

УДК 579.68(504.454)

Н. В. КОВАЛЬОВА¹, канд. біол. наук, с. н. с., **В. І. МЕДИНЕЦЬ¹**, канд. фіз.-мат. наук, с. н. с.,
С. В. МЕДИНЕЦЬ¹, д-р природ. наук

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна

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

E-mail: n.kovaleva@onu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-9710-0993>

medinets@te.net.ua

<http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

s.medinets@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-5980-1054>

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БАКТЕРІОПЛАНКТОНУ ДНІСТРОВСЬКОГО ЛИМАНУ В 2003-2018 РР.

Мета. Визначення довгострокових змін чисельності бактеріопланктону в Дністровському лимані у 2003-2018 рр. та використання цих даних для оцінки якості водного середовища. **Методи.** Визначення чисельності бактеріопланктону проводили прямим мікроскопічним методом під мікроскопом із збільшенням 1200. Для оцінки трофічного стану вод використана екологічна класифікація якості поверхневих вод, що прийнята в Україні. **Результати.** Проаналізовано зміни кількісних характеристик бактеріопланктону в літні періоди 2003-2018 рр. Виявлено тенденцію збільшення кількості бактерій в останні вісім років і зростання трофічного статусу вод від політрофного в літні періоди 2003-2005, 2007-2009 і 2015-2016 рр. до гіпертрофного в 2011-2014 і 2017-2018 рр. В липні 2012 р. визначено максимальну за всі роки спостережень чисельність бактерій, що перевищила пік чисельності в кінці минулого століття. Показано наявність статистичних зв'язків бактеріопланктону з електропровідністю і прозорістю вод, хлорофілом а, феофітином і загальним фосфором. **Висновки.** Встановлено, що формування мікробіологічного режиму Дністровського лиману відбувалося під впливом природних процесів продукування органічної речовини і факторів забруднення, які найбільш сильно проявляються в середній і південній частині лиману. Серед контрольованих параметрів водного середовища, чисельність бактеріопланктону, поряд з хлорофілом а, найбільш реалістично відображає зміни трофічного стану вод Дністровського лиману, при цьому показник бактеріопланктону незамінний при індикації забруднення вод органічною речовиною антропогенного походження.

Ключові слова: бактеріопланктон, евтрофікація, Дністровський лиман

Kovalova N. V., Medinets V. I., Medinets S. V.

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

RESULTS OF BACTERIOPLANKTON STUDIES IN THE DNISTROVSKIY ESTUARY IN 2003-2018

Purpose. Determination of long-term changes in bacterioplankton number in the Dnistrovskiy Estuary in 2003-2018 and data usage for aquatic environment quality assessment. **Methods.** Bacterioplankton number determination was done using direct microscopy method under microscope with magnification of 1200. Ecological classification of surface waters quality adopted in Ukraine was used for water trophic status assessment. **Results.** Changes of bacterioplankton quantitative characteristics in summer periods of 2003-2018 have been analyzed. Tendency of increase in bacteria quantity has been revealed in the past eight years, as well as the waters' trophic status increase from polytrophic in summer periods of 2003-2005, 2007-2009 and 2015-2016 to hypertrophic in 2011-2014 and 2017-2018. Maximal out of all the years bacterial number was identified in July 2012 that exceeded the peak value in the end of past century. Existence of statistical connections between bacterioplankton and water conductivity, transparency, chlorophyll a, pheophytin and total phosphorus were shown. **Conclusions.** It has been established that microbiological regime forming in the Dnistrovskiy Estuary took place under the influence of natural processes of organic matter production and pollution factors that revealed themselves the most in the middle and southern parts of the estuary. Among the aquatic environment parameters controlled bacterioplankton number, like chlorophyll a, reflected the changes of the Dnistrovskiy Estuary trophic state the most realistic way. At that, index of bacterioplankton is indispensable for indication of water pollution with organic matter of anthropogenic origin.

Key words: bacterioplankton, eutrophication, Dnistrovskiy Estuary

Ковалева Н. В., Мединец В. И., Мединец С. В.

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ДНЕСТРОВСКОГО ЛИМАНА В 2003-2018 ГГ.

Цель. Определение долгосрочных изменений численности бактериопланктона Днестровского лимана в 2003-2018 гг. и использование этих данных для оценки качества водной среды. **Методы исследования.** Определение численности бактериопланктона проводили прямым микроскопическим методом под

микроскопом с увеличением 1200. Для оценки трофического состояния вод использована экологическая классификация качества поверхностных вод принятая в Украине. **Результаты.** Проанализированы количественные изменения бактериопланктона в летние периоды 2003-2018 гг. Выявлена тенденция увеличения количества бактерий в последние восемь лет и рост трофического статуса вод от политрофного в летние периоды 2003-2005, 2007-2009 і 2015-2016 гг. до гипертрофного в 2011-2014 гг. і 2017-2018 гг. В июле 2012 г. определена максимальная за все годы наблюдений численность бактерий, которая превысила пик численности в конце прошлого столетия. Показано наличие статистических связей бактериопланктона с электропроводностью и прозрачностью вод, хлорофиллом а, феофитином и общим фосфором. **Выводы.** Установлено, что формирование микробиологического режима Днестровского лимана происходило под влиянием природных процессов продуцирования органического вещества и факторов загрязнения, которые наиболее сильно проявляются в средней и южной частях лимана. Среди контролируемых параметров водной среды, численность бактериопланктона, наряду с хлорофиллом а, наиболее реалистично отображают изменения трофического состояния Днестровского лимана, при этом показатель бактериопланктона незаменим при индикации загрязнения вод органическим веществом антропогенного происхождения.

