

УДК 504.062.2

В. І. МЕДІНЕЦЬ, канд. фіз.-мат. наук, с. н. с., **Н. В. КОВАЛЬОВА**, канд. біол. наук, с. н. с.,
Н. В. ДЕРЕЗЮК, **С. М. СНИГІРЬОВ**, канд. біол. наук,
Є. А. ЧЕРКЕЗ, д-р геол.-мінер. наук, професор,
С. В. МЕДІНЕЦЬ, д-р прир. наук, **Є. І. ГАЗЕТОВ**
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна
e-mail: v.medinets@onu.edu.ua

БІОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ПОПОВНЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ

Мета. Виявлення реальних біологічних наслідків запуску великих обсягів морської води в Куяльницький лиман у 2014-2016 рр. **Методи.** Стандартні методи гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних та мікробіологічних досліджень. **Результати.** На основі проведених комплексних досліджень виконано аналіз динаміки основних фізико-хімічних та гідробіологічних характеристик екосистеми Куяльницького лиману, насамперед видового складу, чисельності і біомаси фітопланктону, бактеріопланктону і зоопланктону та концентрацій фотосинтетичних пігментів. Показано, що всі досліджені біологічні характеристики мають чітко виражений сезонний хід, головними чинниками якого були зміни температури і мінералізації вод лиману, а також випадки випадання гіпсу, які спостерігались влітку 2015 та 2016 років. **Висновки.** Запуск морської води не дав очікуваного результату стабільного опріснення вод лиману, але погіршив стан унікального біоценозу. Використання сучасної методології поповнення лиману морською водою викликає негативні наслідки, які посилюються з кожним подальшим запуском морської води в лиман і будуть наростати та приводити до незворотних процесів і повної деградації екосистеми лиману.

Ключові слова: Куяльницький лиман, фітопланктон, зоопланктон, бактеріопланктон, екосистема

Medinets V. I., Kovalova N. V., Derezyuk N. V., Snigirov S. M., Cherkez Ye. A., Medinets S. V.
Odessa I. I. Mechnikov National University

BIOLOGICAL CONSEQUENCES OF KUYALNIK ESTUARY FILLING WITH MARINE WATER FROM ODESSA BAY

One of the main reasons for the necessity of our study was the fact that previous researchers used only model experiments on the impact of dilution of sulfuric mud on seawater and did not take into account in their conclusions the fundamental foundations of the functioning of ecosystems, such as the cyclicity of the salt and hydrological balance and the cyclic functioning of biocenosis in Ecosystem of the estuarine complex. **Purpose.** Revealing of real biological consequences of the Kuyalnik Estuary filling with big amounts of marine water in 2014-2016. **Methods.** Standard methods of hydrological, hydrochemical, hydrobiological and microbiological studies. **Results.** Based on the comprehensive studies the analysis of dynamics of the Kuyalnik Estuary ecosystem's main physicochemical and hydrobiological characteristics has been performed, first of all of species composition, abundance and biomass of phytoplankton, bacterioplankton, zooplankton and concentrations of photosynthetic pigments. It has been shown that the studied biological characteristics have seasonal variations, the main reasons of which are changes in temperature and mineral content of the estuarine water, as well as the cases of gypsum sedimentation observed in summer of 2015 and 2016. **Conclusions.** Feeding of marine water did not achieve the expected result of stable estuarine water freshening, but worsened the situation with the unique biocenosis. The current methodology of the estuary refilling with marine water causes negative consequences, which aggravate with each next feeding of marine water into the estuary and will accrue and entail the irreversible processes and complete degradation of the estuary's ecosystem. We propose to focus on the restoration of the freshwater flow of the Big Kuyalnik River and the search for other engineering solutions.

Key words: Kuyalnik Estuary, phytoplankton, zooplankton, bacterioplankton, ecosystem

Мединец В. И., Ковалева Н. В., Дерезюк Н. В., Снигирев С. М., Черкез Е. А., Мединец С. В.
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ НАПОЛНЕНИЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНА МОРСКОЙ ВОДОЙ ИЗ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА

Цель. Выявление реальных биологических последствий запуска больших объемов морской воды в Куяльницкий лиман в 2014-2016 гг. **Методы.** Стандартные методы гидрологических, гидрохимических,

гидробиологических и микробиологических исследований. **Результаты.** На основе проведенных комплексных исследований выполнен анализ динамики основных физико-химических и гидробиологических характеристик экосистемы Куяльницкого лимана, в первую очередь видового состава, численности и биомассы фитопланктона, бактериопланктона, зоопланктона и концентраций фотосинтетических пигментов. Показано, что исследованные биологические характеристики имеют сезонный ход, главными причинами которого являлись изменения температуры и минерализации вод лимана, а также случаи выпадения гипса, которые наблюдались летом 2015 и 2016 гг. **Выводы.** Запуск морской воды не дал ожидаемого результата стабильного опреснения вод лимана, но ухудшил состояние уникального биоценоза. Использование современной методологии пополнения лимана морской водой вызывает негативные последствия, которые усиливаются с каждым последующим запуском морской воды в лиман, и будут нарастать, приводя к необратимым процессам и полной деградации экосистемы лимана.

Ключевые слова: Куяльницкий лиман, фитопланктон, зоопланктон, бактериопланктон, экосистема

Вступ

Відомо, що в останні роки екологічний стан практично всіх лиманних комплексів Причорномор'я погіршився [1]. В найбільш кризовому стані опинилась екосистема Куяльницького лиману внаслідок зменшення рівня води і підвищення мінералізації, що наносить руйнівну шкоду унікальним біологічним і бальнеологічним ресурсам цього курортного району [2, 3]. В листопаді 2014 р. було реалізовано обґрунтовану науковцями Одеського державного екологічного університету та деяких інших наукових організацій пропозицію щодо поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки, за якої на протязі зимово-весняних сезонів 2014-2016 рр., коли температура води була меншою за 8 С, до лиману подавалась морська вода з орієнтовними обсягами 8-12 млн. куб. м. В зв'язку з тим, що подібний експеримент з унікальним водним об'єктом проводився востаннє в 1926 році і публікацій про біологічні наслідки запуску морської води не залишилось, і незважаючи на те, що попередня комплексна експертиза, проведена науковцями Одеського державного екологічного університету МОН України, Інституту морської біології НАНУ, Фізико-

хімічного Інституту НАНУ та ДУ "Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології Міністерства охорони здоров'я України", гарантувала відсутність негативних наслідків від запуску в лиман морської води, нами вперше за всю історію досліджень Куяльницького лиману була використана унікальна можливість провести дослідження і оцінити реальні біологічні наслідки поповнення лиману морською водою. Однією з основних причин необхідності проведення нашого дослідження був той факт, що попередні дослідники для обґрунтування використовували лише модельні експерименти впливу розбавлення куяльницької ропи морською водою та не враховували в своїх висновках такі фундаментальні основи функціонування екосистем, як циклічність сольового і гідрологічного балансу та циклічність функціонування біоценозу в екосистемі лиманного комплексу.

Ціллю нашої роботи є оцінка реальних біологічних наслідків запуску великих обсягів морської води в Куяльницький лиман у 2014-2016 рр.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єкт досліджень – екосистема Куяльницького лиману. Одним з найважливіших завдань експедиційних досліджень було отримання експериментальної інформації про структурні та функціональні характеристики біологічної компоненти екосистеми Куяльницького лиману на протязі 2015-2016 рр. Для вивчення сезонних циклів всіх характеристик екосистеми вперше розроблена і реалізована програма інтегрованого екологічного моніторингу, за якою з

березня 2015 р. до грудня 2016 р. щомісячно проводився комплекс гідрологічних, гідрогеологічних, гідрохімічних та гідробіологічних досліджень. Повну схему відбору зразків та відповідних фізико-хімічних спостережень в Куяльницькому лимані наведено на рис. 1.

Всього у 2015-2016 рр. проведено 22 щомісячні експедиції, протягом яких в лимані відібрано 752 зразки води для визначення солоності, водневого показника, іон-

