

УДК 574.5:579.68(262.5)

Г. Г. Тропівська¹, Ю. І. Богатова¹, С. Є. Дятлов¹,
І. К. Курдиш²

**ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПОШИРЕННЯ
ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ В
ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ
ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ**

Проаналізовано просторовий та сезонний розподіл гетеротрофних та фосфатмобілізувальних бактерій в Одеському регіоні північно-західної частини Чорного моря в 2009—2012 рр. Виявлено достовірні кореляційні зв'язки між кількістю бактерій, вмістом сполук фосфору і насиченням води киснем.

Ключові слова: фосфатмобілізувальні бактерії, гетеротрофні бактерії, сполуки фосфору, абіотичні параметри, Одеський регіон.

Мікроорганізми виконують важливу роль у водних екосистемах, беручи участь у кругообігу речовин та трофодинаміці. Незважаючи на те, що біомаса бактеріопланктону звичайно менше біомаси фіто- і зоопланктону, площа поверхні бактеріальних клітин значно більша. Це дозволяє бактеріям з більшою ймовірністю взаємодіяти з хімічними сполуками у навколишньому водному середовищі і виконувати важливу роль у потоках речовин та енергії у водних екосистемах. Бактерії мінералізують органічні сполуки, які екскретуються фітопланктоном і зоопланктоном. У процесі деструкції у водне середовище надходять неорганічні сполуки азоту і фосфору, які необхідні для підтримки фотосинтезу фітопланктону. Гетеротрофні бактерії, які мінералізують автохтонні і алохтонні органічні речовини (ОР) в водних екосистемах, є ключовим компонентом мікробних планктонних трофічних ланцюгів [6].

Окрім регенерації біогенних елементів гетеротрофні бактерії виконують асимілятивну функцію [6]. Серед гетеротрофних бактерій виділяють фосфатмобілізувальні бактерії, які трансформують органічні і неорганічні сполуки фосфору у доступну форму ортофосфату. Попередніми дослідженнями [12] було встановлено, що в умовах підвищеної концентрації фосфору ця група бактерій вірогідно отримує трофічні переваги і, відповідно, їхня чисельність зростає.

© Г. Г. Тропівська, Ю. І. Богатова, С. Є. Дятлов, І. К. Курдиш, 2017

Одеський регіон північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) — прибережна акваторія Чорного моря від с. Санжійка до Малого Аджаликського (Григорівського) лиману [1], де Інститут морської біології НАН України більше десяти років проводить комплексний гідроекологічний моніторинг. Ізобата 20 м, яка обмежує район досліджень на сході, розташовується на відстані 3 км від берегової межі. За індексом трофічного статусу Одеський регіон належить до перехідної зони від мезотрофної до евтрофної [2]. На якість його вод впливає річковий стік Дніпра і Південного Бугу, а також надходження великої кількості стічних вод промислової, портової і житлової зони м. Одеси та міст-супутників — Чорноморська та Південного. Тому, водне середовище Одеського регіону характеризується високою концентрацією сполук фосфору, переважно антропогенного походження, і нестачею — сполук азоту. Згідно з літературними джерелами [9], фотосинтез органічних речовин (продукція фітопланктону) у період активного розвитку продукційних процесів лімітується саме нестачею неорганічного фосфору, а не азоту.