Ключевые слова: бактериопланктон, эвтрофикация, Днестровский лиман

Вступ

Дністровський лиман – друга за площею водойма північно-західного Причорномор'я повною мірою відчуває вплив антропогенних факторів [1], які формуються розташованими на його берегах містами Білгород-Дністровський, Овідіополь с. Шабо та великого рекреаційного комплексу Затока – Кароліно-Бугаз. За даними наших досліджень 2003-2017 рр. [2-7] в дельтовій частині Дністра та в Дністровському лимані практично кожного літа виникають евтрофікаційні явища, викликані різким зростанням біомаси мікроводоростей з наступним їх відмиранням, що супроводжується погіршенням якості води, насамперед гіпоксією (дефіцитом кисню), виникненням заморних явищ [8], зменшенням прозорості води, зміною кольору, підвищенням значень водневого показника рН, і т.п. У зв'язку з цим актуальними проблемами лиману є охорона та збереження його природних ресурсів для рибогосподарських цілей, меліорації та рекреації, що потребує проведення досліджень щодо виявлення просторово-часових змін показників якості води Дністровського лиману.

Одним з важливіших показників якості водного середовища та евтрофікаційних явищ є показник чисельності бактериопланктону, який включений до національної ме-

тодики екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв [9]. Бактеріопланктон в екосистемі відповідає за деструкцію органічної речовини (ОР) і швидко реагує збільшенням своєї чисельності при появі у водоймі додаткової кількості алохтонної або відмиранні автохтонної ОР. Крім того, висока чисельність бактерій викликає підвищену небезпеку для здоров'я відпочивальників в зонах рекреації. Найбільш детальні дослідження бактериопланктону Дністровського лиману проводились співробітниками інституту гідробіології в 1985-1987 рр. [10], за даними яких було показано, що величини загальної чисельності бактерій були максимальними влітку і складали відповідно 11,08, 11,39 і 23,80 млн. кл/мл. Регулярні спостереження за кількісними змінами бактериопланктону Дністровського лиману почали проводитися співробітниками Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова з 2003 р. і тривають до теперішнього часу [2-7].

Метою даної роботи є визначення довгострокових змін чисельності бактериопланктону в Дністровському лимані у 2003–2018 рр. та використання цих даних для оцінки якості водного середовища.

Матеріали і методи

Використані матеріали експедицій 2003–2018 рр., які проводились влітку кожного року спеціалістами Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень (РЦМЕД) Одеського національного університету імені І.І.Мечникова (ОНУ) за

програмою комплексного екологічного моніторингу лиману [3–6]. Дослідження проводилися на 21 станції, які охоплювали усю акваторію лиману від верхів'я до Чорного моря (рис. 1), де в цілому було відібрано і проаналізовано 437 зразків води. Чисель-

ність бактеріопланктону визначали прямим мікроскопічним методом [11] за допомогою мікроскопа Olympus із збільшенням 1200. Для оцінки трофічного стану вод за чисель-

ністю бактеріопланктону використана екологічна класифікація якості поверхневих вод, що прийнята в Україні [9].

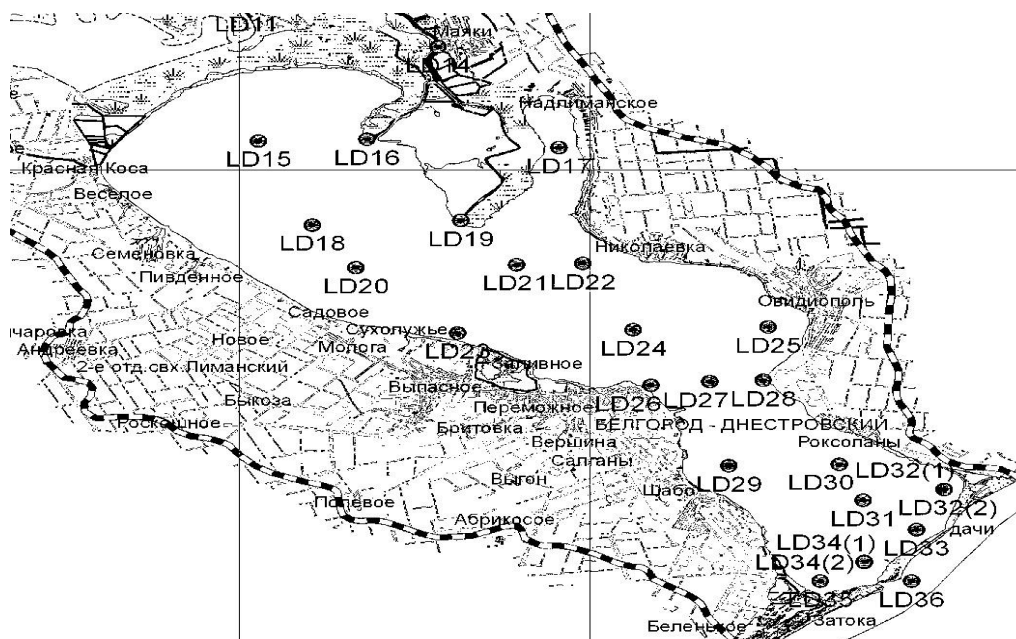


Рис. 1 – Схема розташування станцій відбору зразків води в Дністровському лимані

Результати та обговорення

Аналіз отриманих в експедиціях 2003–2018 рр. експериментальних даних (рис. 2) показав наступне. Чисельність бактеріопланктону (ЧБ) в водах Дністровського лиману змінювалася в дуже широкому діапазоні (1,79–42,22 млн.кл/мл), що обумовлено неоднорідністю його розподілу по акваторії і міжрічними змінами. Середні значення ЧБ в липні різних років відрізнялися в 4,6 рази, змінюючись від $(6,11 \pm 1,65) \cdot 10^6$ кл/мл в 2006 р. до $(28,10 \pm 6,72) \cdot 10^6$ кл/мл