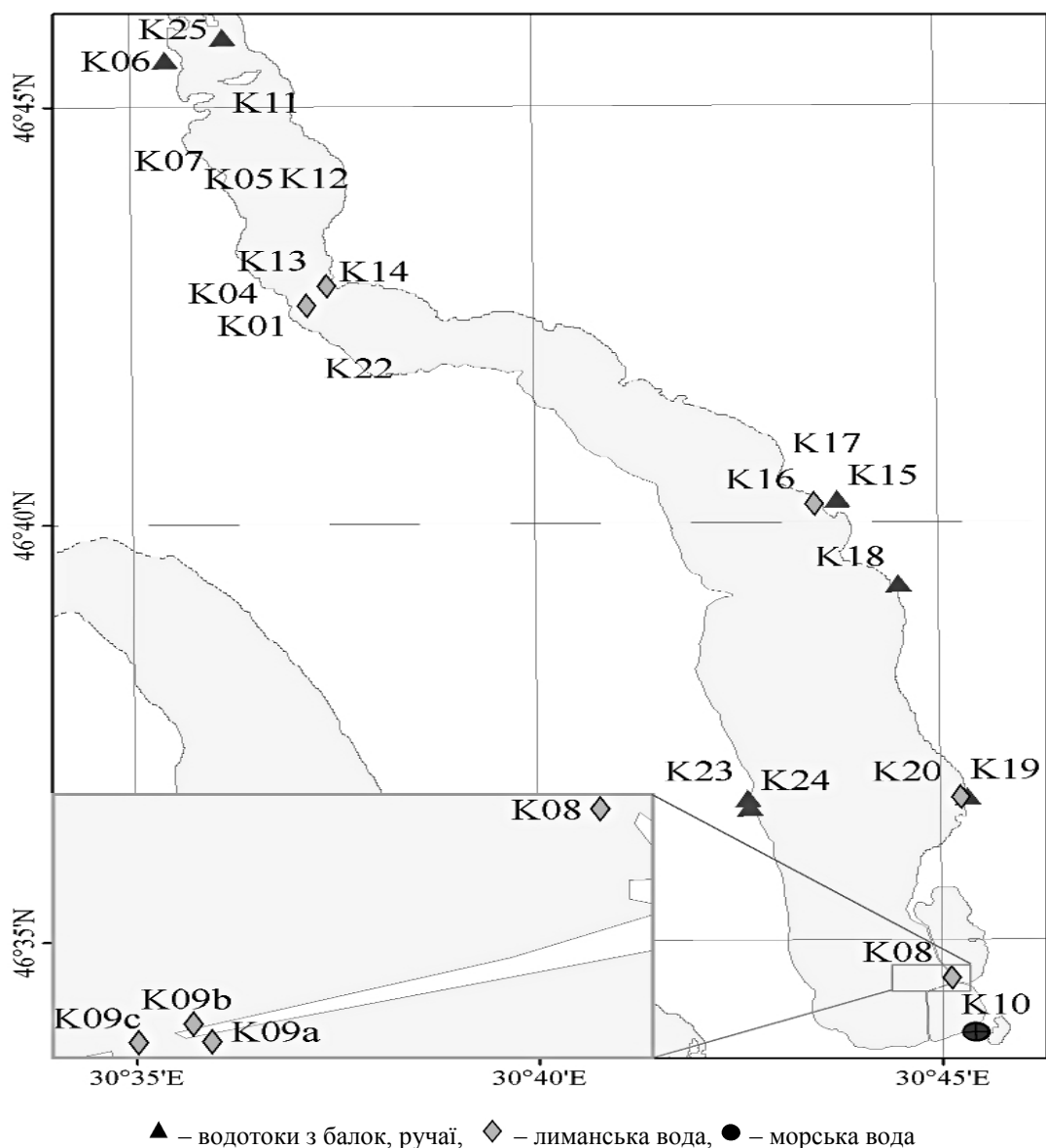


Рис. 1 – Розташування станцій відбору зразків води і фізико-хімічних спостережень у Куяльницькому лимані у 2015-2016 рр.

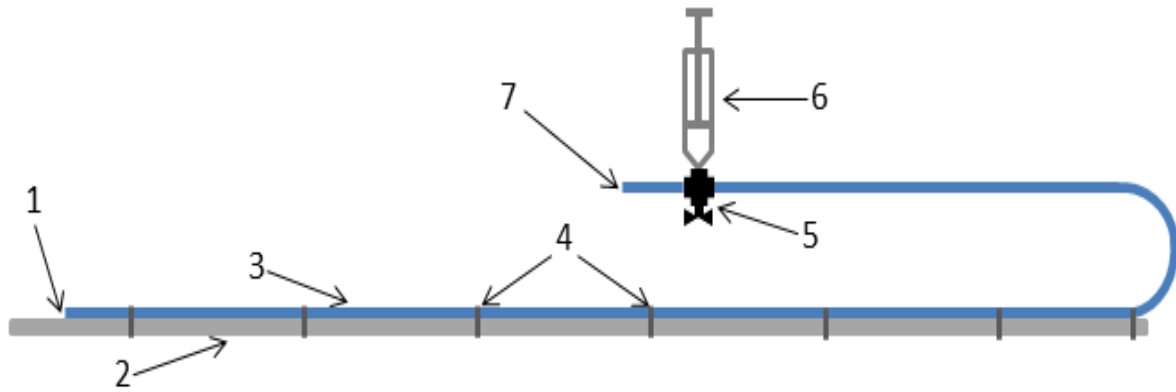
ного складу і вмісту біогенних сполук, 163 зразки води для визначення фітопланктону, бактеріопланктону і фотосинтетичних пігментів, 86 зразків зоопланктону. В процесі досліджень використовувались стандартні методи спостережень, відбору і обробки зразків, які описані в монографії [4]. Координати станцій спостережень визначалися за допомогою портативного приладу супутникової навігації «Magellan Explorist 300».

Глибина в точці спостережень в лимані та колодязях визначалася за допомогою ручного лоту. Відносну прозо-

рість води у лимані визначали за допомогою білого диску (диск Секкі). Температуру води вимірювали ртутним термометром відповідно до методичних рекомендацій.

Електропровідність води в польових умовах визначалась кондуктометром Hanna HI98188, а в лабораторії кондуктометром Mettler Toledo MC226. Показники рН відібраних зразків води визначалися портативним рН-метром Hanna HI98121.

Відбір зразків води в лимані для визначення фізико-хімічних характеристик, фітопланктону, бактеріопланктону і фотосинтетичних пігментів, а також іонного складу і



- 1 – вхідний отвір для забору зразку; 2 – жорсткий утримувач з інертного матеріалу;
 3 – поліетиленова трубка високого тиску; 4 – пластикові скоби для закріплення пробовідбірної трубки;
 5 – Т-подібний перфузійний краник; 6 – шприц об'ємом 100 мл; 7 – вихідний отвір.

Рис. 2 – Схема трубкового пробовідбірника

біогенних сполук проводився з двох горизонтів: поверхневого і придонного в пластикові ємності. Враховуючі мілководність водойми, нами для репрезентативного відбору зразків води був сконструйований спеціальний трубковий пробовідбірник (рис.2) у відповідності з рекомендаціями [5, 6], конструкція якого дозволяла проводити відбір зразків на глибинах від поверхні до дна з точністю ± 1 см.

Зразки води для дослідження фітопланктону відбирали у пластикові пляшки, які попередньо були стерилізовані 5% розчином соляної кислоти. Об'єм зразку складав 1000 мл. Фіксацію зразку після відбору води здійснювали 1% розчином формаліну. Згущення зібраних зразків здійснювали седиментаційним методом після 3-тижневої експозиції в лабораторії. Камеральну обробку та фотографування зрізків фітопланктону виконували за допомогою світлових мікроскопів HUND-H600 та OLIMPUS-BH2, які були оснащені цифровим фотоапаратом. Для кожного зразка досліджувались по 3 аліквоти зразку. Визначення видового складу проводились у відповідності з рекомендаціями [7]. Розрахунок об'ємів клітин мікроводоростей, сумарної чисельності, сирові і вуглецевої біомаси виконували з використанням програми для математичної обробки гідробіологічних проб «TRITON» [8].

Для визначення вмісту фотосинтетичних пігментів проводилось концентрування клітин фітопланктону шляхом фільтрації зразків води скрізь мембранні фільтри Sartorius з діаметром пір 0,8 мкм [9]. Кон-

центрація фотосинтетичних пігментів визначалась стандартним спектрофотометричним методом з використанням спектрофотометра JENWAY-6300. Екстрагування фотосинтетичних пігментів здійснювалось 90 % ацетоном. Вимір оптичної щільності розчинів проводили на довжинах хвиль 750, 665, 645, 630 і 430 нм, а розрахунок вмісту хлорофілів "a", "b", "c" і феофітину (мкг/л) проводили за формулами, які рекомендовані в роботі [10].

Зразки зоопланктону у верхів'ї і низов'ї лиману відбирали щомісячно через фільтруючий конус з розміром вічка сита 53 та 240 мкм. Загальний об'єм профільтрованої води для одного зразку становив 100 л. Концентрований в приймальній скляночці зоопланктон поміщався в пластикову ємність об'ємом 500 мл і фіксувався 4% формаліном. Зібраний матеріал в лабораторних умовах проглядався під бінокляром «Prig». Підрахунок чисельності (NA) зоопланктону проводився в камері Горяєва. Загальна кількість та біомаса зоопланктону розраховувались за стандартними формулами [11]. Крім того, відбір цист артемії на прибережних ділянках лиману проводився за допомогою шпателя з певної площі (20x20 або 10x10 см) в пластикові ємності і доставлявся в лабораторію для подальшого визначення біомаси, а також і для проведення експериментів по оцінці життєздатності цист [12, 13], для чого цисти витримувались в умовах постійної температури води (+ 18 °C), мінералізації (200 г/дм³) та рН (7,45).

За допомогою бінокюляру «Prior» через 1, 2 та 3 тижні підраховували кількість науплій артемії, які розвинулися з цист.

Визначення загальної чисельності і біомаси бактерій в зафіксованих формалінових зразках води проводили за методиками [14, 15]. В лабораторії воду зразка фільтрували через мембранні ультрафільтри з діаметром пір 0,2 мкм. Після фільтрації фільтри з осілими на їхні поверхні бакте-

ріями фіксували протягом 10 хвилин у парах формаліну і висушували. Висушені фільтри зберігали для подальшої обробки. Для мікроскопування фільтри з осілими на їхні поверхні бактеріями фарбували 5 % еритрозином і переглядали під мікроскопом при збільшенні 1200. На кожному фільтрі прораховували 20 полів зору для одержання статистично достовірних результатів.

Результати та обговорення

Аналіз результатів експедиційних спостережень (таблиця 1) за основними абіотичними характеристиками в нижній та верхній частинах лиману показав наступне.

Глибини лиману в точках спостережень на протязі 2015-2016 рр. змінювались від 0,3 м (жовтень 2015 р.) до 1,0 м (травень, жовтень та листопад 2016 р.) в нижній частині лиману біля с. Шевченково. Наприкінці серпня 2015 р. в районі с. Ковалівка було зафіксовано повну відсутність водного шару, що продовжувалось до січня 2016 р. Відновлення постійного водного шару води в цьому районі спостерігалось лише у лютому 2016 р., що було результатом двомісячного наповнення лиману морською водою. Далі впродовж 2016 р. наявність мілкового водяного шару реєструвалась щомісячно. Максимальна глибина на станції K01 в районі с. Ковалівка спостерігалась в травні 2016 р. і становила 0,4 м.