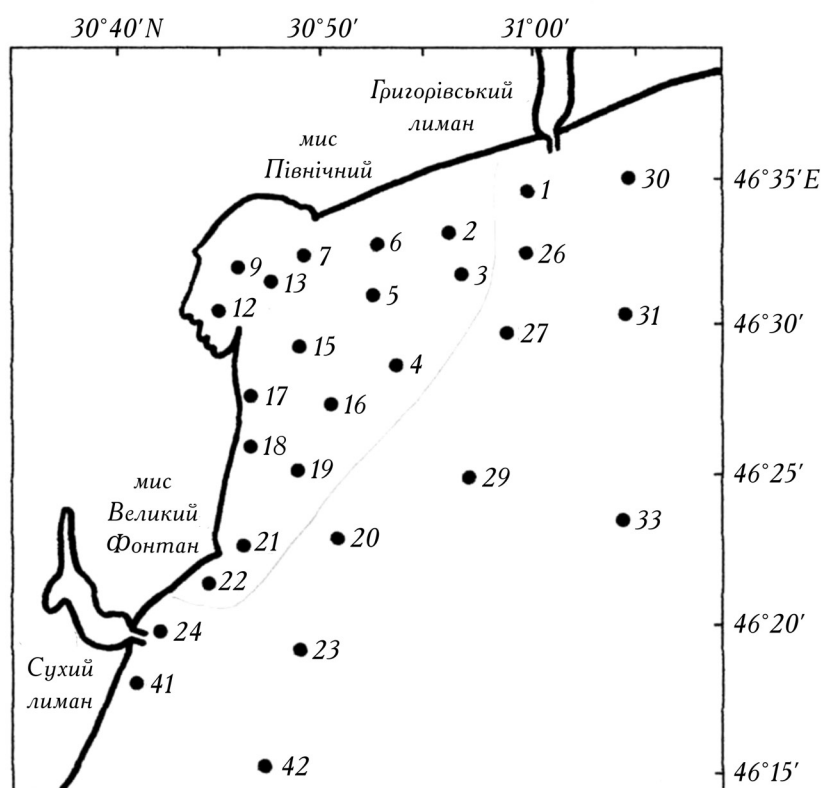
Мета роботи — оцінити характер розподілу гетеротрофних і фосфатмобілізуючих бактерій у водній товщі Одеського регіону ПЗЧМ, провести порівняльний і кореляційний аналіз зв'язків кількісних показників розвитку гетеротрофних та фосфатмобілізуючих бактерій з вмістом сполук фосфору та іншими абіотичними показниками середовища.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження абіотичних параметрів Одеського регіону Чорного моря та поширення в ньому гетеротрофних і фосфатмобілізуючих бактерій проводили в липні та жовтні 2009, липні 2011 і вересні 2012 рр. Проби води відбирали у поверхневому і придонному шарах батометром типу Ніскін, за стандартною схемою станцій (рис. 1). Всього зібрано та оброблено по 137 проб води для визначення гідрохімічних і мікробіологічних показників.

Чисельність бактерій, які мобілізують фосфат з важкорозчинних сполук фосфору (ФР бактерії), визначали за утворенням зон розчинення ортофосфату кальцію після посівів проб води на селективне поживне середовище Муромцева [5]. Кількість гетеротрофних бактерій визначали за загальною чисельністю колоній у чашках Петрі на тому ж середовищі [4]. Чисельність бактерій, які здатні мінералізувати органічні сполуки фосфору (ФМ бактерії), визначали на агаризованому середовищі Менкіної [3]. Посіви інкубували при температурі 28°C протягом 3—5 діб.

Визначення абіотичних параметрів: температури і солоності води, її насичення киснем (%), вмісту розчиненого ортофосфату ($P_{\text{МІН}}$), органічних форм фосфору ($P_{\text{ОРГ}}$) та їхню суму — валовий фосфор ($P_{\text{ВАЛ}}$) — проводили стандартними, прийнятими у міжнародній практиці методами [7].

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали в пакеті MS Office — Microsoft Excel. Достовірність відмінностей оцінювали за допомогою критерію Стьюдента для незалежних змінних (*t-test*).



1. Схема станцій відбору проб в Одеському регіоні ПЗЧМ.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз абіотичних параметрів водного середовища Одеського регіону ПЗЧМ за 2009—2012 рр. показав їхню значну сезонну та просторову змінність (табл. 1).

Температура води та солоність змінювались залежно від сезону та глибини. Сезонні коливання солоності води поверхневого шару Одеського регіону зумовлені мінливістю стоку Дніпра [9]. Кисневий режим в період досліджень зберігався задовільним.

Концентрація мінерального фосфору у поверхневому горизонті води змінювалась у межах 14,08—21,17, органічного — 56,03—90,87 мкг·дм⁻³; у придонному — відповідно 24,85—42,5 та 43,03—78,14 мкг·дм⁻³. Середній рівень Р_{МІН} у придонному горизонті води був вищим, ніж у поверхневому, а рівень Р_{ОРГ}, навпаки, був вищим у поверхневому шарі. Загалом рівень Р_{ОРГ} у поверхневому шарі перевищував концентрацію Р_{МІН} до 5,2 разу, у придонному — до 2,7 разу.