в 2012 р. Динаміка абсолютних значень ЧБ за увесь період спостережень з 2003 по 2018 р. вказує на наявність позитивного тренду. Середня ЧБ у водах Дністровського лиману за останні 6 років (2011–2018 рр.) перевищувала значення попередніх шести років (2003–2010 рр.) в 1,7 рази.

Кількісні зміни бактеріопланктону відбувалися в умовах незначного коливання температури води, яка в середньому для водой-



Рис. 2 – Чисельність бактеріопланктону в Дністровському лимані влітку 2003–2018 рр.

ми в період досліджень була сприятлива для розвитку бактерій і змінювалась в різні роки від 22,0°C (2005 р.) до 26,9°C (2004 р.) (рис. 3).

Найбільші коливання (у 28,8 разів) визначені для середніх значень електропровідності вод, яка в 2010 р. складала 0,43 мСм, а в липні 2016 р. в середньому сягала 12,38 мСм. Середні значення прозорості вод змінювались від 0,8 м в липні 2007 р до 0,3 м в 2012 р. указуючи на негативний тренд у багаторічному ряду спостережень. Концентрації хлорофілу а проявляли близьку до чисельності

бактерій амплітуду коливання і подібний до бактеріопланктону позитивний тренд за увесь період спостережень.

Максимальні значення ЧБ спостерігались у 2012 р., коли в усіх досліджених зразках води кількість бактерій перевищувала 10^6 кл/мл, що відповідало гіпертрофному статусу вод по всій акваторії лиману.

У цей рік кількість бактерій перевищила пік чисельності періоду інтенсивної евтрофікації лиману у кінці минулого століття

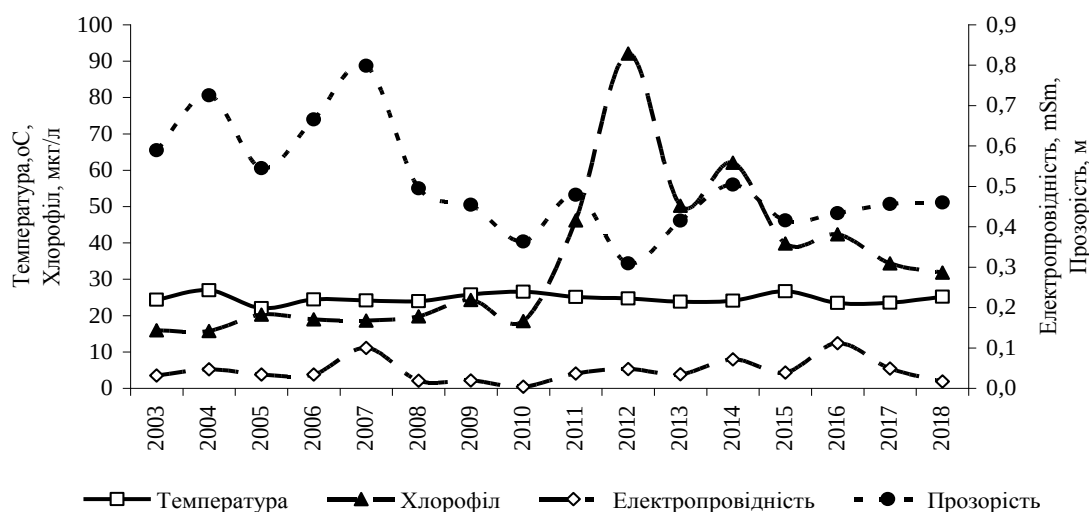


Рис. 3 – Динаміка параметрів водного середовища Дністровського лиману влітку 2003–2018 рр.

тя [10]. Рівень евтрофікації в інші роки спостережень був меншим і частка гіпертрофних вод в лимані складала від 7 % в 2008 р. до 87 % в 2011 р. При цьому в 2006 р. гіпертрофний стан вод по бактеріопланктону не визначався, а кількість бактерій відповідала політропному (38 %) і евтрофному (62 %) статусу. В середньому для всієї акваторії лиману найменша чисельність бактерій, яка відповідала евтрофному стану вод була визначена влітку 2006 і 2010 рр. В літні періоди 2003–2005, 2007–2009 і 2015–2016 рр. води лиману відповідали політропному статусу, а в липні 2011–2014 рр. і 2017–2018 рр. досягали рівня гіпертрофного стану.

