



ФОРМУВАННЯ ФІТОПЕРИФІТОНУ НА ГІДРОСПОРУДАХ З'ЄДНУВАЛЬНОГО КАНАЛУ ЧОРНЕ МОРЕ – КУЯЛЬНИЦЬКИЙ ЛИМАН

Мінічева Г.Г. – д.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України», minicheva@ukr.net

Калашнік К.С. – м.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України», kalashnik.eka@gmail.com

У роботі розглянуті результати моніторингу стану водної рослинності Куяльницького лиману в період 2015–2018 рр. при запуску в екосистему морської води з прибережної зони Одеської затоки. В результаті щомісячного моніторингу були виявлені закономірності формування в лимані угруповань фітоперифітону на новостворених біотопах гідротехнічних споруд (водонаправляючі лотки) з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман. На основі морфофункціональних індикаторів фітоперифітону надана оцінка категорій екологічного статусу класу (ESC) за стандартами Морської Стратегії ЄС.

За досліджений період з прибережної зони моря в Куяльницький лиман з морською водою увійшло 29 видів макро- і мікроводоростей, що належать до відділів *Chlorophyta*, *Ochrophyta*, *Rhodophyta*, *Bacillariophyta*. При цьому в лимані не було відмічено масового розвитку морських водоростей, оскільки солоність не знижувалася менше 165 ‰. Під дією потоків морської води на лотках з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман сформувалися угруповання фітоперифітону, домінантами яких стали два види зелених нитчастих макрофітів і чотири види діатомових водоростей.

З'ясовано, що абсолютна інтенсивність функціонування угруповань фітоперифітону має швидкий відгук на міжрічні коливання комплексу абіотичних умов, які пов'язані з автотрофним процесом. Максимальна інтенсивність функціонування альгосистеми «базифіт-епіфіт» була зафіксована для весняного періоду 2017 р. Внесок базифітного і епіфітного компонентів у функціонування фітоперифітону характеризувався послідовними сукцесійними етапами. З 2015 по 2018 рр. внесок епіфітного компоненту в продукційний процес альгосистеми збільшився з 5 до 64 (%), а базифітного, навпаки, знизився з 95 до 36 (%), що свідчить про послідовне збільшення екологічної активності угруповань фітоперифітону, що розвиваються на нових біотопах Куяльницького лиману.

Ключові слова: макрофіти, мікрофіти, морфофункціональні показники, моніторинг, екологічний статус, Куяльницький лиман.

Вступ

Куяльницький лиман має тривалу історію штучного перетворення гідролого-гідрохімічного режиму, оскільки починаючи з XIV ст. він був об'єктом сольового промислу, а з 30-х років XIX ст. став грязелікувальним курортом. Спорудження дамби у 1859–1878 рр. для забезпечення випадіння солі, поповнення морською водою в 1907, 1926 рр., запуск прісної води з Хаджибейського лиману в 1941–1942 рр. – найбільш масштабні етапи водогосподарського перетворення акваторії і басейну Куяльницького лиману упродовж останніх 160 років (Лобода, та Гопченко 2016).

Історія сучасної екологічної кризи Куяльницького лиману як цінного бальнеологічного об'єкта українського Причорномор'я почалася у 2007 році, коли проявилася виражена тенденція істотного падіння рівня води і збільшення концентрації

солей. До 2012 року в результаті осушення лиман втратив близько 50 % акваторії (Шихалеева и др. 2013). Експертами було зроблено висновок, що на сучасному етапі неможлива довгострокова стабілізація водно-сольового і гідрохімічного режиму за допомогою лише природних чинників (Адобовський, та Богатова 2013).

Восени 2014 року показники рівня води лиману, площі водного дзеркала і солоності досягли рекордно негативних значень, відповідно 650 см БС, 35,9 км², 323 ‰ (Адобовський, та Соколов 2016), в результаті чого Одеською обласною радою за експертної підтримки науково-дослідних установ і вищих навчальних закладів м. Одеса було прийнято рішення про наповнення Куяльницького лиману морською водою. 24 грудня 2014 року розпочався перший запуск морської води через з'єднувальний канал Чорне море – Куяльницький лиман, який представляє собою трубу

діаметром 1 м, завдовжки 2 км, прокладену через пересип і виведену в море на глибину 5 м.