1. Середні значення абіотичних параметрів у поверхневому і придонному шарах води Одеського регіону у 2009—2012 рр.

Періоди досліджень	Шари води	T, °C	S, ‰	O ₂		P, мкг·дм ⁻³	
				мг·дм ⁻³	% насичення	P _{мін}	P _{орг}
Липень 2009 р.	п	24,4 ± 0,2	14,39 ± 0,08	7,51 ± 0,27	95,4 ± 4,4	20,57 ± 2,59	90,87 ± 5,49
	д	16,5 ± 1,5	15,75 ± 0,23	6,04 ± 0,28	68,2 ± 3,2	42,5 ± 4,79	43,03 ± 2,6
Жовтень 2009 р.	п	15,8 ± 0,1	15,18 ± 0,18	8,45 ± 0,18	94,4 ± 2,2	21,17 ± 3,43	56,03 ± 5,87
	д	16,6 ± 0,1	15,83 ± 0,12	7,37 ± 0,18	83,1 ± 2,0	40,58 ± 4,53	43,44 ± 4,54
Липень 2011 р.	п	21,5 ± 0,3	14,97 ± 0,22	8,58 ± 0,09	106,7 ± 1,4	14,08 ± 2,0	73,26 ± 2,74
	д	11,3 ± 0,5	16,85 ± 0,13	8,39 ± 0,12	85,1 ± 1,5	24,85 ± 1,55	66,80 ± 3,39
Вересень 2012 р.	п	21,6 ± 0,2	15,83 ± 0,06	7,35 ± 0,095	91,6 ± 1,3	20,86 ± 3,54	84,69 ± 5,58
	д	17,12 ± 0,8	16,46 ± 0,06	7,03 ± 0,12	80,7 ± 1,3	36,33 ± 5,32	78,14 ± 7,25

Примітка. Тут і в табл. 2, 3: п — поверхневий, д — придонний горизонт води; T, °C — температура води; S, ‰ — солоність води.

Аналіз чисельності гетеротрофних і фосфатмобілізувальних бактерій в Одеському регіоні моря виявив значну варіабельність (табл. 2). Кількість гетеротрофних бактерій у воді варіювала від 0,1 до 44,5 тис. КУО·см⁻³, в середньому — 5,3 ± 0,9 тис. Так, чисельність ФР бактерій у воді коливалась у межах 0,1—8,6 тис., в середньому — 1,3 ± 0,2 тис. КУО·см⁻³. Кількість ФМ бактерій у воді змінювалась від 0,1 до 9,2 тис., в середньому — 1,5 ± 0,3 тис. КУО·см⁻³.

Частка ФР бактерій від загальної кількості гетеротрофних бактерій води Одеського регіону у поверхневому шарі складала у середньому 26,5%, у придонному — 25%; ФМ бактерій — відповідно 29 та 32% (див. табл. 2).

В період досліджень відмічали вертикальну неоднорідність в розподілі чисельності бактерій в Одеському регіоні Чорного моря — зменшення від поверхневого горизонту до придонного (див. табл. 2), що пов'язано з природною міграцією алохтонної та автохтонної ОР у морському середовищі. В середньому чисельність гетеротрофних бактерій у поверхневому горизонті становила 5,75 ± 1,2 тис. КУО·см⁻³, у придонному — 3,78 ± 0,6 тис., ФР бактерій — відповідно 1,4 ± 0,3 та 0,6 ± 0,2 тис., ФМ бактерій — 1,8 ± 0,6 та 1,2 ± 0,4 тис. КУО·см⁻³. У водній товщі Одеського регіону середня чисельність ФМ бактерій була більшою, ніж ФР бактерій. Можливо, це пов'язано з вели-

2. Середні значення і межі коливань мікробіологічних показників в поверхневому і придонному шарах води Одеського регіону у 2009—2012 рр.