На протязі всього періоду досліджень зберігалися достатньо стабільні особливості просторового розподілу бактеріопланктону по акваторії лиману. У більшості років (75%) найвища ЧБ спостерігалася в середній частині (LD22-LD28) лиману (рис.4). На цій ділянці середня за всі роки спостережень кількість бактерій складала $(11,18 \pm 5,92) \cdot 10^6$ кл/мл, що відповідало гіпертрофному статусу вод ($>10^6$ кл/мл) і перевищувало вміст у

верхів'ї водойми (LD15-LD21) в 1,4 рази. При цьому коливання чисельності на двох означених ділянках відбувалися синхронно про що свідчить високий коефіцієнт кореляції ($r=0,95$). В пониззі лиману чисельність бактерій складала $(10,29 \pm 5,26) \cdot 10^6$ кл/мл і поступалася кількості в центральній частині всього в 1,1 рази. При цьому в 2009, 2010 і 2018 рр. найвища для лиману чисельність бактерій визначена саме в пониззі. У вказані три роки спостерігалася найменша електропровідність вод, зниження якої в лимані зазвичай пов'язано з певними гідрометеорологічними умовами, які перешкоджають заходу в лиман морських вод. Вплив морських вод на зниження чисельності бактерій в пониззі лиману простежується при наближенні до Цареградського гирла, яке єднає лиман з морем (рис. 5).

Кількість бактерій на станції LD34, що розташована найближче усіх інших до гирла була найнижчою в пониззі $(8,60 \pm 5,41) \cdot 10^6$ кл/мл і відповідала політрофному статусу вод. Тоді як в середньому для всіх станцій пониззя стан вод за чисель-

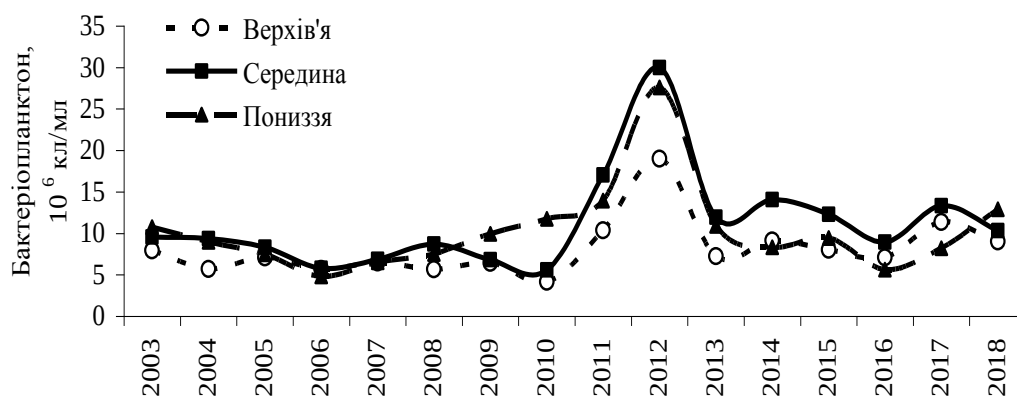


Рис. 4 – Динаміка середніх значень чисельності бактеріопланктону на різних ділянках Дністровського лиману в літній період 2003–2018 рр.

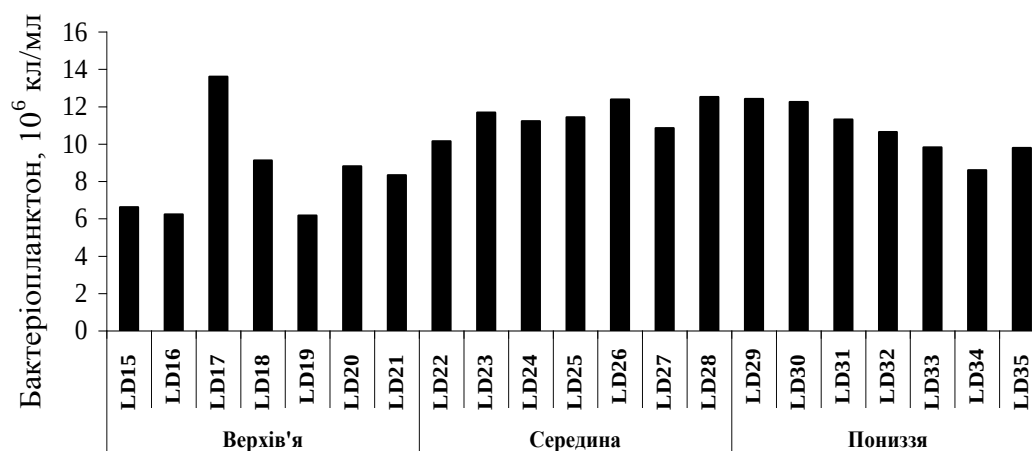


Рис. 5 – Розподіл середніх значень чисельності бактеріопланктону в акваторії Дністровського лиману в 2003–2018 рр.

ністю бактеріопланктону відповідав гіпертрофному статусу ($>10^6$ кл/мл). Найменша для лиману чисельність бактеріопланктону, що відповідала евтрофному стану вод ($2,6\text{--}7,0\cdot 10^6$ кл/мл, визначена на станціях LD16 ($6,23\pm 2,65\cdot 10^6$ кл/мл і LD19 ($6,17\pm 2,35\cdot 10^6$ кл/мл, які розташовані у верхів'ї лиману біля гирла річок Турунчук та Дністер. В той же час найвища для лиману кількість бактерій ($13,60\pm 7,36\cdot 10^6$ кл/мл стабільно спостерігалася в Карагольській затоці (LD17), що знаходиться біля дельти Дністра і куди зливаються стічні води м. Теплодар. Поряд з цим найбільша кількість екстремально високих значень ЧБ ($30,43\text{--}42,22\cdot 10^6$ кл/мл визначена в середній частині лиману на розрізах між м. Білгород-Дністровський і м. Овідіополь (LD23-LD28) та біля с. Шабо (LD29), де антропогенний тиск на екосистему лиману здійснюється найбільшою мірою.