Прозорість вод Куяльницького лиману в 2015-2016 рр. характеризувалась середнім значенням у пониззі біля с. Шевченкове – 0,39 м (діапазон змін 0,10 - 0,80 м). Мінімальне значення прозорості (0,1 м) спостерігалось у березні та грудні 2016 р., а максимальне (0,8 м) – у травні - липні 2016 р. При цьому слід відмітити, що прозорість в районі с. Ковалівка звичайно перевищувала товщину водного шару води, тому виключена з подальшого аналізу.

Температура води у пониззі Куяльницького лиману на протязі 2015-2016 рр. коливалась від -0,9 °C (грудень 2015 р.) до 33 °C (липень 2015 р.) при середньому значенні 18,7 °C за період спостережень 2015-2016 рр.

Середньомісячна температура в придонному шарі води була дещо вищою (19,4 °C), ніж у поверхневому, та змінювалась в діапазоні від 0,1 (грудень 2015 р.) до 32,3 °C (липень 2015 р.). В мілководніших районах

лиману (с. Ковалівка) в літній період вода прогрівалась до більш високих температур з максимумом 34,1 °C у липні 2015 р.

Аналіз змін мінералізації відібраних у 2015 р. зразків води показав, що мінімальні значення мінералізації були зареєстровані в квітні 2015 р. в нижній частині лиману, становили 134,5 г/дм³ і були обумовлені надходженням морської води з Одеської затоки, а максимальне значення - 357,3 г/дм³ - спостерігалось там же в жовтні 2015 р. У 2016 році діапазон змін мінералізації у лимані був меншим: від 182,0 (грудень 2016 р., нижня частина лиману) до 350,8 (вересень 2016 р., район лиману біля с. Ковалівка). Практично завжди у періоди наповнення лиману морською водою спостерігався ефект стратифікації солоності. Максимум градієнту мінералізації між придонним і поверхневим шарами у грудні 2015 р. дорівнював 156 г/дм³.

Значення водневого показника в нижній частині лиману змінювались в межах від 7,1 (серпень – вересень, листопад 2015 р. і серпень 2016 р.) до 7,9 (грудень 2015 р.) в поверхневому шарі та в межах від 7,1 (серпень – вересень, листопад 2015 р. і серпень 2016 р.) до 7,7 (квітень 2015 р. і 2016 р.) в придонному шарі води.

В районі с. Ковалівка діапазон змін водневого показника був практично таким же: від 7,1 у листопаді 2015 р. до 7,8 у квітні 2015 р. При цьому відмічено зростання водневого показника в зимово-весняні періоди, коли до лиману подавалась морська вода з Одеської затоки, значення водневого показника якої було в межах 7,9-8,1.

Аналіз результатів проведених гідробіологічних досліджень (видового складу, чисельності і біомаси фітопланктону, зоопланктону, бактеріопланктону та концентрацій фотосинтетичних пігментів

Таблиця 1

Середні значення фізико-хімічних показників у 2015-2016 рр.

Об'єкт	Дата спостережень	Глибина, м	Прозорість, м	Температура поверхнього шару води, °С	Температура придонного шару води, °С	Мінералізація поверхнього шару води, г/дм ³	Мінералізація придонного шару води, г/дм ³	рН поверхнього шару води, од.рН	рН придонного шару води, од.рН
Пониззя лиману (с. Шевченкове)	25.03.15	0,60	0,20	10,8	10,8	228,8	227,4	7,4	7,4
	23.04.15	0,70	0,25	17,2	14,1	134,5	158,1	7,7	7,7
	27.05.15	0,90	0,3	28,3	28,7	213,9	220,5	7,4	7,4
	11.06.15	0,8	0,25	30,7	30,5	226,4	233,5	7,3	7,3
	08.07.15	0,70	0,20	33,0	32,3	238,9	246,8	7,2	7,2
	11.08.15	0,50	0,15	26,2	25,4	291,6	308,3	7,1	7,1
	09.09.15	0,50	0,30	27,1	26,5	328,8	325,0	7,1	7,1
	23.09.15	0,50	0,25	27,1	28,6	323,3	326,4	7,1	7,1
	09.10.15	0,30	0,20	12,9	14,1	357,3	357,3	7,2	7,2
	11.11.15	0,70	0,42	15,7	18,4	277,5	277,7	7,1	7,1
	17.12.15	0,70	0,60	-0,9	0,1	135,5	291,3	7,9	7,2
	18.02.16	0,70	0,45	6,7	7,1	187,3	237,4	7,5	7,3
	16.03.16	0,70	0,10	10,3	10,3	198,4	221,6	7,4	7,4
	15.04.16	0,70	0,40	15,6	15,8	200,6	205,2	7,7	7,7
	25.05.16	1,00	0,80	18,4	18,4	203,1	207,9	7,5	7,4
	13.07.16	0,90	0,80	32,6	29,6	237,1	238,1	7,3	7,3
	16.08.16	0,60	0,60	26,5	26,5	293,7	293,0	7,1	7,1
	16.09.16	0,50	0,50	20,5	20,9	234,0	328,5	7,8	7,6
	24.10.16	1,00	0,40	9,4	9,4	245,2	254,5	7,6	7,6
	18.11.16	1,00	0,20	5,6	5,6	239,2	244,5	7,6	7,6
12.12.16	0,8	0,10	5,5	5,4	182,0	211,2	7,5	7,5	
Верхів'я лиману (с. Ковалівка)	25.03.16	0,10	>0,10	12,0		194,6		7,4	
	23.04.15	0,10	>0,10	16,3		182,9		7,8	
	27.05.15	0,15	>0,15	31,2		275,9		7,4	
	11.06.15	0,25	>0,25	30,0		271,8		7,4	
	08.07.15	0,25	>0,25	34,1		234,3		7,4	
	11.08.15	0,15	>0,15	25,9		331,8		7,0	
	11.11.15	0,02	>0,02-	15,3		285,3		7,1	
	18.02.16	0,15	>0,15	4,9		193,5		7,5	
	16.03.16	0,15	>0,15	12,6		226,7		7,3	
	25.05.16	0,40	>0,40	21,3		208,5		7,5	
	13.07.16	0,15	>0,15	32,0		315,5		7,2	
	16.08.16	0,20	>0,20	33,0		322,3		7,1	
	16.09.16	0,02	>0,02	25,1		350,8		7,2	
25.10.16	0,20	0,05	10,0		257,5		7,4		
06.12.16	0,10	>0,10	1,9		239,6		7,4		

Примітка: в верхів'ях лиману відбір зразків води та вимірювання фізико-хімічних параметрів здійснювались лише в поверхневому шарі води.

показав наступне.

Фітопланктон. У 2015-2016 рр. майже на всій акваторії лиману видовий склад фітопланктону був практично монодомінантним: розвивалася зелена водорість *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. В періоди подачі морської води в лиман фіксувались

також бентопланктонні діатомові водорості (наприклад *Amphiptera spp.*, *Cocconeis pediculus* Ehr., *Gomphonema spp.*, *Gyrosigma spenceri* (W.Sm.) Cl., *Melosira*), зелені *Chlorococcum infusionum* (Schr.) Meneg. та ціанобактерії *Aphanizomenon spp.* і *Oscillatoria spp.* При цьому слід зазначити,

що кількість видів фітопланктону Куяльницького лиману значно зменшилась у порівнянні з результатами досліджень початку ХХІ ст. [16, 17]. За результатами наших мікроскопічних спостережень практично у всіх зразках було зафіксовано зменшення об'єму клітин *D. salina* від 339 мкм³ у 2015 р. до 68 мкм³ у 2016 р. При цьому вперше в усіх зразках нами реєструвались клітини у *D. salina* різної модифікаційної мінливості (від кулястої до циліндричної форми), що свідчить про

нестабільність екологічних факторів [18, 19].

В зв'язку з тим, що найбільш повні ряди спостережень були накопичені нами для нижньої частини лиману, саме для цього району лиману був проведений аналіз змін у середніх значень чисельності і біомаси фітопланктону в цілому та домінантного виду *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor у 2015-2016 рр. (рис. 3, 4), який показав, що максимум чисельності фітопланктону спостерігався в березні 2016 р., а максимум біомаси – в квітні 2016 р.