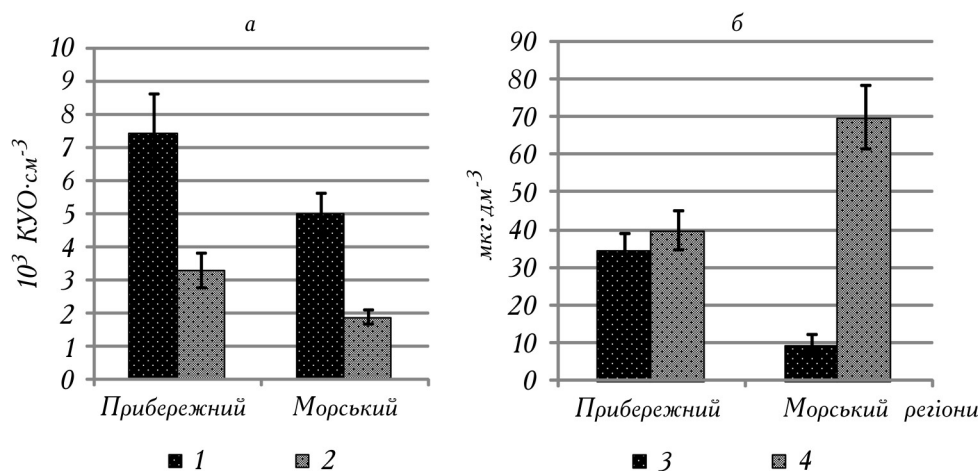
Періоди досліджень	Шари води	Чисельність, 10^3 КУО·см ⁻³		
		гетеротрофні бактерії	ФР бактерії	ФМ бактерії
Липень 2009 р.	п	$\frac{1,9 - 15,0}{6,8 \pm 1,2}$	$\frac{0,1 - 5,7}{1,1 \pm 0,5}$	—
	д	$\frac{0,2 - 10,0}{4,7 \pm 1,0}$	$\frac{0,1 - 1,8}{0,4 \pm 0,1}$	—
Жовтень 2009 р.	п	$\frac{1,4 - 13,0}{6,1 \pm 0,7}$	$\frac{0,7 - 5,9}{2,5 \pm 0,3}$	—
	д	$\frac{1,2 - 11,5}{3,2 \pm 0,4}$	$\frac{0,2 - 3,4}{1,0 \pm 0,2}$	—
Липень 2011 р.	п	$\frac{0,1 - 44,5}{9,4 \pm 2,5}$	$\frac{0,1 - 8,6}{1,7 \pm 0,4}$	$\frac{0,1 - 8,9}{1,2 \pm 0,4}$
	д	$\frac{0,1 - 23,0}{3,0 \pm 1,2}$	$\frac{0,1 - 2,0}{0,6 \pm 0,2}$	$\frac{0,1 - 9,2}{0,8 \pm 0,4}$
Вересень 2012 р.	п	$\frac{0,7 - 14,5}{5,0 \pm 1,0}$	$\frac{0,1 - 5,2}{1,6 \pm 0,4}$	$\frac{0,7 - 6,1}{2,4 \pm 0,4}$
	д	$\frac{0,5 - 7,8}{4,2 \pm 0,7}$	$\frac{0,1 - 3,9}{1,7 \pm 0,3}$	$\frac{0,1 - 4,6}{1,6 \pm 0,3}$

П р и м і т к а. Над рискою — діапазон значень, під рискою — середнє значення; «—» — не досліджували.

кою кількістю органічних сполук як у поверхневому горизонті водної товщі, так і в придонному.

Чисельність бактерій характеризувалась сезонною відмінністю (див. табл. 2). Середня кількість гетеротрофних бактерій у поверхневому горизонті води у цей період становила $9,4 \pm 2,5$ тис. КУО·см⁻³. Кількість фосфат-мобілізувальних бактерій у морському середовищі змінювалась за сезонами протягом року та залежала від погодних умов. Максимальну їхню чисельність відмічено влітку, коли в екосистемі накопичувалась найбільша кількість ОР автохтонного чи алохтонного походження. Найбільшу ж чисельність ФР бактерій у поверхневому горизонті виявлено у жовтні 2009 р. — $2,5 \pm 0,3$ тис. КУО·см⁻³.