Аналіз кореляційних зв'язків ЧБ з іншими біотичними і абіотичними парамет-

рами водного середовища (табл.1) показав наступне. Коефіцієнти кореляції між ЧБ і прозорістю вод лиману мали негативний знак ($r=-0,45$), який показує, що максимальна кількість бактерій спостерігалась при мінімальній прозорості і відповідно при максимальному вмісті зваженої речовини. Зв'язок бактеріопланктону з електропровідністю, яка є показником розповсюдження в лимані морських вод, проявлявся тільки на окремих ділянках. В пониззі лиману отримано негативний коефіцієнт кореляції ($r=-0,23$), який показує, що морські води з високою електропровідністю сприяють зниженню кількості бактерій, тоді як в верхів'ї лиману коефіцієнт кореляції був позитивним ($r=0,24$) і зниження кількості бактерій пов'язано з впливом річкових вод, які мають порівняно низку електропровідність і кількість бактерій. Серед біогенних елементів позитивний зв'язок виявлено між

бактеріопланктоном і загальним фосфором ($r=0,28$), що свідчить про стимулюючий вплив сполук фосфору на розвиток бактерій в лимані. Проте особливо тісний позитивний зв'язок чисельність бактеріопланктону проявляла з хлорофілом *a* ($r=0,78$) і феофітином ($r=0,73$), значення яких характеризують біомасу фітопланктону, що свідчить про те, що у Дністровському лимані саме фітопланктон є основним джерелом органі-

чної речовини, при деструкції якої спостерігається інтенсивний розвиток бактерій.

Треба відмітити, що хлорофіл *a* за даними організації по економічному співробітництву і розвитку [12] розглядається як один з ключових параметрів для оцінки рівня евтрофікації за категоріями трофності вод (від мезотрофних до гіпертрофних) (табл. 2).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції чисельності бактеріопланктону з параметрами водного середовища Дністровського лиману в 2003–2018 рр.

Параметр	Увесь лиман	Ділянка Дністровського лиману		
		Верхів'я	Середина	Пониззя
Прозорість	-0,45**	-0,52**	-0,37**	-0,44**
Електропровідність	-0,07	0,24*	-0,07	-0,23*
Водневий показник (pH)	0,31*	0,40*	0,27*	0,13
Азот амонійний	0,18	0,01	0,26*	0,09
Азот нітритний	-0,08	-0,11	-0,10	0,08
Азот нітратний	-0,20	-0,19	-0,25*	-0,12
Азот загальний	-0,02	-0,12	0,07	-0,06
Фосфор загальний	0,28*	0,21*	0,33**	0,40**
Фосфати	-0,02	-0,08	0,16	0,48
Хлорофіл <i>a</i>	0,78**	0,75**	0,79**	0,79**
Феофітин <i>a</i>	0,73**	0,63**	0,72**	0,83**

Примітка. Рівень значимості: ** – 0,001; * – 0,01

Таблиця 2

Середні значення параметрів водного середовища Дністровського лиману при різних трофності вод визначеної по хлорофілу *a*

Показник	Трофічний статус вод		
	мезотрофні	евтрофні	гіпертрофні
Хлорофіл <i>a</i> , мкг/л	5,40	16,44	52,81
Біомаса фітопланктону, мг/л	3,13	16,92	57,03
Феофітин, мкг/л	4,04	11,34	31,68
Феофітин, %	42,71	39,65	35,30
Фосфор фосфатів, мгР/л	0,07	0,04	0,03
Азот нітратний, мгN/л	0,46	0,24	0,13
Азот загальний, мгN/л	1,64	1,50	1,70
Фосфор загальний, мгР/л	0,10	0,10	0,15
Бактеріопланктон, 10^6 кл/мл	5,01	7,00	12,96

Аналіз даних таблиці 2 показав, що концентрація хлорофілу *a* в гіпертрофних водах Дністровського лиману в середньому перевищує його вміст в мезотрофних водах в 10 разів, а біомаса фітопланктону збільшується в 18 разів. За цих же умов вміст феофітину зростає в 8 разів, а його відсотковий вміст в фітопланктоні гіпертрофних вод стає на 7 % нижче, ніж в мезотрофних водах. Зниження відносного вмісту феофітину при великій кількості водоростей є визнаним явищем [13] і

відбувається за рахунок присутності в фітопланктоні життєздатних активних клітин. Внаслідок активного функціонування фітопланктону в гіпертрофних умовах спостерігається зниження концентрації біогенних елементів. При цьому середнє значення фосфатів в гіпертрофних водах стає в 2 рази нижчим ніж в мезотрофних, а концентрація нітратів за цих умов знижується в 3,5 рази. В зв'язку з цим концентрація фосфатів і нітратів в гіпертрофних водах з максимальними значеннями біо-

маси фітопланктону і хлорофілу *a* відповідають статусу мезотрофних і оліготрофних вод [9]. Вміст загального азоту і фосфору в гіпертрофних водах не значно (лише на 0,05 мкгР/л і 0,06 мкгN/л) перевищує його концентрації в мезотрофних умовах. Тобто концентрації сполук азоту і фосфору не можуть бути індикаторами трофічного стану вод.

Найбільш наближену до хлорофілу *a* характеристику трофності вод дають значення чисельності бактеріопланктону. В гіпертрофних водах кількість бактерій зростає по порівнянню з мезотрофними водами в 2,6 рази. Однак при концентраціях хлорофілу *a*

$5,40 \pm 1,60$ мкг/л, що відповідають мезотрофним водам [12], чисельність бактеріопланктону складала $(5,01 \pm 2,79) \cdot 10^9$ кл/мл і свідчила про евтрофний стан вод [9].