З початком роботи з'єднувального каналу Одеська обласна рада за допомогою спеціалізованих наукових установок стала проводити комплексний моніторинг екосистеми Куяльницького лиману. Один з розділів моніторингу, який пов'язаний з дослідженням впливу води Одеської затоки на живі природні ресурси Куяльницького лиману, зокрема рослинні угруповання, був доручений Інституту морської біології НАН України. Відповідно, результати моніторингу стану водної рослинності, що представлені в нашій роботі, є невіддільним складником для розуміння комплексних гідроекологічних процесів, які відбуваються з екосистемою лиману в результаті надходження морської води.

Екстремальні значення солоності є основною причиною специфічної структури водної та ґрунтової рослинності Куяльницького регіону, яка представлена насамперед видами водоростей, що належать до *Suaoprockaryota* (Виноградова 2016; Царенко и др. 2016). Безпосередньо в водній товщі лиману мешкає невелика кількість видів водоростей представників відділів *Bacillariophyta* і *Chlorophyta*, серед яких відома зелена водорість *Dunaliella salina* Teodor., яка утворює монодомінантні планктонні угруповання, що витримують солоність до 300–320 ‰ (Шихалеева и др. 2017).

Функціонування з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман відкриває вхід в екосистему рослинності Одеської затоки і за зниження солоності в лимані створює потенційні умови формування автотрофних угруповань нової структури, які радикально можуть змінити продукційні процеси, підвищити рівень вторинного евтрофування і порушити процеси грязеутворення. Відомий історичний приклад, коли в 1942–1947 рр. у лимані

солоність перебувала практично на рівні Одеської затоки (21,9–38,2 ‰), і в цей період у Куяльницькому лимані спостерігався розвиток типових для прилеглої морської узбережжя макрофітів, таких як: *Ceramium rubrum* (Huds.) Ag., *Ceramium tenuissimum* (Lyngb.) J., *Cladophora glomerata f. marina*, *Leathesia difformis* (L.) Aresch., *Bryopsis plumosa* (Huds.) Ag., *Bryopsis hypnoides* Lamour., *Polysiphonia variegata* Zanardini (= *Polysiphonia denudata* (Dillw.) Kütz.), *Polysiphonia spinulosa* Grev., *Callithamnion corymbosum* (J.E. Smith) Lyngb., *Ulva lactuca* L. (Погребняк 1949, 1965). Прогнозні розрахунки свідчать, що за можливого коливання солоності Куяльницького лиману від 48 до 220 (‰) під час з'єднання його з морем флористичний склад макрофітів може коливатися від 28 видів типових для Одеської затоки до 4 видів галофільних водоростей (Мінічева, та Калашнік 2015).

Задачею роботи є аналіз результатів моніторингу стану водної рослинності під час запуску в екосистему Куяльницького лиману морських вод з макро- і мікрофітами прибережної зони Одеської затоки, виявлення закономірностей формування угруповань фітоперифітону на новостворених біотопах водонаправляючих лотків з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман в період 2015–2018 рр.

Матеріал та методи досліджень

Щомісячні моніторингові дослідження були проведені в холодний період 2015 і 2016 рр., а також протягом всіх 12 місяців 2017 і 2018 рр. Основним місцем відбору одноклітинних і багатоклітинних водоростей, які потрапляють до лиману з морською водою і формують на нових біотопах водонаправляючих лотків фітоперифітонні угруповання, була вхідна труба і бетонні водонаправляючі лотки з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Місце відбору проб фітоперифітону на лотках з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман: а – загальний вид лотків при зимовому надходженні морської води у лиман; б – сформовані угруповання фітоперифітону на лотках з'єднувального каналу

Для виявлення закономірностей довгострокового формування угруповань фітоперифітону на водонаправляючих лотках з'єднувального каналу були обрані точки, що характеризуються різними умовами водотоку і освітлення (рис. 2).