У придонному горизонті максимальна чисельність гетеротрофних бактерій спостерігалась також влітку — у липні 2009 р. та у вересні 2012 р. — відповідно $4,7 \pm 1,0$ та $4,2 \pm 0,7$ тис. КУО·см⁻³. Найбільша кількість фосфат-мобілізувальних бактерій у придонному горизонті відмічалась у вересні 2012 р. Примітно, що саме у вересні 2012 р. температура води залишалась дуже високою як у поверхневому, так і в придонному горизонті —



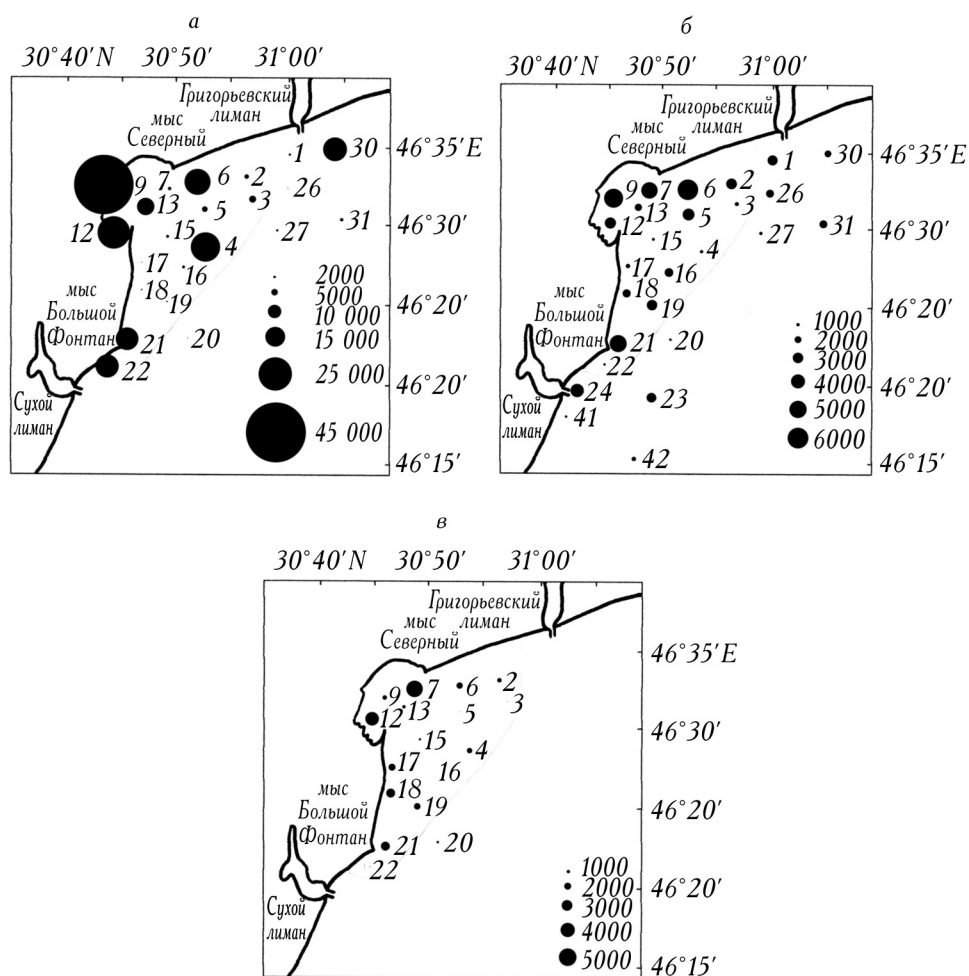
2. Чисельність бактерій (а, $10^3 \text{ КУО} \cdot \text{см}^{-3}$) та вміст сполук фосфору (б, $\text{мкг} \cdot \text{дм}^{-3}$) у поверхневому горизонті води Одеського регіону у жовтні 2009 р.: 1 — гетеротрофні бактерії; 2 — ФР бактерії; 3 — $P_{\text{мин}}$; 4 — $P_{\text{орг}}$.