Для проведення регресійного аналізу залежності чисельності бактеріопланктону від хлорофілу *a* проведено ранжирування всіх даних по хлорофілу і розрахунок середніх для кожних десяти значень. Регресійний аналіз даних усереднених в діапазоні десяти значень показав, що залежність чисельності бактеріопланктону ($x - 10^9$ кл/л) від концентрації хлорофілу *a* ($y -$ мкг/л) добре описується лінійною функцією (рис. 6).

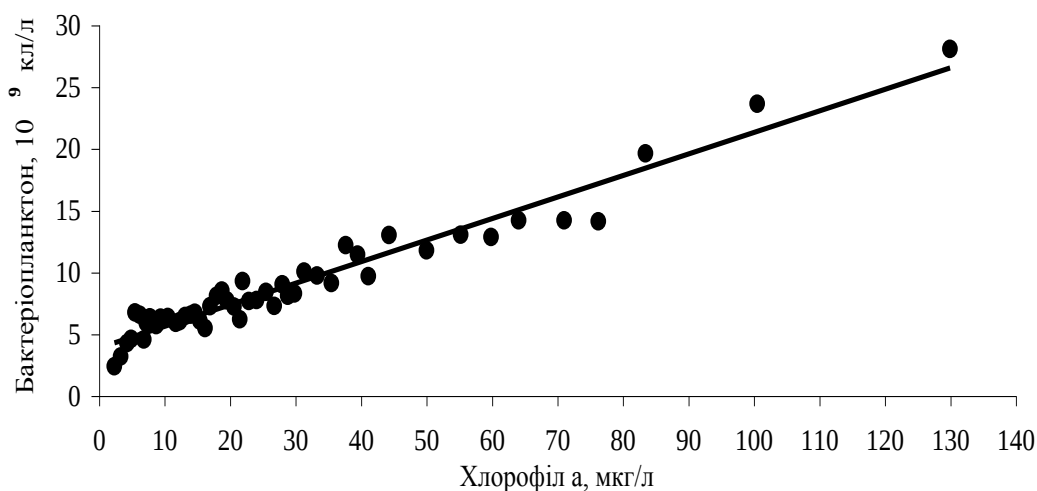


Рис. 6 – Зміни чисельності бактеріопланктону в залежності від концентрації хлорофілу *a* в Дністровському лимані

Отриманий регресійний взаємозв'язок чисельності бактеріопланктону (ЧБ, 10^9 кл/л) з концентрацією хлорофілу *a* (С, мкг/л) описується рівнянням (1) з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,94$, що свідчить практично про їх функціональну залежність.

$$\text{ЧБ} = 0,17 \cdot \text{С} + 3,95 \quad (1)$$

Аналіз отриманої залежності в межах концентрацій хлорофілу *a* від 2,5 і вище показує, що співвідношення С/ЧБ зростає від 0,5 в мезотрофних водах до значень більших, як

5,0 – в гіпертрофних (табл. 3). У практиці наших спостережень при мезотрофному стані вод, оціненому по концентрації хлорофілу *a* [9], досить часто (36 % спостережень) визначалася чисельність бактерій, яка перевищувала значення, розраховані за формулою 1 по концентрації хлорофілу *a*, який однозначно характеризує органічну речовину автохтонного походження від продукування фітопланктону, що, на нашу думку, свідчить про наявність додаткової кількості органічної речовини алохтонного (не фітопланктонно-

Таблиця 3
Дані розрахунку чисельності бактеріопланктону по формулі (1) і співвідношення С/ЧБ при різній трофності вод, визначеної по хлорофілу *a* [9]

Показник	Трофічний статус вод		
	мезотрофні	евтрофні	гіпертрофні
Хлорофіл <i>a</i> , мкг/л	2,5–8,0	8,0–25,0	25,0–155,0
Бактеріопланктон, 10^9 кл/л	4,4–5,3	5,3–8,2	8,2–30,3
Співвідношення С/ЧБ	0,6–1,5	1,5–3,0	3,0–5,1

го) походження. В зв'язку з цим можна зробити висновок, що якщо співвідношення С/ЧБ стає меншим, ніж наведено в таблиці 3 для відповідних концентрацій хлорофілу *a*, це свідчить про додаткове забруднення вод органічною речовиною антропогенного походження або надходження вторинного забруднення вод органічною речовиною з донних відкладень.

Тобто співвідношення С/ЧБ можна односторонньо використовувати і якості індикатора наявності органічної речовини алохтонного та антропогенного походження, хоча для більш детального вивчення цього процесу треба одночасно з вивченням бактеріопланктону та хлорофілу *a* було би добре провести інструментальне визначення розчинених та завислих форм органічної речовини.

Порівняння кількісних характеристик бактеріопланктону Дністровського лиману з іншими екосистемами басейну Нижнього Дністра показало, що в сучасних умовах мікробіологічні параметри лиману близькі до тих, що спостерігаються в озерах Свині і Тудорова [14]. Однак чисельність бактерій в лимані значно перевищує їх вміст в оз. Біле і в Кучурган-

ському водосховищі [15]. При цьому кількість бактерій в лимані виявилася майже в 2 рази нижчою, ніж в оз. Путріно [14].