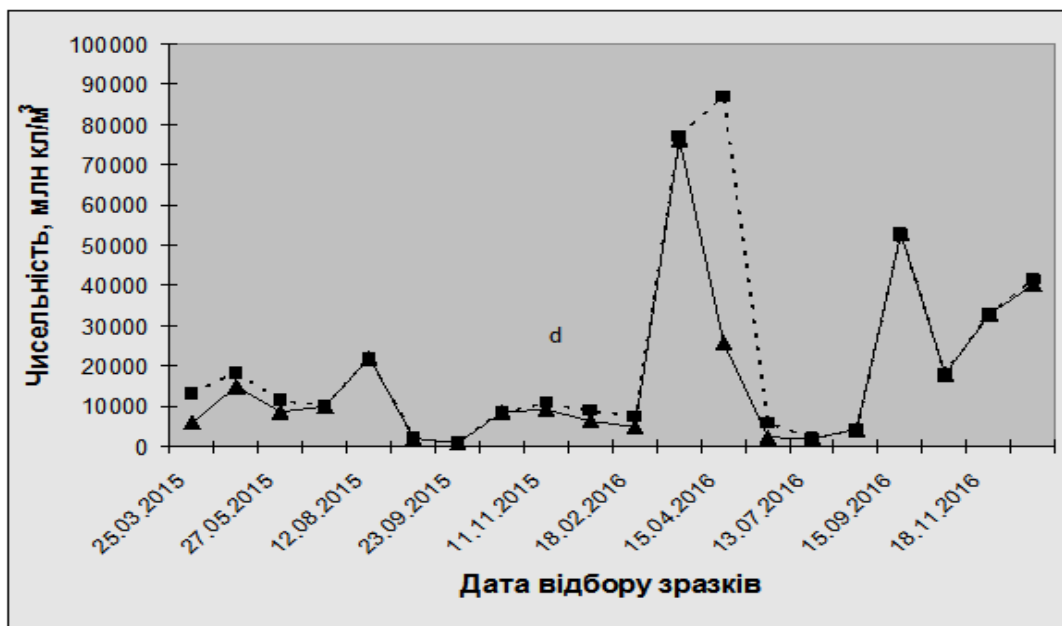


Рис. 3 – Чисельність фітопланктону в цілому (■) та домінантного виду *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor (▲) у 2015-2016 рр. в нижній частині Куяльницького лиману

Ці максимуми співпадали з періодом поповнення лиману морською водою з Одеської затоки. При цьому кількість видів фітопланктону в зразках води в центральній та нижній частинах лиману збільшувалася (іноді до 14) за рахунок таких видів, як діатомові водорості (*Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reim. et Lewin, pp. *Chaetoceros* і *Coscinodiscus* та ін.), динофітові водорості (*Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt. і *Heterocapsa triquetra* (Ehr.) Stein, pp. *Gyrodinium* і *Protoperidinium* та ін.), морські золотисті, криптофітові, діктіохофітові та гаптофітові водорості. Також реєструвались і суто прісноводні види (pp. *Cyclotella*, *Gyrosigma*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Euglena* та ін.), що було пов'язано з наявністю в цей період в Оде-

ській затоці опріснення вод з Дніпровського лиману. В цих же зразках фітопланктону були зафіксовані додатково цисти динофітових водоростей, аскоспори грибів, коловратки та остракоди (мейобентос).

Мінімальні середні значення чисельності і біомаси фітопланктону спостерігались у вересні 2015 р. та у червні - серпні 2016 р. При цьому сезонний хід в 2015 і 2016 рр. практично повторювався: максимуми значень чисельності фітопланктону у 2015 р. спостерігались в квітні і в серпні, а у 2016 р. – у березні-квітні та у вересні. Слід відмітити, що в цілому чисельність і біомаса фітопланктону в 2015 р. були в 3-4 рази меншими, ніж у 2016 р. Динаміка чисельності і біомаси домінантного виду *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor практично повторюва-

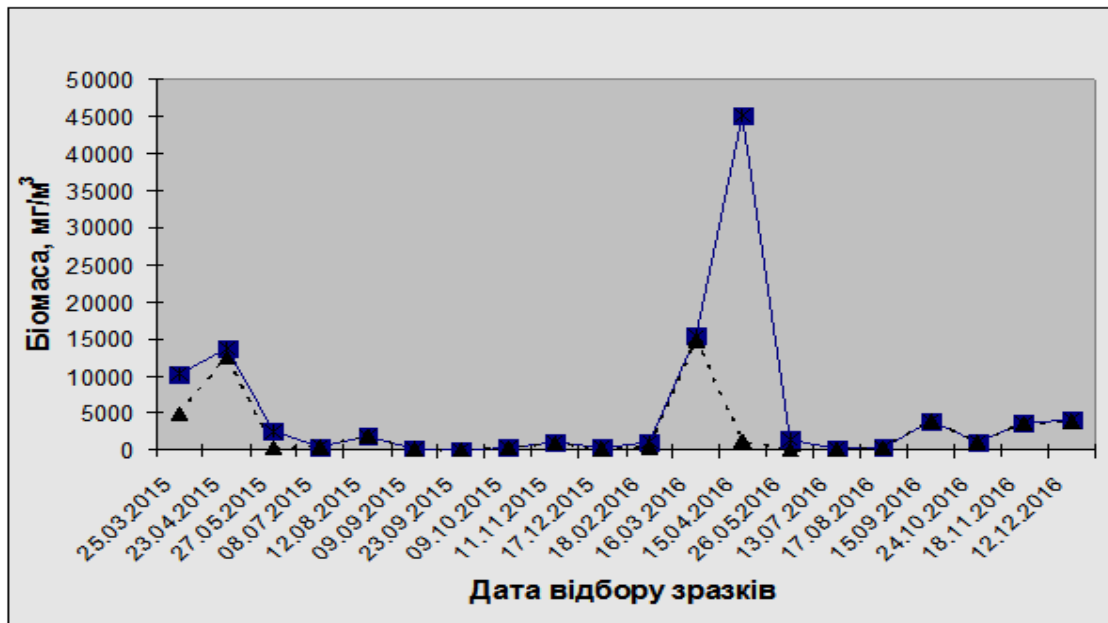


Рис. 4 – Біомаса фітопланктону в цілому (■) та домінантного виду *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor (▲) у 2015-2016 рр. в нижній частині Куяльницького лиману

ла хід цих характеристик фітопланктону в цілому. Внесок *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor в загальну чисельність і біомасу фітопланктону в липні-жовтні як у 2015 р., так і у 2016 р., був близьким до 100%, а в періоди наповнення лиману морською водою його внесок знижувався до 46,1% і 46,9% у березні 2015 р. та до 29,5-40,9% і 2,8-2,1% у квітні і травні 2016 р. відповідно, тобто надходження морської води та зниження мінералізації створювали несприятливі умови і пригнічували розвиток аборигенної мікродорості.

Додатково слід відмітити, що за результатами наших попередніх неопублікованих досліджень (серпень-вересень 2013 р.) видовий склад автохтонного фітопланктону в лимані влітку формувалася мікродорістю *Dunaliella salina*, невеликими бентопланктонними діатомовими (*Amphipleura spp.*, *Cocconeis pediculus* Ehr., *Gomphonema spp.*) та ціанобактеріями *Aphanizomenon spp.* і *Oscillatoria spp.* Якщо в 2013 р. у зразках води реєструвались від 3 до 6 видів водоростей, то в 2015–2016 рр. в лимані нами було зафіксовано вже 14 видів мікродоростей та ціанобактерій.

Хлорофіл *a* і феофітін *a*. Відомо [20,21], що фотосинтетичні пігменти посідають особливе місце серед біомаркерів стану водних екосистем та дозволяють оцінити їх трофічний статус [22]. Для оцінки трофічного статусу та для характеристики

фізіологічного стану фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний нами раніше [20] вже використовувалось співвідношення феофітину *a* до хлорофілу *a*, яке при значеннях більше 1,0 свідчить про більшу швидкість відмирання і розпаду мікродоростей у порівнянні з їх продукуванням, що звичайно відбувається внаслідок несприятливих умов їх існування.

Відсутність даних про вміст хлорофілу *a* і феофітину *a* у воді Куяльницького лиману в доступних нам джерелах літератури спонукала нас провести самостійне дослідження динаміки їх концентрацій у 2015-2016 рр., результати якого ілюструються рис. 5.

Аналіз часового розподілу середніх концентрацій хлорофілу *a* та феофітину *a* у воді Куяльницького лиману протягом 2015 і 2016 рр. показав, що їх концентрації коливались в дуже широкому діапазоні: 1,1 – 57,6 мг/м³ та 1,0-38,4 мг/м³ відповідно. При цьому була зафіксована висока синхронність їх змін в часі (коефіцієнт кореляції 0,88). Максимуми концентрацій хлорофілу *a* спостерігались у квітні 2015 і 2016 р. і за своїм рівнем (більш ніж 25 мг/м³) були характерні для гіпертрофних водойм і естуаріїв [24], тобто запуск морської води підвищував трофічність водойми. Аналіз співвідношень концентрацій феофітину *a* до хлорофілу *a* показав, що їх значення, більші

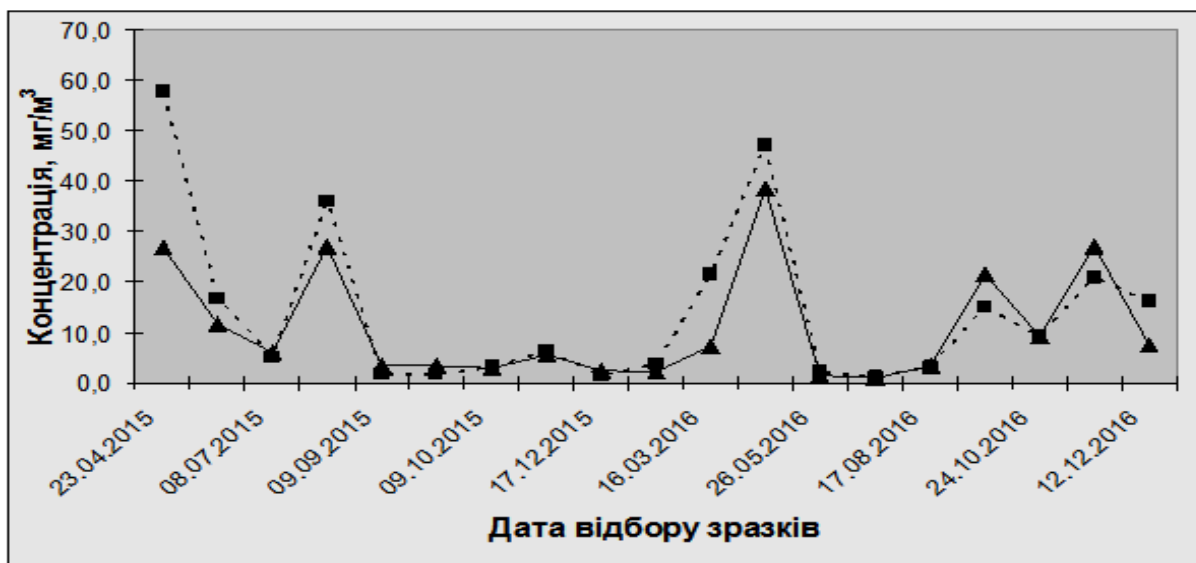


Рис. 5 – Середні концентрації хлорофілу а (■) та феофітину (▲) в 2015-2016 рр. в нижній частині Куяльницького лиману

за 1,0, спостерігались у 2015 р. з липня по грудень, а у 2016 р. з липня по листопад, тобто саме в ці періоди відзначалась найбільша деградація фітопланктонної спільноти, яка в періоди запуску морської води та весняного зростання температури досягала максимумів свого розвитку.