відповідно 21,6 та 17,1°C, тобто була майже відсутня вертикальна стратифікація води.

Для визначення впливу місцевих антропогенних джерел забруднення (комунально-побутових, зливових, дренажних та промислових стоків міст-портів Одеси, Південного, Чорноморська) показники чисельності бактерій та вміст сполук фосфору обчислювали окремо для прибережної акваторії (до ізобати 10 м) та відкритої частини моря (глибини 10—25 м). Встановлено, що чисельність бактерій та вміст $P_{\text{мин}}$ та $P_{\text{орг}}$ у поверхневому горизонті у прибережному та морському регіоні достовірно відрізнялись (рис. 2, а, б). Максимальна чисельність бактерій та концентрація $P_{\text{мин}}$ спостерігались у прибережній частині акваторії, а $P_{\text{орг}}$ — у мористій частині (рис. 2, б).

По мірі віддалення від прибережних ділянок до відкритої акваторії Одеського регіону чисельність бактерій знижувалась від тисяч до сотень одиниць в 1 см^3 (рис. 3). Цей факт ще раз підкреслює особливу роль фосфатмобілізуювальних бактерій в деструкції органічної речовини теригенного та антропогенного походження і вказує на можливе використання цієї фізіологічної групи мікроорганізмів як індикатора якості морського середовища.

Абіотичні параметри середовища, які зумовлені природними та антропогенними факторами, значною мірою визначають сезонну, багаторічну динаміку і просторовий розподіл в ньому гідробіонтів, у тому числі бактерій. Особливий вплив на чисельність бактерій спричиняла концентрація у воді мінеральних та органічних речовин [8]. Однак питання екології морських фосфатмобілізуювальних бактерій у сучасній літературі висвітлені фрагментарно [10, 11]. Зважаючи на це, ми розглянули залежність чисельності фос-



3. Чисельність бактерій ($KУO\text{-}cm^{-3}$) у воді Одеського регіону: *a* — гетеротрофних бактерій (липень 2011 р.), *б* — ФР бактерій у поверхневому шарі (жовтень 2009 р.); *в* — ФМ бактерій у придонному шарі (вересень 2012 р.).

фатмобілізувальних бактерій у воді від деяких абіотичних факторів середовища.

Встановлено, що такі макроекологічні фактори, як температура та солоність, у межах їхніх коливань в досліджуваній акваторії моря (8—26°C та 12—18‰) не лімітують чисельність гетеротрофних та фосфатмобілізувальних бактерій. Встановлені коефіцієнти кореляції між кількістю бактерій і температурою, кількістю бактерій і солоністю — близькі до нуля або не достовірні та вказують на відсутність лінійного зв'язку. Однак влітку 2009 р. була виявлена негативна кореляція між чисельністю гетеротрофних бактерій та солоністю води у придонному горизонті ($r = -0,568$, $p < 0,05$) (табл. 3), що, вірогідно, вказує на поширення трансформованих річкових вод від поверхні до дна.

3. Кореляція абіотичних параметрів з чисельністю бактерій у водній товщі Одеського регіону у 2009—2012 рр.

Періоди досліджень	Шари води	Параметри	Коефіцієнти кореляції		
			гетеротрофні бактерії	ФР бактерії	ФМ бактерії
Липень 2009 р.	п ($n = 12$)	O_2 , % насич.	—	0,539*	НД
		$P_{\text{МІН}}$	—	0,499*	НД
Жовтень 2009 р.	д ($n = 12$)	S , ‰	-0,568**	—	НД
		O_2 , % насич.	-0,353*	-0,328*	НД
		$P_{\text{МІН}}$	0,557***	0,460**	НД
Липень 2011 р.	п ($n = 22$)	$P_{\text{ОРГ}}$	-0,417**	-0,404**	НД
		O_2 , % насич.	0,412**	—	НД
		$P_{\text{ОРГ}}$	—	0,387**	НД
Липень 2011 р.	д ($n = 22$)	O_2 , % насич.	—	—	-0,357*
		$P_{\text{ВАЛ}}$	—	—	0,349*
Вересень 2012 р.	п ($n = 17$)	$P_{\text{МІН}}$	0,557***	0,409*	—
		O_2 , мг·дм ⁻³ .	0,497**	-0,439**	0,524**