Зіставлення отриманих нами результатів з ретроспективними даними, які були опубліковані наприкінці минулого століття [10] показало, що в літній період 1985 і 1986 рр. середні значення чисельності бактеріопланктону Дністровського лиману були близькі до значень останні восьми років. Однак в літній період 1987 р. дослідники фіксували пік чисельності бактерій ($23,80 \cdot 10^6$ кл/мл), який співпадав з інтенсивним розвитком мікродоростей. В наших дослідженнях подібне явище різкого збільшення чисельності бактерій спостерігалось влітку 2012 р., коли середня чисельність бактерій підвищилася до $(28,10 \pm 6,72) \cdot 10^6$ кл/мл і перевищила максимум минулого століття. Відмітимо, що зареєстрований в липні 2012 р. абсолютний максимум чисельності бактеріопланктону в Дністровському лимані був характерним також для заплавних озер Дністра [14] і Кучурганського водосховища [15] і отже ймовірно був обумовлений однаковим фактором.

Висновки

Формування мікробіологічного режиму Дністровського лиману відбувається під впливом природних процесів продукування органічної речовини і факторів антропогенного забруднення, які найбільш сильно проявляються в середній і південній частині лиману. Дані досліджень за шістнадцятирічний період (2003–2018 рр.) дозволили виявити тенденцію збільшення кількості бактерій у останні вісім років і зростання трофічного статусу вод від політрофного в літні періоди 2003–2005, 2007–2009 і 2015–2016 рр. до гіпертрофного в 2011–2014 рр. і 2017–2018 рр. В липні 2012 р. визначена максимальна за всі роки спостережень чисельність бактерій, яка перевищила пік чисельності у кінці минулого століття. Серед контрольованих параметрів водного середовища, чисельність бактеріопланктону, поряд з хлорофілом *a*, найбільш реалістично відображує зміни трофічного стану вод Дністровського лиману, при цьому

показник бактеріопланктону незамінний при індикації забруднення вод органічною речовиною антропогенного походження. Відкрита нами практично функціональна залежність чисельності бактеріопланктону від концентрації хлорофілу *a* дозволяє нам стверджувати, що співвідношення С/ЧБ можна використовувати і якості індикатора наявності органічної речовини алохтонного та антропогенного походження, тобто оцінювати ступень забруднення водойми органічними речовинами.

Дослідження виконано в рамках НДР «Визначити джерела і роль азотного навантаження в евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністру і Чорного моря», який фінансується Міністерством освіти і науки України у 2017–2019 гг.

Автори висловлюють свою подяку співробітникам РЦМЕД ОНУ ім. І. І. Мечникова за допомогу у проведенні відборів зразків та проведенні супутніх спостережень.

Література

1. Медінець В. І., Конарева О. П., Ковальова Н. В., Солтис І. Є. Екологічно-рекреаційні проблеми дельти Дністра. *Екологія міст та рекреаційних зон*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Оде-

- са: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2009. С. 87–91.
2. Ковальова Н.В. Визначення якості вод в водоймищах Нижнього Дністра по чисельності бактеріопланктону. *Еколого-економічні проблеми Дністра*: сб. тез. докл. VII междунар. науч.-практ. конф. г. Одеса, 7–8 жовтня 2010 г., Одеса, 2010. С. 48.
3. Ковалева Н.В., Медінець В.І., Новиков А.Н., Снігирев С.М., Газетов Е.І., Конарева О.П., Солтис І.Е. Бактеріопланктон і фотосинтетичні пігменти фітопланктону – індикатори сучасного стану вод нижнього Дністра і Дністровського лимана. *Причорноморський екологічний бюлетень*. Одеса: ІНВАЦ, 2005. Вип. 3–4. С. 136–144.
4. Медінець В.І., Ковальова Н.В. Оцінка якості вод в водоймищах Нижнього Дністра по бактеріопланктону і хлорофілу *a* влітку 2009 р. *Екологія міст та рекреаційних зон*: зб. тез. доп. наук.-практ. конф. Одеса, 3–4 червня 2010 р.: Одеса, ІНВАЦ, 2010. С. 239–242.
5. Ковалева Н.В., Медінець В.І. Мікробіологічні аспекти формування якості вод водоемів Нижнього Дністра. *Екологія міст та рекреаційних зон*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Одеса, 31 травня – 1 червня 2012 р., Одеса: ІНВАЦ, 2012. С. 227–230.
6. Ковалева Н.В., Ковалева Е.А. Количественные изменения бактериопланктона Днестровского лимана в летний период 2003–2013 гг. *Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Одеськ. Держ. Екологічний Університет. Одеса: ТЕС, 2014. С. 90–92.
7. Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В. Трофічний стан вод Дністровського лиману в літні періоди 2012–2017 рр. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018*: зб. тез. доп. XXI Міжн. наук.-практ. конф., Харків, 18–20 квітня 2018 року. Харків: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2018. С. 103–106.
8. В Днестровском лимане наблюдается массовая гибель рыбы. (2011). URL: <https://korrespondent.net/ukraine/events/1234813-v-dnestrovskom-limane-nablyudaetsya-massovaya-gibel-ryby>
9. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П., та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
10. Потапова Н.А. Бактеріопланктон. *Гідробіологічний режим Дністра і його водоемів*. Київ: Наук. думка, 1992. С. 181–196.
11. Романенко В.І., Кузнецов С.І. *Екологія мікроорганізмів прісних водоемів*: лабораторне керівництво. Л.: Наука, 1974. 194 с.
12. OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control*. Paris, OECD, 1982. 154 pp.
13. Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.
14. Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В., Конарева О. П., Солтис І. Є., Газетов Є. І. Трофічний статус дельтових озер Дністра у 2006–2017 рр. *Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, 2018, вип. 18. С. 30–41.
15. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Медінець С.В., Снігирьов С.М., Конарева О.П., Газетов Є.І., Мілева А.П., Грузова І.Л., Солтис І.Є., Снігирьов П.М., Світлична Х.О. Дослідження змін трофічного статусу вод Кучурганського водосховища у 2006–2018 рр. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. Вип. 30. С.78–90.