Зоопланктон. Відомо, що в умовах високої солоності Куяльницького лиману здатний жити тільки один вид зоопланктону - зяброногий рачок артемія *Artemia salina* (L.), який поряд з бактеріями і мікрородо-

ростями є одним з найважливіших чинників формування біоактивних речовин унікальної ропи та лікувальних грязей Куяльницького лиману. Останні детальні дослідження популяції артемії в Куяльницькому лимані проводилися більше 30 років тому [26] і були потім продовжені нашою науковою групою у 2015 р. [27]. Насамперед треба відмітити, що в водах лиману за весь період наших спостережень не було зафіксовано чорноморських видів зоопланктону, але в

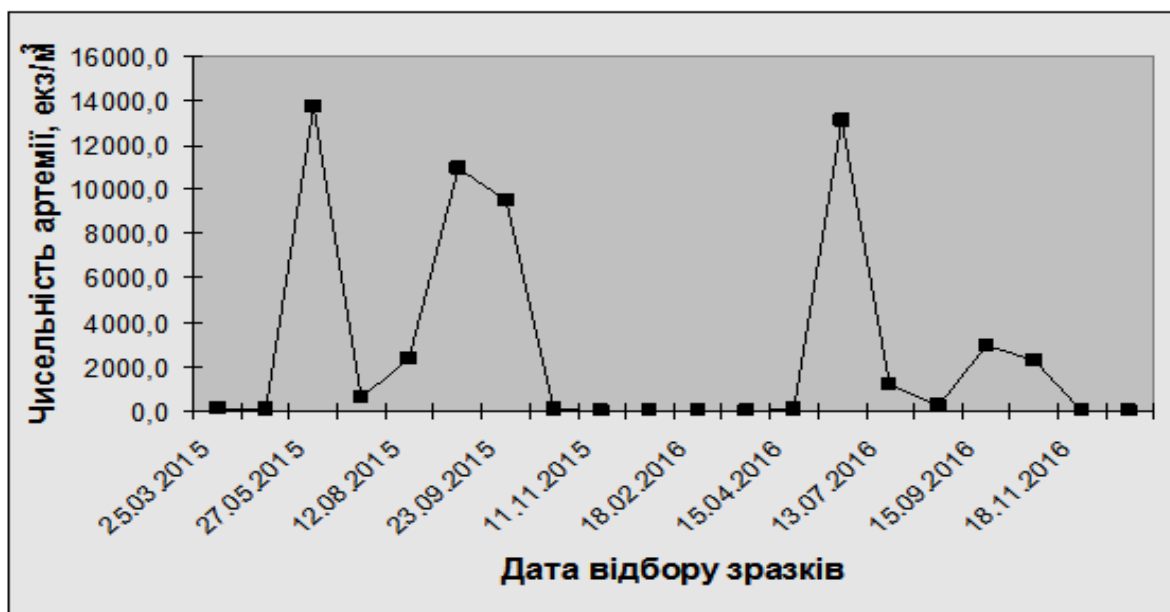


Рис. 6 – Середні значення чисельності (NA) артемії *Artemia salina* (L.) (■) у 2015-2016 рр. в нижній частині Куяльницького лиману

зразках морської води, які відбирали з труби, що з'єднує лиман з морем, були зафіксовані науплії та одиничні особини копепод, що належать до роду *Acartia*, а також декілька особин ктенофори *Pleurobrachia pileus* (O. F. Müller, 1776).

У 2015 – 2016 рр. чисельність (NA) і біомаса (BA) *Artemia salina* (L.) змінювались в дуже широких межах. Аналіз динаміки розвитку популяції артемії (рис. 6) показав, що практично однакові весняні максимуми середньої NA спостерігались у травні 2015 р. (13700 екз/м³) і у липні 2016 р. (13120 екз/м³).

У вересні 2015 р. був зареєстрований осінній максимум NA (10960 екз/м³), який повторився також у вересні 2016 р., але за значенням був у 3,7 разів меншим (2930 екз/м³), хоча основні абіотичні характеристики – такі, як температура і солоність – відрізнялись незначно. За результатами досліджень зафіксована сезонна залежність NA і BA артемії від температури, яка відмічалась раніше іншими авторами [28-30]. В холодний період року з листопада 2015 р. по лютий 2016 р. при температурі води до 10,0°C артемія у воді була практично відсутня. З підвищенням температури води до 12,0-15,0°C в березні – квітні, як в 2015, так і в 2016 р., в зразках води лиману починали з'являтися науплії артемії. Значення NA і BA в цей період залишалися на мінімальному рівні. У період різкого підйому температури води до 25,0-28,0°C в травні 2015 р. та травні 2016 р. було зафіксовано також і значне зростання значень NA і BA до максимальних за рік. Але з подальшим зростанням температури до 32,0 і 34,1°C (у 2015 р. та у 2016 р. відповідно) у середині літа спостерігалось різке пригнічення розвитку та загибель статевозрілих особин артемії: значення NA і BA в червні-липні 2015 р. знизилися до 540-600 екз/м³ і 0,92-1,02 г/м³. У 2016 р. загибель артемії спостерігалась трохи пізніше - наприкінці липня та на початку серпня. В періоди загибелі популяції артемії прибережні та мілководні ділянки дна лиману були покриті коричневою плівкою, аналіз зразків якої показав, що вона містить велику кількість цист артемії. Після зниження температури води до 20-25°C восени 2015 та 2016 рр. у розвитку популяції артемії спостерігався другий цикл, але треба відмітити, що його

інтенсивність в 2016 р. була в декілька разів меншою, ніж у 2015 р. Зниження температури до 12,8-15,0°C в жовтні 2015 р. та до 9,8 – 10,2 °C в жовтні 2016 р. призвело до пригнічення та загибелі більшої частини статевозрілих особин артемії, що підтверджувалося як візуальними спостереженнями, так і результатами мікроскопування зразків. У цей період прибережні ділянки лиману були покриті значною кількістю цист артемії. За нашою думкою, більш різке зменшення чисельності артемії восени 2016 р. у порівнянні з аналогічним періодом 2015 р. могло бути викликане існуванням гіпсової кірки, яка за даними наших гідрогеологів [25] випала в липні – серпні 2016 року, що перекрило шлях для надходження цист артемії з донної поверхні у водну товщу. Крім того, за результатами проведених лабораторних експериментів було встановлено, що цисти артемії, відібрані після загибелі популяції артемії влітку та восени як 2015, так і 2016 р., відрізнялися рівнем своєї життєздатності. З цист, відібраних у 2015 р., в середньому 15,4% були живими. З цист, відібраних восени 2016 р., життєздатними були лише 9,7% особин. Зниження життєздатності цист свідчить про погіршення умов та порушення природних циклів функціонування популяції артемії і потребує, за нашою думкою, подальших, більш детальних досліджень.

Проведений аналіз динаміки змін загальної біомаси артемії в лимані показав, що її максимуми спостерігались відповідно у травні і вересні як 2015 (992 і 696 тон), так і 2016 р. (1628 і 194 тон). При цьому слід відмітити, що у 2016 р. другий пік розвитку популяції був значно меншим, ніж у 2015 р., що, вірогідно, пов'язано з випадінням на дно лиману гіпсової кірки, яка в подальшому може перешкоджати нормальному розвитку «літніх» цист артемії.

Бактеріопланктон. Відомо [31], що бактеріопланктон є одним з найважливіших елементів біоценозу водної екосистеми, відповідаючи за процеси трансформації (утилізації та мінералізації) органічної речовини. Куяльницькому лиману притаманна специфічна галофільна мікрофлора, що адаптувалася до високої мінералізації і може функціонувати в широкому діапазоні солоності [32]. Особливістю Куяльницького лиману є великі запаси пелоїдів, в яких

концентрації мінеральних сполук біогенних речовин перевищують концентрації таких в ропі. Пелоїди характеризуються складним мікробним складом, що відіграє важливу роль у процесі грязеутворення [33, 34]. За анаеробних умов у донних відкладах деструкція органічної речовини відбувається в процесі бактеріальної редукції сульфатів [35]. Мілководність водойми, яка є чинником наявності розчиненого кисню в придонних шарах ропи, також забезпечує участь мікрофлори донних відкладів в аеробній деструкції органічної речовини. При цьому мілководність і значні градієнти концентрацій мінеральних і органічних сполук на границі «вода (ропа) - пелоїди» сприяють дифузії біологічно активних мікрокомпонентів та бактерій з донного шару пелоїдів у воду (ропу). Окремі мікробіологічні дослідження континентальних солоних водойм Причорномор'я проводились лише

спорадично Л.І. Рубенчиком [36] і Л.Б. Ісаченко [37], але при цьому загальна чисельність і біомаса бактеріопланктону не досліджувались. Оскільки бактерії відіграють виключно важливу роль у процесах, що відбуваються в воді та в донних відкладах, формують їх лікувальні властивості, то, на нашу думку, експеримент із заповнення Куяльницького лиману морською водою для поліпшення його водного балансу дозволяє не лише дослідити рівень розвитку бактеріопланктону, а й також оцінити можливі наслідки заповнення морською водою у 2015-2016 рр., для бактеріопланктону Куяльницького лиману, який характеризувався значеннями чисельності і біомаси (рис. 7), які, за нашими оцінками, у 2015 році були на 30-40% вищими, ніж в попередні роки, а у 2016 році на 40-50% нижчими, ніж в ті періоди, коли в лиман не потрапляла морська вода.