Примітка. n — кількість станцій; НД — немає даних; «—» — не виявлено достовірного кореляційного зв'язку; * рівень значущості $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

Було встановлено, що чисельність ФР бактерій у поверхневому горизонті збільшувалась зі зростанням вмісту $P_{\text{МІН}}$ ($r = 0,499$, $p < 0,1$, липень 2009 р.), що пояснюється здатністю бактерій мобілізувати фосфор з важкорозчинних неорганічних сполук в умовах лімітування $P_{\text{МІН}}$. У цей період концентрація $P_{\text{ОРГ}}$ перевищувала $P_{\text{МІН}}$ у 4,4 разу. Зазвичай в регіоні мінімальні концентрації фосфатів у фотичному шарі спостерігаються навесні та влітку. Аналогічно позитивна кореляція між чисельністю ФР бактерій та концентрацією $P_{\text{МІН}}$ спостерігалась у придонному горизонті у липні 2011 р. ($r = 0,409$; $p < 0,1$).

Лише у вересні 2012 р. у поверхневому горизонті спостерігалась негативна кореляція між чисельністю ФР та концентрацією $P_{\text{МІН}}$ ($r = -0,439$, $p < 0,05$), що, можливо, вказує на те, що у період відбору проб у воді вже була достатня концентрація цього біогенного елементу, тому кількість ФР бактерій не збільшувалась.

У поверхневому шарі регіону (жовтень 2009 р.) встановлено кореляційні зв'язки між чисельністю гетеротрофних та ФР бактерій і $P_{\text{МІН}}$ (відповідно $r = 0,557$, $p < 0,01$; $r = 0,460$, $p < 0,05$) та $P_{\text{ОРГ}}$ (відповідно $r = -0,417$; $r = -0,404$, $p < 0,05$), що свідчить про переважання процесів деструкції автохтонної та алохтонної ОР над продукцією. Такі кореляційні зв'язки (позитивний

зв'язок між чисельністю бактерій та $P_{\text{МІН}}$ та негативний — між чисельністю бактерій і $P_{\text{ОРГ}}$) пояснюються процесами біологічного перетворення $P_{\text{МІН}}$ у $P_{\text{ОРГ}}$ на всіх рівнях трофічного ланцюга, провідну роль в якому відіграє мікробне угруповання. Односпрямовані коефіцієнти кореляції між кількістю гетеротрофних і ФР бактерій та сполуками фосфору доводять, що ФР бактерій є частиною гетеротрофного бактеріоценозу. У той же період у придонному горизонті водної товщі збільшення чисельності ФР бактерій призводило до збільшення вмісту $P_{\text{ОРГ}}$ ($r = 0,387$, $p < 0,05$), що вказує на переважання продукційних процесів над деструкційними (температура придонного шару становила $16,6^{\circ}\text{C}$).

Отримано негативні та позитивні коефіцієнти кореляції між чисельністю бактерій та насиченням води киснем (див. табл. 3). Негативний зв'язок пояснюється опосередкованим впливом бактеріального метаболізму на концентрацію кисню у водній товщі, тому що мікробна деградація мертвої завислої органічної речовини — первинний споживач кисню. Позитивний зв'язок пов'язаний з тим, що гетеротрофні бактерії можуть в значній мірі відноситись до факультативних анаеробів і здатні збільшувати чисельність у різних умовах, в тому числі, незалежно від вмісту кисню в водному середовищі.

Таким чином, і гетеротрофна складова мікробного ценозу, в цілому, і фосфатмобілізувальні бактерії, зокрема, знаходяться у тісному зв'язку з абіотичними факторами середовища і піддаються помітній сезонній змінності.