References

1. Medinets, V.I., Konareva, O.P., Kovalova, N.V., Soltys, I.E. (2009). Ekologichno-rekreacijni problemy delty Dnistra [Ecological and recreational problems of Dniester delta]. Ecology of cities and recreation areas, All-Ukrainian scientific and practical conference, INVATS. 87–91. (In Ukrainian)
2. Kovalova, N.V. (2010). Vyznachennya yakosti vod v vodojmyshhah Nizhnego Dnistra po chyselnosti bakterioplanktonu [Determination of waters quality reservoirs of Lower Dniester using the bacterioplankton number]. Ecological and economic problems of the Dniester, 7th International scientific and practical Conference, Odessa, 48. (In Ukrainian)
3. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Novikov, A.N., Snigirev, S.M., Gazetov, Ye.I., Konareva, O.P., Soltys, I.E. (2005). Bakterioplankton i fotosinteticheskie pigmenty fitoplanktona indikatory sovremennogo sostoyaniya vod Nizhnego dnestra i dnestrovskogo limana [Bacterioplankton and photosynthetic pigments of phytoplankton – indicators of current state of water in the Lower Dniester and the Dniestrovskiy Liman]. *Black sea region ecological bulletin*. Odessa, INVATS. (3–4). 136–144. (In Russian)
4. Medinets, V.I., Kovalova, N.V. (2010). Ocinka yakosti vod v vodojmyshhah Nyzhnogo Dnistra po bakterioplanktonu i hlorofilu *a* vlitku 2009 r. [Estimation of waters quality in the reservoirs of Lower Dniester using the bacterioplankton and chlorophyll in summer 2009]. Ecology of cities and recreation areas, Scientific and practical conference, Odessa, INVATS, 239–242. (In Ukrainian)
5. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., (2012). Mikrobiologicheskie aspekty formirovaniya kachestva vod

- vodoemov Nizhnego Dnestra [Microbiological aspects of water quality forming in the Lower Dniester water-bodies]. Ecology of cities and recreation areas, All-Ukrainian scientific and practical conference, INVATS, 227–230. (In Russian)
6. Kovalova, N.V., Kovalova, Ye.O. (2014). Kolichestvennye izmeneniya bakterioplanktona Dnestrovskogo limana v letnij period 2003–2013 gg. [Quantitative changes of bacterioplankton of the Dniester estuary in a summer period 2003–2013]. Estuaries of the north-western Black Sea: urgent hydro-ecological problems and the ways to solve them, All-Ukrainian scientific and practical Conference, Odessa Ecological University, 90–92. (In Russian)
7. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V. (2018). Trofichniy stan vod Dnistrovskogo lymanu v litni periody 2012–2017 rr. [Trophic state of the Dniester Estuary waters in summer periods of 2012–2017]. Ecology, environmental protection and sustainable nature management: education-science-production-2018, Collection of theses of the 21th International scientific and practical Conference, Kharkiv, 103–106. (In Ukrainian)
8. V Dnestrovskom limane nablyudayetsya massovaya gibel' ryby. (2011). [In the Dniester estuary there is a massive death of fish]. Available at: <https://korrespondent.net/ukraine/events/1234813-v-dnestrovskom-limane-nablyudaetsya-massovaya-gibel-ryby>
9. Romanenko, V.D., Zhukinskiy, V.M., Oksiyuk, O.P. et al. (1998). Metodyka ekologichnoi otsinky yakosti poverhnevyyh vod za vidpovidnymi kategoriyamy [Methodology of ecological assessment of surface waters quality according to respective categories]. CYMVOL-T. 28. (In Ukrainian)
10. Potapova, N.A. (1992). Bakterioplankton [Bacterioplankton] Hydrobiological regime of Dnister and his reservoirs. Kyiv: Nauk. Dumka, 181–196. (In Russian)
11. Romanenko, V.I., Kuznetsov, S.I. (1974). Ekhologiya mikroorganizmov presnyh vodoemov: Laboratornoe rukovodstvo [Ecology of microorganisms of fresh reservoirs: Laboratory guidance]. Leningrad: Nauka, 194. (In Russian)
12. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. (1982). *OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development)*. Paris: OECD.
13. Mineeva, N.M. (2004). Rastitelnye pigmenty v vode Volzhskih vodohranilishch [Vegetable pigments in the Volga storage pools water]. Moscow: Science, 156. (In Russian)
14. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V., Konareva, O.P., Soltys, I.E., Gazyetov, Ye.I. (2018). Trofichniy status del'tovykh ozer Dnistra u 2006–2017 rr. [Trophic status of the Dniester deltaic lakes in 2006–2017]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University series "Ecology"*, (18), 30–41. (In Ukrainian)
15. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V., Snigirev, S.M., Konareva, O.P., Gazyetov, Ye.I., Mileva, A.P., Gruzova, I.L., Soltys, I.E., Snigirev, P.M., Svetlichna, H.O. (2018). Doslidzhennya zmin trofichnogo statusu vod Kuchurganskogo vodoskovyshha u 2006–2018 rr. [Study of changes of trophic status of the Kuchurganske Reservoir in 2006–2018]. *Man and environment. Issues of neoecology*, (3), 78–90. (In Ukrainian)

Надійшла до редколегії 22.04.2019