Рис. 7 – Середні значення чисельності бактеріопланктону (■) у 2015-2016 рр. в нижній частині Куяльницького лиману

Аналіз змін чисельності (ЧБ) і біомаси бактеріопланктону (ББ) показав, що вони монотонно зменшувались в період з березня 2015 р. по грудень 2016 р. і коливались в дуже широких діапазонах $(1,37-140,0) \cdot 10^6$ кл/мл і $0,48-49,0$ мг/л відповідно. При цьому в 2015 р. середні значення ЧБ $(93,3 \pm 34,4) \cdot 10^6$ кл/мл і ББ $(32,7 \pm 12,0$ мг/л)

були в 2,2 рази вищими, ніж в 2016 р., коли вони понизились до $(42,9 \pm 26,0) \cdot 10^6$ кл/мл і $15,0 \pm 9,1$ мг/л відповідно. Відмічені межирічні відмінності у складі бактеріопланктону проявлялись однаково як у північній, так і в південній (нижній) частинах лиману.

Сезонна динаміка бактеріопланктону в 2016 р. як для північної, так і для півден-

ної частин лиману характеризувалась найбільшою щільністю бактеріопланктону в лютому з поступовим зниженням до мінімальних значень ЧБ ($9,6 \cdot 10^6$ кл/мл) і ББ (3,32 мг/л) в липні-серпні. У вересні мікробіологічні показники зросли порівняно з літніми майже в 3 рази для південної і в 4 рази для північної частини, де було досягнуто рівня лютого максимуму. Загальною рисою динаміки мікробіологічних характеристик за два роки спостережень є зниження ЧБ і ББ по всій акваторії лиману в червні - серпні, коли температура досягала максимальних значень. Синхронність сезонних змін бактеріопланктону на всій акваторії лиману підтверджує високий позитивний коефіцієнт кореляції ($r=0,84$) між чисельністю бактерій в північній і південній частинах.

Проведений нами порівняльний аналіз вмісту бактеріопланктону в поверхневому і придонному шарі води показав, що ЧБ і ББ в придонній воді були в середньому в 1,3 рази вищими, ніж на поверхні. Перевищення концентрацій бактерій у дна порівняно з поверхнею відмічено в 75% спостережень. Найбільші градієнти вертикального розподілу чисельності бактеріопланктону зафіксовані в зимовий період з грудня 2015 р. по лютий 2016 р. У грудні в поверхневих водах низов'я лиману визначено абсолютний мінімум ЧБ ($1,4 \cdot 10^6$ кл/мл) і ББ (0,48 мг/л), що супроводжувалось низькою температурою води і значним зниженням солоності (132,9‰), яке було спричинено надходженням до лиману морських вод. В той же час в придонних водах лиману ЧБ і ББ склали $124,6 \cdot 10^6$ кл/мл і 43,6 мг/л відповідно, що майже на порядок величин вище, ніж на поверхні. При цьому температура води біля дна і на поверхні була однаковою, а солоність придонного шару (242,3‰) виявилась у 1,8 разів вищою, ніж на поверхні. Значне перевищення щільності бактеріопланктону біля дна у порівнянні з поверхнею спостерігалось також у вересні 2016 р., коли на станції К-08 ЧБ ($57,45 \cdot 10^6$ кл/мл) в придонному шарі в 3 рази перевищувала значення, отримані в поверхневому шарі ($18,02 \cdot 10^6$ кл/мл). Це також супроводжувалось великою різницею солоності поверхневих (67,21‰) і придонних (333,14‰) вод при однаковій температурі води (19,2° С). Ці факти свідчать про те, що існує потік аборигенного бактеріопланктону з пелюдів до водного шару.

Найпримітнішою особливістю динаміки бактеріопланктону Куяльницького лима-

ну за досліджений період було помітне зниження ЧБ і ББ влітку 2016 р. у порівнянні з 2015 р., що, на нашу думку, було викликано різною інтенсивністю випадання гіпсу влітку 2015 і 2016 рр., яке було зареєстровано нашими гідрогеологами, тому що саме наявність гіпсової кірки на поверхні мулів різко зменшує інтенсивність обмінних процесів між мулами і водою та перешкоджає потраплянню до води мікроорганізмів з донного мулу [33,34]. Слід відмітити, що в перехідному шарі вода-донні відкладення спостерігається стрибок кількісних і якісних характеристик мікрофлори, при якому "поверхнева плівка" донних відкладів характеризується високим вмістом (на 2-3 порядки вище, ніж у воді) і великим морфологічним різноманіттям мікроорганізмів, серед яких характерними є ниткоподібні форми, спірохети, спірили [34,35]. Нами також були зафіксовані зміни морфологічних форм бактерій: на протязі у 2015 р. у водах Куяльнику в основному реєструвались характерні морфологічні форми бактерій у вигляді великих зігнутих паличок, тоді як в 2016 р. морфологія бактерій змінилася на банальні дрібні форми паличок і коків.

Для визначення ролі водних джерел, що впадають у лиман, були проаналізовані рівні ЧБ і ББ у струмках, водотоках з балок і морських водах, які періодично надходили до лиману. Найнижчий вміст бактеріопланктону визначено в морській воді з грудня до квітня, коли середні значення ЧБ ($1,01 \pm 0,28$) $\cdot 10^6$ кл/мл і ББ ($0,35 \pm 0,10$ мг/л) були в 40 разів меншими, ніж у лимані, і при цьому відповідали рівневі мезотрофних морських вод [38]. В струмках вміст бактерій був у 2 рази вищим (ЧБ- ($2,50 \pm 1,66$) $\cdot 10^6$ кл/мл і ББ - $0,88 \pm 0,58$ мг/л), ніж у морській воді, але згідно з екологічною класифікацією якості поверхневих вод суходолу відповідав категорії достатньо чистих вод [39]. Дещо вищим був вміст бактерій у водотоках з балок, де середня ЧБ становила ($8,94 \pm 4,37$) $\cdot 10^6$ кл/мл, а ББ - $3,13 \pm 1,53$ мг/л, що свідчить про значне мікробіологічне забруднення вод, які за якістю відносяться до категорії брудні. Однак і ці значення були на порядок величин нижчими, ніж у лимані. Тобто основним джерелом бактеріопланктону у воді Куяльницького лиману були донні мули. Аналіз статистичних взаємозв'язків ЧБ у воді лиману з температурою, солоністю та водневим показником не виявив значимих кореляційних зв'язків.

Висновки

Ідентифіковані особливості бактеріо-планктону Куяльницького лиману в 2015-2016 рр. пов'язані, за нашою думкою, з випадками випадання гіпсу, насамперед тому, що гіпсова кірка сприяє створенню анаеробних умов у донних відкладах та розвитку сульфатредуючих бактерій, які відіграють основну роль у процесі утворення лікувальних грязей, а з іншого боку гіпсова кірка стає перешкодою для переходу аборигенних бактерій з донного мулу в воду та мінімізує збагачення ропи живильними речовинами, а також хімічно і біологічно активними компонентами, що виділяються в процесі деструкції органічної речовини з пелоїдів. Саме тому ми пропонуємо в майбутньому використовувати відношення чисельності бактерій у придонному шарі води та у верхньому шарі пелоїдів в якості індикатору інтенсивності процесів обміну мікроорганізмами між донними мулами і водою, який йде паралельно з надходженням розчинених живильних речовин з донних мулів у воду в процесі деструкції органічної речовини в мулі.

За результатами проведених досліджень виявлено, що всі досліджені біологічні характеристики мають чітко виражений сезонний хід, головними чинниками якого є температура і мінералізація води лиману та випадки випадання гіпсу, які спостерігались влітку 2015 та 2016 рр. Крім того, показано, що запуск у 2014-2016 рр. великих обсягів морської води в лиман привів до змін основних біологічних характеристик та погіршив екологічний стан унікального біоценозу і практично не дав очікуваного

результату розпріснення вод лиману. На думку авторів, запуск морської води в лиман, хоча частково і вирішує питання підтримання водного балансу, але не є ефективним рішенням для спасіння і відновлення екосистеми лиману, тому що зафіксовані нами у 2015-2016 рр. негативні наслідки з кожним подальшим запуском морської води в лиман будуть наростати і призведуть до незворотних та небезпечних процесів у лимані. Саме тому ми пропонуємо зосередитись на відновленні прісноводного стоку річки Великий Куяльник та пошуку інших інженерних рішень, які дадуть змогу відновити та підтримувати водний баланс лиману без використання морської води.

Дослідження проводились в рамках держбюджетної теми «Вивчити кризові зміни екосистеми Куяльницького лиману та обґрунтувати заходи щодо стабілізації його екологічного стану» (науковий керівник Черкез Є.А., д-р геол.-мінер. наук), яка виконувалася науковою групою Одеського національного університету імені І. І. Мечникова у 2015-2016 рр. за фінансування МОН України. Автори висловлюють подяку співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова Піцику В.З., Абакумову О.М., Светлічному С.В., Погрібній О.В., Роженко М.В., Ботнар М.Г. та водію Гулому А.В. за велику допомогу у виконанні експедиційних спостережень та відборі зразків.