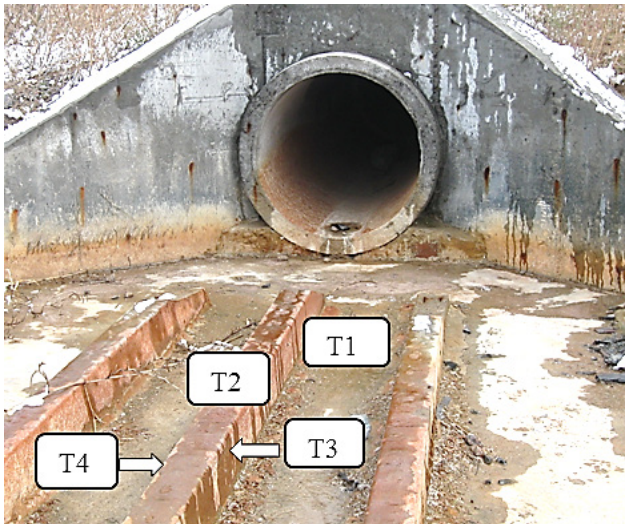


Рис. 2. Різні типи точок відбору рослинності на лотку з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман: Т. 1 – нижня горизонтальна поверхня лотку, Т. 2 – верхня горизонтальна поверхня лотку, Т. 3 – вертикальна освітлена поверхня лотку (базова моніторингова), Т. 4 – вертикальна затінена поверхня лотку

Під час відбору та аналізу проб альгологічного матеріалу використовувалися класичні методи обліку донної рослинності з використанням перифітонних рамок кількісного обліку (10 × 10) см (Калугина-Гутник 1975; Еременко 1980). Визначався флористичний склад, відсоток проективного покриття рослинності на твердих субстратах, біомаса макрофітів та чисельність мікрофітів (Гусяков 1980). Всього було відібрано 395 проб макро- і мікроперифітону (табл. 1). Номенклатура водоростей наведена за зведеннями дослідників Вассер та Царенко (2000; 2010) з урахуванням останніх змін, що відображені в AlgaeBase (Guiry, and Guiry 2019).

Таблиця 1

Об'єм зібраного матеріалу		
Рік	Кількість зйомок	Кількість проб
2015	3	29
2016	4	53
2017	12	174
2018	12	139
Всього		395

Окрім традиційних методів аналізу макро- і мікрофлори, були застосовані методи морфо-

функціонального аналізу, пов'язані з розрахунком показників поверхні одноклітинних і багатоклітинних водоростей (Мінічева, Зогов, та Косенко 2003). Для макро- і мікрофітів розраховувалися питома поверхня популяцій ($S/W, m^2 \cdot kg^{-1}$), що характеризує екологічну активність видів, та індекс поверхні фітоценозів (ПФ, од.), який пов'язаний з інтенсивністю функціонування водної рослинності. Для альгосистеми «базифіт-епіфіт» розраховувалося співвідношення поверхні макрофітів (ПФ_м) та одноклітинних епіфітів (ПФ_е) (Калашник 2018).

Для контролю екологічного статусу морської води, яка заходить у лиман, визначався Екологічний статус класу (Ecological Status Class – ESC) з використанням шкал, які враховують вимоги Морської стратегії ЄС (MSFD, 2008/56/EC) на підставі морфофункціональних індикаторів багатоклітинних і одноклітинних водоростей (Minicheva 2013; Мінічева та ін. 2015).

Результати та обговорення

Основним чинником, від якого залежить надходження з прибережної зони моря макро- і мікрowodоростей в лиман та зростання водоростей на бетонних поверхнях водонаправляючих лотків з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман, є потік морської води. Режим функціонування з'єднувального каналу є періодичним, морська вода щорічно запускається в лиман тільки в холодний період року за температури нижче 10 °С. Зазвичай вхід морської води починається в кінці листопада, а закінчується в травні. Таким чином, в лиман передусім заходить зимовий комплекс морської альгофлори, і тільки півроку лотки каналу обводнені і є повноцінним біотопом для розвитку водоростей. Другу половину року представники літньої альгофлори, що знаходяться в активних циклах розмноження, не можуть потрапити в лиман, а локальні альгоугруповання, що сформувалися на біотопах лотків в холодний період року, функціонують у режимі супраліторальних умов, за яких змочування відбувається в основному за рахунок опадів або невеликих протікань з труби.

