankton of the north-western Black Sea]. Study of ecosystem of the Black Sea pelagic zone. Moscow: Nauka, 170– 179 [In Russian].
3. *Vodna ramkova durektyva YeS 2000/60/EC (2006)* [EU Water Framework Directive 2000/60/EC]. Kyiv, 240 [In Ukrainian].
4. 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. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF>
5. Loeva I.D. (Shief Editor) (2008) *Gidrologichni ta gidrohimichni pokaznyky stanu nivnichno-zahidnogo shelfu Chornogo moray* [Hydrological and hydrochemical indicators of the north-western Black Sea shelf state]. Kyiv: KTN, 616 [In Ukrainian].
6. Derezyuk N.V., Galayko O.V., Nikulina O.S., Tanasyuk E.G. (2001) *Osnovnye charakteristiki chernomorskih gidrobiontov v kontse XX veka (1999–2000)* [Main characteristics of the Black Sea hydrobionts in the end of the 20th Century (1999–2000)]. Proceedings of Ternopol National Pedagogical V.Gnatyuk University. Series: Biology, 3 (14). Special Issue: Hydro-ecology. 125 –126 [In Russian].

7. Stan dovkillya Chornogo moray: Natsionalna dopovid' Ukrainy. 1996–2000 (2002) [Black Sea environment state: National overview of Ukraine. 1996–2000]. Odessa: Astroprint. 55–57 [In Ukrainian].
8. 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.* 2010. 405 - P. 231–242.
9. 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*, 2017, 197, P.173–184.
10. Zaitsev Yu.P., Aleksandrov B.G., Minicheva G.G. (2006) Severo-zapadnaya chast Chernogo morys: Biologiya I ekologiya [North-western Black Sea: Biology and ecology]. Kyiv: Naukova Dumka, 701 [In Russian].
11. Vinogradova L.A., Vasileva B.N. (1992) Mnogoletnyaa dinamika I modelirovanie sostoyaniya ekosistemy pribrezhnyh vod severo-zapadnoj chasti Chernogo morya [Many years' dynamics and modelling of the north-western Black Sea coastal waters ecosystem state]. St.Petersburg: Gidrometeoizdat, 107 [In Russian].
12. 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 prybrezhnyh morskikh vod Odeskoyi zatoky I raiony ostrovu Zmiinyi v 2016 [Comparative assessment of marine coastal waters in Odessa bay and the Zmiinyi Island area in 2016] *Herald of Kharkiv National V.N.Karazin University. Series: ecology.* 16. 132–140 [In Ukrainian].
13. V.A. Smyntyna, V.I. Medinets, I.O. Suchkov et.al. (2008). Ostriv Zmiinyi: Ecosystema prybrezhnyh vod : Monografiya.[Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters : Monograph]. Odessa, Astroprint, 228. ISBN 978–966–190–149–9. [In Ukrainian].
14. Terenko L.M., Terenko G.V. (2008) Mnogoletnyaa dinamika “tsvetenij” mikrovodorosley v pribrezhnoy zone Odesskogo zaliva (Chernoye more) [Many years' dynamics of microalgal blooms in the coastal zone of Odessa bay (Black Sea)] *Marine ecological magazine.* 7, 2. 76–86 [In Russian].
15. Terenko G.V., Guschina E.G. (2016). «Tsvetenie» vody, vyzvanoe sinezelenoy vodoroslyu *Dolichospermum flosaquae* (Bréb.) Wack., Hoff. et Kom. v Odesskom zalive Chernogo morya v mae–iyune 2013 [Water “bloom” caused by blue-green alga *Dolichospermum flosaquae* (Bréb.) Wack., Hoff. et Kom. In Odessa bay of the Black Sea in May–June, 2013] *Materials of the 5th International Conference “Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, water quality.* Minsk: BGU. 185–187 [In Russian].
16. UNDP-EU Project “Polipshenya moniroringy dovkillya Chornogo morya. Faza2 – EMBLAS-II (2015–2018) [UNDP-EU Project “Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II”]. <http://www.emblasproject.org>
17. 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, 2005 (updated–2010). Istanbul, 67.
18. Tsyban A.V. (1980) Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments. - L .: Gidrometeoizdat, 191 [in Russian].
19. Algaebase: Listing the World's Algae: <http://www.algaebase.org/index.lasso>
20. 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/>.
21. 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
22. © – Programma dlya pervichnoy matematicheskoy obrabotki gidrobiologicheskikh prob “TRITON” (2000) [Software for primary mathematical processing of hydrobiological samples “TRITON”]. Certificate of State registration PA № 3322, 15.08.2000 [In Russian].
23. 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 doi:10.3390/toxins2051019
24. Ryabushko L.I. (2003) Potentsialno opasnye mikrovodorosli Azovo-Chernomorskogo basseyna [Potentially dangerous microalgae of the Azov-Black Seas basin]. Sevastopol: EKOSI – Gidrofizika. 288 [In Russian].
25. Fock H.O., Greve W. (2002) Analysis and interpretation of recurrent spatio-temporal patterns in zooplankton dynamics: a case study on *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in the German Bight (North Sea). *Marine Biology.* 140: 59–73 DOI 10.1007/s00227010068.
26. Shuwen Zhang (2016). Ecological Roles of *Noctiluca scintillans* in Marine Food Web – As a Predator, “Prey” and Nutrient Regenerator. Hong Kong University of Science and Technology, 215. <http://hdl.handle.net/1783.1/80636> or <http://repository.ust.hk/ir/Record/1783.1-80636>
27. Mikaelyan A.S., Malej A., Shiganova T.A., Turk V., Sivkovitch A.E., Musaeve E.I., Kogovsek T. and Lukasheva T. (2014). Populations of the red tide forming dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Macartney): A

- comparison between the Black Sea and the northern Adriatic Sea. Harmful Algae. 33, 29–40.
28. Drita A.V., Nikishina A.B., Sergeeva V.M., Solovyov K.A. (2013). Pitaniye, dyhanie i ekskretsiya chernomorskoy Noctiluca scintillans MacCartney in summer period [Feeding, breathing and excretion of the Black Sea Noctiluca scintillans MacCartney in summer period]. Oceanology, 53, 4, 497–506 [In Russian].
29. 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” (6 – 9 oct. 2008, Sofia). Sofia. 52.
30. Derezyuk N.V. (2017) Fitoplankton Kuyalnitskogo lymanu u 2015–2017 [Phytoplankton of the Kuyalnyk Estuary in 2015 – 2017]. Man and environment. Problems of neoecology. 1–2 (27). Kharkiv National V.N.Karazin University. 52 – 61 [In Ukrainian].
31. Moncheva S. (2017). 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].