Висновки

Фосфатмобілізувальні бактерії є складовою частиною гетеротрофного бактеріопланктону, що бере участь в мобілізації важкорозчинних сполук фосфору. Встановлено, що кількість фосфатмобілізувальних бактерій у водному середовищі залежить від концентрацій сполук фосфору, які впливають на просторову і сезонну неоднорідність в розподілі чисельності бактерій у Одеському регіоні ПЗЧМ.

Максимальна чисельність бактерій та максимальна концентрація мінерального фосфору у воді спостерігаються у прибережній акваторії Одеського регіону, органічного фосфору — у мористій зоні.

Встановлено кореляційні зв'язки між чисельністю гетеротрофних і фосфатмобілізувальних бактерій та абіотичними параметрами середовища у різні сезони. Виявлені коефіцієнти кореляції між чисельністю бактерій і температурою, чисельністю бактерій і солоністю близькі до нуля або не достовірні та вказують на відсутність лінійного зв'язку. Величина та направленість кореляційного зв'язку між вмістом сполук фосфору та кількістю бактерій відрізнялись для кожної групи бактерій. Відмічені різноспрямовані кореляційні зв'язки між чисельністю бактерій та насиченням водного середовища киснем є опосередкованими та слабкими.

**

Проанализировано пространственное и сезонное распределение гетеротрофных и фосфатмобилизующих бактерий в Одесском регионе северо-западной части Чер-

ного моря в 2009—2012 гг. Обнаружены достоверные корреляционные связи между количеством бактерий, содержанием соединений фосфора и насыщением воды кислородом.

**

The spatial and seasonal distribution of heterotrophic and phosphate-mobilizing bacteria in the Odessa region of north-western part of the Black Sea in 2009—2012 has been analyzed. Significant correlations between the number of bacteria, phosphorus content and dissolved oxygen were identified.

**

1. *Большаков В. С.* Трансформация речных вод в Черном море. — Киев: Наук. думка, 1970. — 328 с.
2. *Дятлов С. Е., Гончаров А. Ю., Богатова Ю. И.* Трофический статус северо-западной части Черного моря // *Вода: Гигиена и экология.* — 2013. — № 1 (1). — С. 51—60.
3. *Менкина Р. А.* Бактерии, минерализующие органические соединения фосфора // *Микробиология.* — 1950. — Т. 19, № 4. — С. 308—315.
4. *Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора.* — Л.: Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с/х микробиологии, 1981. — 19 с.
5. *Муромцев Г. С.* К вопросу об использовании водонерастворимых фосфатов почвенными микробами // *Докл. ВАСХНИЛ.* — 1955. — Вып. 5. — С. 35—41.
6. *Копылов А. И., Косолапов Д. Б.* Микробная петля в планктонных сообществах морских и пресноводных экосистем. — Ижевск: КнигоГрад, 2011. — 332 с.
7. *Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92.* — СПб: Гидрометеоиздат, 1993. — 263 с.
8. *Рылькова О. А.* Структурные и функциональные показатели бактериопланктона в прибрежных водах Крыма: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 2010. — 21 с.
9. *Тучковенко Ю. С., Дятлов С. Е., Рясинцева Н. И. и др.* Гидрохимический режим // *Северо-западная часть Чёрного моря: (биология и экология) /* Под ред. Ю. П. Зайцева. — Киев: Наук. думка, 2006. — С. 146—174.
10. *Mamatha S. S., Gobika A., Janani P.* Phosphate solubilizing bacteria and alkaline phosphatase activity in coastal waters off Trivandrum // *J. Coast. Environ.* — 2012. — Vol. 3, N 1. — P. 89—100.
11. *Surajit Das, Lyla P. S., Khan S. A.* Biogeochemical processes in the continental slope of Bay of Bengal: I. Bacterial solubilization of inorganic phosphate // *Rev. Biol. Trop. (Intern. J. Trop. Biol).* — 2007. — Vol. 55, N 1. — P. 1—9.
12. *Widawati S.* Diversity and phosphate solubilization by bacteria isolated from Laki Island coastal ecosystem // *Biodiversitas.* — 2011. — Vol. 12, N 1. — P. 17—21.

¹ Інститут морської біології НАН України, Одеса

² Інститут мікробіології і вірусології

НАН України, Київ

Надійшла 24.01.17