Література

1. Адабовский, В. В., Большаков, В. Н., Гопченко, Е. Д. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья. Отв. ред.: Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко; Одесский гос. экологический ун-т. Одесса: ТЭС, 2012. 223 с.
2. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / За ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
3. Эннан, А. А., Шихалеев, И. И., Шихалеева, Г. Н., Адабовский, В. В., Кирюшкина, А. Н. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (северо-западное Причерноморье, Украина). *Вісн. Одес. нац. ун-ту. Хімія*. 2014. 19, вип. 3. С. 60-69.
4. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. В. А. Сминтина, В.І. Медінець, І.О. Сучков та інші; відп. ред.: В.І. Медінець; Одес. Нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. Одеса: Астропринт, 2009. XII, 228 с., [10] арк. іл. – (Науковий проект «Острів Зміїний» / керівник проекту В.А. Сминтина).
5. ДСТУ ISO 5667-4:2003. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер (ISO 5667-4:1987, IDT). Київ: Держспоживстандарт України. 2004. 7 с.
6. ДСТУ ISO 5667-6:2003. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків (ISO 5667-6:1990, IDT). Київ: Держспоживстандарт України. 2002. 10 с.
7. Algaebase: Listing the World's Algae. URL: <http://www.algaebase.org/index.lasso>

8. Программа для первичной математической обработки гидробиологических проб "TRITON". Свид. Гос. регистр. ПА № 3322, 15.08.2000 г
9. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А. В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 190 с.
10. UNESCO, 1969, Determinations of photosynthetic pigments in seawater, Rep. SCOR/UNESCO WG 17, UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 1, Paris. 69 P.
11. Методи гідроecологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.; під ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
12. Макаров, Ю.Н., Лисовская, В.И. Артемия Куяльницкого лимана как кормовой объект для развития морехозяйства в северо-западной части Черного моря. 2-я Всесоюз. конф. по биологии шельфа. – Киев, 1978. Ч. 2. С. 72-73.
13. Снигирев, С.М., Мединец, В.И., Черкез, Е.А Исследование состояния Artemia salina (L.) в Куяльницком лимане в 2015 г. / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку»; ОДЕКУ; УКРМЕПА – Одеса: ТЕС, 2015. С. 110-112.
14. Разумов, А.С. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха. *Микробиология*. 1932. Т.1, № 2. С.131-146.
15. Методи гідроecологічних досліджень поверхневих вод/Арсен О.М., та ін.; під ред. В. Д.Романенка. – К.:ЛОГОС, 2006. 408 с.
16. Герасимюк, В.П., Шихалеева, Г.Н., Эннан, А.А. Современное видовое разнообразие альгофлоры Куяльницкого лимана и сопредельных водоемов. *Журн. Альгология*. 2011. №2. С. 226-240.
17. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева и др. Киев: Наукова думка, 2006. С.410-411, С.557-576.
18. Масюк, Н. П. Флора водоростей Украины. Том 11. Зелені водорості. Вип.1. Фітомонади (Phytomonadina). Загальна характеристика. Част. 1. К., 2010. 314 с.
19. Oren, A. A hundred years of Dunaliella research: 1905-2005. *Saline Syst.*, 2005, vol. 1, pp. 1-14. doi:10.1186/1746-1448-1-2
20. Kovalova, N.V., Medinets, V.I. Results of phytoplankton pigments studies in the Zmiinyi island coastal waters in the Black Sea, 2004-2012. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова*, 2014, Т.19, вип.3. С. 44-59.
21. Roy, S., Llewellyn, C., Skarstad, E., Johnsen, G. Phytoplankton Pigments: Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography. – Cambridge: Published by Cambridge University Press. Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), 2011. P. 845.
22. Johnsen, G., Volent, Z., Tangen, K. and Sakshaug, E. Time series of harmful and benign phytoplankton blooms in northwest European waters using the Seawatch buoy system. In *Monitoring Algal Blooms: New Techniques for Detecting Large-Scale Environmental Change*, ed. M. Kahru and C. W. Brown. New York: Springer, 1997. P. 15 – 43.
23. Шадрин, Н.В., Миходюк, О.С., Найданова, О.Г. и др. Донные цианобактерии гиперсоленых озер Крыма. Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. – Севастополь: ЭкоСи-Гидрофизика, 2008. С. 100-112.
24. Vollenweider, R.A., Kerekes, J. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris. 1982, 154 pp.
25. Черкез, С.А., Кадурін, В.М., Світличний, С.В. Исторична реконструкція екологічного стану Куяльницького лиману за результатами мінералогічних досліджень донних відкладень. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017 : зб. тез доповідей ХХ Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету (Харків, 19-22 квітня 2017 року). – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. С. 219-220
26. Макаров, Ю.Н. Лисовская, В.И. Артемия Куяльницкого лимана как кормовой объект для развития морехозяйства в северо-западной части Черного моря. 2-я Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Киев, 1978. Ч. 2. – С. 72-73.
27. Снигирев, С.М. Мединец, В. И., Черкез, Е. А. Исследование состояния artemia salina (L.) в Куяльницком лимане. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку»; ОДЕКУ; УКРМЕПА – Одеса: ТЕС, 2015. С. 110-112
28. Макаров, Ю.Н. Распределение и динамика численности Artemia salina (L.) в Куяльницком лимане *Гидробиол. журн.*, 1984. Т.20. Вып. 3. С. 17-23.
29. Ануфриева, Е.В. Ракообразные гиперсоленых водоемов Крыма: фауна, экология, распространение. Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Севастополь: Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, 2014. – 175 с. (на правах рукописи).
30. Голуб, М.А. Популяция Artemia salina (L.) в озере Саки в 2010 году. – Материалы конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды». 2011, с. 102.
31. Романенко, В. И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во

- внутренних водоемах, Л., Наука, 1985, 294 с.
32. Романенко, С.И., Кузнецов, С.И. Микрофлора Сиваша некоторых соляных промыслов Крыма. Физиология водных микроорганизмов и их роль в круговороте органического вещества. Л.: Наука, 1969, с. 8–13.
 33. Белкина, Н. Ф. Роль донных отложений в процессах трансформации органического вещества и биогенных элементов в озерных экосистемах. *Труды Карельского научного центра РАН*, № 4. 2011. С. 35–41.
 34. Буторин, А.Н. Активность микрофлоры на границе воды и донных отложений// Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах.- Л.: Наука, 1984.- С. 248-253.
 35. Добрынин, Э.Г. Микробиологические процессы круговорота органического вещества в гипергалинных водоемах/автореферат дисс. к.б.н. по ВАК 03.00.07. Борок. – 1984. – 24 с.
 36. Рубенчик, Л.И. Микроорганизмы и микробиальные процессы в соляных водоемах Украины.— К.: Изд-во АН УССР. – 1948.— 156 с.
 37. Исаченко, Б.Л. Микробиологические исследования над грязевыми озерами . Избр.тр., Т.2. М-Л., Изд. АН СССР. 1951. С. 26-142.
 38. Заика, В. Е. О трофическом статусе пелагических экосистем в разных регионах Черного моря . *Морской экологический журнал*, №1, Т.П, 2003. – С. 5-11.
 39. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Окснюк, та ін., К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.

References

1. Adabovskij, V. V., Bol'shakov, V. N., Gopchenko, E. D. (2012). Aktual'nye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya [Actual problems of the estuaries of the north-western Black Sea region].— Odessa : TEHS, 223[in Russian].
2. Loboda, N. S., Hopchenko, Ye. D., ed. (2016). Vodnyy rezhim ta hidroekologichni kharakterystyky Kuyal'nyts'koho lymanu: [Water regime and hydroecological characteristics of the Kuyalnik estuary]. Odesa : TES, 332 [in Ukrainian].
3. EHnnan, A. A., SHihaleev, I. I., SHihaleeva, G. N. , Adobovskij, V. V., Kiryushkina, A. N. (2014). Prichiny i posledstviya degradacii Kuyal'nickogo limana (severo-zapadnoe Prichernomor'e, Ukraina) [The causes and consequences of the degradation of Kuyalnytsky-estuary (north-western Black Sea, Ukraine)]. Bulletin of Odesa National University. Chemistry. 19(3). 60-69.
4. Medinets' ,V. I. Ed. (2009). Ostriv Zmiyinyy: ekosystema pryberezhnykh vod : monografiya [Snake Island: Coastal waters ecosystem.]. Odesa: Ast-roprynt, XII, 228 [in Ukrainian].
5. DSTU ISO 5667-4:2003. Vidbyrannya prob. Chastyna 4. Nastanovy shchodo vidbyrannya prob iz pryrodnykh ta shtuchnykh ozer [Sampling Part 4. Guidance on the sampling of natural and artificial lakes] (2004). (ISO 5667-4:1987, IDT). Kiev, 7 [in Ukrainian].
6. DSTU ISO 5667-6:2003. Vidbyrannya prob. Chastyna 6. Nastanovy shchodo vidbyrannya prob vody z richok ta inshykh vodotokiv (ISO 5667-6:1990, IDT) [Sampling Part 6. Guidelines for the sampling of water from rivers and other watercourses]. (2002). – Kiev, 10 [in Ukrainian].
7. Algaebase: Listing the World's Algae. – Rezhim dostupu: <http://www.algaebase.org/index.lasso> [in English]
8. Program for primary mathematical processing of hydrobiological samples "TRITON"]. PA № 3322, declared 15.08.2000 [in Russian].
9. Cyban', A. V. (1980). . Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnyh otlozhenij[Guidelines for methods of biological analysis of sea water and bottom sediments]. Hydrometeoizdat , 190 [in Russian].
10. UNESCO, (1969). Determinations of photosynthetic pigments in seawater, Rep. SCOR/UNESCO WG 17, UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 1, Paris. 69 [in English].
11. Arsan, O. M., Davydov, O. A., D'yachenko, T.M. (2006). Metody hidroekologichnykh doslidzhen' poverkhnevnykh vod [Methods of hydroecological surveys of surface waters]. Kiev, 408. [in Ukrainian].
12. Makarov, YU. N., Lisovskaya, V.I. (1978). Artemiya Kuyal'nickogo limana kak kormovoj ob'ekt dlya razvitiya morekhozayajstva v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya x Artemia of Kuyalnytsky Estuary as a fodder for the development of the sea farm in the northwestern part of the Black Sea]: The 2 nd All-Union. Conf. On the biology of the shelf. Kiev, CH. 2. 72-73 [in Russian].
13. Snigirev, S. M., Medinec, V. I., CHerkez. E. A. (2015). Issledovanie sostoyaniya Artemia salina (L.) v Kuyal'nickom limane v 2015 g.[Research of the state of Artemia salina (L.) in Kuyalnik estuary in 2015]. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Natural-Resource Potential of the Kuyal'nytsky and Hadzhibytsky Limbs, the Inter-Limit Territory: Current Status, Prospects for Development". ODEKU; UKRMEPA – Odesa: TES, 110-112 [in Russian].
14. Razumov A.S. (1932). Pryamoj metod ucheta bakterij v vode. Sravnenie ego s metodom Koha . [Direct method of accounting for bacteria in water. Comparison with the Koch method]. Microbiology.1(2).131-146 [in Russian].
15. Arsen O.M., Davydov O.A., D'yachenko T.M. ta dr. Metody hidroekologichnykh doslidzhen' poverkhnevnykh vod

- [Methods of hydrodynamics of surface waters]. Kiev:LOHOS, 408 [in Ukrainian].
16. Gerasimuk V. P., SHihaleeva G. N., EHnnan A. A. (2011). Sovremennoe vidovoe raznoobrazie al'goflory Kuyal'nickogo limana i sopredel'nyh vodoemov [[The modern species diversity of the algoflora of the Kuyalnik estuary and adjoining reservoirs]. Jour. Algology. 2..226-240 [in Russian].
 17. Zajcev YU. P., Aleksandrov B. G., Minicheva G. G. i dr. (2006). Severo-zapadnaya chast' CHernogo morya: biologiya i ehkologiya [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 410-411, 557-576 [in Russian].
 18. Masyuk N. P.(2010). Flora vodorostey Ukrayiny. Tom 11. Zeleni vodorosti. Vyp.1. Fitomonady (Phytomonadina). Zahal'na kharakterystyka. Chast. 1 [Flora of seaweed of Ukraine. Volume 11. Green algae. № 1 Phytomonads (Phytomonadina). General characteristics. Part 1. Kiev, 314 [in Russian].
 19. Oren A. (2005). A hundred years of Dunaliella research: 1905-2005. Saline Syst., 1, 1-14. doi:10.1186/1746-1448-1-2 [in English]
 20. Kovalova , N.V., Medinets ,V.I. (2014). Results of phytoplankton pigments studies in the Zmiinyi island coastal waters in the Black Sea, 2004-2012. Bulletin of the *Odessa I. I. Mechnikov National University*.19(3). 44-59 [in English].
 21. Roy, S., Llewellyn, C., Skarstad, E., Johnsen, G. (2011). Phytoplankton Pigments: Characterization, Chemotaxonomy and Applications in Oceanography. – Cambridge: Published by Cambridge University Press. Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), 845 [in English].
 22. Johnsen, G., Volent, Z., Tangen, K. and Sakshaug, E.(1997). Time series of harmful and benign phytoplankton blooms in northwest European waters using the Seawatch buoy system. In Monitoring Algal Blooms: New Techniques for Detecting Large-Scale Environmental Change, ed. M. Kahru and C. W. Brown. New York: Springer, 15 – 43 [in English].
 23. Shadrin, N.V., Mihodyuk, O.S., Najdanova, O.G. i dr. (2008). Donnye cianobakterii gipersolenykh ozer Kryma [Bottom cyanobacteria of hypersaline lakes in the Crimea. In: Microalgae of the Black Sea: problems of biodiversity conservation and biotechnological use]. Sevastopol: Ecosi-Hydrophysics, 100-112 [in Russian].
 24. Vollenweider, R.A., Kerekes, J. (1982). Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris. 1982, 154 pp. [in English].
 25. Cherkez, Ye. A., Kadurin, V. M., Svitlychnyy, S. V.(2017). Istorychna rekonstruktsiya ekolohichnoho stanu Kuyal'nyts'koho lymanu za rezul'tatamy mineralohichnykh doslidzhen' donnykh vidkladen' [Historical reconstruction of the ecological condition of the Kuyalnitsky estuary based on the results of mineralogical studies of bottom sediments]. Ecology, environmental protection and sustainable use of nature: education - science - production - 2017. Abstracts of the reports of the XX International Scientific and Practical Conference devoted to the 10th anniversary of the creation of the Faculty of Ecology (Kharkiv, April 19-22, 2017). 219-220 [in Ukrainian].
 26. Makarov, YU.N. Lisovskaya. V. I. (1978). Artemiya Kuyal'nickogo limana kak kormovoj ob"ekt dlya razvitiya morekhoz'yajstva v severo-zapadnoj chasti CHernogo morya. 2-ya Vsesoyuz. konf. po biologii shel'fa. – Kiev, 1978. CH. 2. – S. 72-73 [in Russian].
 27. Snigirev, S.M. Medinec, V. I., CHerkez, E. A. Issledovanie sostoyaniya artemia salina (L.) v Kuyal'nickom limane [Research of the state of artemia salina (L.) in the Kuyalnik estuary]. The Materiel of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Natural and resource potential of Kuyalnytsky ta Hadzhibeyskogo Limaniv, teritorii mizhlimannya: sušnyj stan, prospects of development"; ODEKO; UKRMEPA - Odesa: TES. 110-112 [in Russian].
 28. Makarov, YU. N.(1984). Raspredelenie i dinamika chislenosti Artemia salina (L.) v Kuyal'nickom limane [Distribution and dynamics of abundance of Artemia salina (L.) in Kuyalnik estuary]. Hydrobiol. Journal. .20(3). 17-23 [in Russian].
 29. Anufrieva ,E.V.(2014). Rakoobraznye gipersolenykh vodoemov Kryma: fauna, ehkologiya, rasprostranenie. [Crustaceans of hypersaline water reservoirs of Crimea: fauna, ecology, distribution]. A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Sea. 175 [in Russian].
 30. Golub, M. A. (2011). Populiyaciya Artemia salina (L.) v ozere Saki v 2010 godu [Population of Artemia salina (L.) in Lake Saki in 2010]; proc. Conf. "Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation, Water Quality". 102 [in Russian].
 31. Romanenko V. I. (1985). Mikrobiologicheskie processy produkcii i destrukcii organicheskogo veshchestva vo vnutrennih vodoemah [Microbiological processes of production and destruction of organic matter in inland waters]. Nauka, 294 [in Russian].
 32. Romanenko, S. I., Kuznecov, S. I.(1969). Mikroflora Sivasha nekotoryh solyanyh promyslov Kryma [Sivash microflora of some salt mines in the Crimea. In: Physiology of aquatic microorganisms and their role in the circulation of organic matter]. Science, 8–13[in Russian].
 33. Belkina, N. F. (2011). Rol' donnyh otlozhenij v processah transformacii organicheskogo veshchestva i biogenykh ehlementov v ozernykh ehkositemah [The role of bottom sediments in the processes of transformation of organic matter and biogenic elements in lake ecosystems]. Proceedings of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences. 4. 35–41 [in Russian].
 34. Butorin ,A.N. (1984). Aktivnost' mikroflory na granice vody i donnyh otlozhenij [Activity of microflora on the

- boundary between water and bottom sediments] In: Interaction between water and sediments in lakes and reservoirs . Nauka, 248-253 [in Russian].
35. Dobrynin, E.H.G. (1984). Mikrobiologicheskie processy krugovorota organicheskogo veshchestva v gipergalinykh vodoemah [Microbiological processes of the circulation of organic matter in hyperhaline reservoirs]. Borok. 24 [in Russian].
 36. Rubenchik ,L.I. (1948). Mikroorganizmy i mikrobial'nye processy v solyanykh vodoemah Ukrainy [Microorganisms and microbial processes in salt water bodies of Ukraine]. Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 156 [in Russian].
 37. Isachenko, B. L. (1951). Mikrobiologicheskie issledovaniya nad gryazevymi ozerami [Microbiological studies on mud lakes]. .2. Academy of Sciences of the USSR [in Russian].26-142.
 38. Zaika ,V. E. (2003). O troficheskom statuse pelagicheskikh ehkosistem v raznykh regionah Chernogo morya [On the trophic status of pelagic ecosystems in different regions of the Black Sea]. Marine Ecological Journal . 2(1). 5-11 [in Russian].
 39. Romanenko V. D. , Zhukyns'kyy V. M. , Oksiyuk O.P. , ta in. (1998). Metodyka ekolohichnoyi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyimi katehoriyamy [Methodology of ecological assessment of surface water quality by relevant categories]. Kiev.: SYMBOL-T. 28 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 16.04.2017