За чотирирічний період досліджень у південній частині Куяльницького лиману в районі водозапуску морської води виявлено 29 видів водоростей, які потрапили до лиману з морською водою, з яких 4 види макрофітів і 12 видів мікрофітів стали елементами угруповань фітообростання водонаправляючих лотків з'єднувального каналу (табл. 2). У зв'язку з тим, що в період моніторингових спостережень відразу після припинення подачі морської води солоність в південній частині лиману не опускалася нижче 165 ‰, а до літньо-осіннього періоду знову піднімалася більш ніж до 300 ‰ (Адобовський, та Соколов 2016), водорості Одеської затоки, що потрапили через з'єднувальний канал на при-

леглу акваторію лиману, не змогли продовжити свій подальший розвиток через сольовий поріг. Фітоценози, які формувалися на лотках, знаходилися під дією морських вод Одеського регіону з середньою солоністю 12,34 ‰ (Адобовський, та Богатова 2013).

У другий сезон роботи з'єднувального каналу (2016 р.) різко зросла флористична різноманітність альгофлори, що потрапила в акваторію Куяльницького лиману. У макрофітів кількість видів збільшилася з 4 до 11, а у мікрофітів з 6 до 10. Але при

цьому з усього різноманіття альгофлори лише два види зелених нитчастих макрофітів і чотири види діатомових мікрофітів стали доміантними елементами фітообростання бетонного субстрату і були виявлені протягом усього періоду моніторингу 2015–2018 рр. (табл. 2).

Аналіз динаміки співвідношення внеску різних таксонів макро- і мікроформ водоростей у флористичний комплекс на першому етапі роботи з'єднувального каналу (2015 р.), відповідно до відомих

Таблиця 2

Видовий склад водоростей, які виявлені в Куяльницькому лимані в результаті роботи з'єднувального каналу з морем

	Флористичний склад	S/W, (м ² · кг ⁻¹)	Рік			
			2015	2016	2017	2018
Chlorophyta						
1	<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) Gain	101,20±2,61	–	–	+	–
2	<i>Blidingia marginata</i> (J.Agardh) P.J.L.Dangeard ex Bliding	106,4±1,85	–	+	–	–
3	<i>Capsosiphon fulvescens</i> (C.Agardh) Setchell & N.L.Gardner	33,48±1,09	–	+	–	–
4	<i>Chaetomorpha gracilis</i> Kütz.	141,55±1,67	–	+	–	–
5	<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kütz.	42,58±1,10	–	+	+	–
6	<i>Cladophora vagabunda</i> (L.) C. Hoek	67,22±4,68	+	–	–	–
7	<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	243,01±6,21	–	+	+	+
8	<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	247,52±7,80	–	–	+	–
9	<i>Ulothrix implexa</i> (Kützling) Kützling	303,94±8,86	+	+	+	+
10	<i>Ulva prolifera</i> O. Müller	42,05±2,04	–	+	–	–
11	<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth.) Aresch.	108,80±2,99	+	+	+	+
Ochrophyta						
12	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	265,18±17,45	+	–	+	–
13	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link	16,41±1,68	–	+	+	–
14	<i>Punctaria latifolia</i> Greville	22,74±1,47	–	–	+	–
Rhodophyta						
15	<i>Ceramium virgatum</i> Roth	24,81±1,86	–	+	+	–
16	<i>Polysiphonia elongata</i> (Huds.) Spreng.	23,54±2,15	–	–	+	–
17	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie	63,05±2,36	–	+	–	–
Bacillariophyta						
18	<i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow	168,00±3,94	+	+	+	+
19	<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>scutellum</i> C. Agardh	539,74±11,45	–	–	+	+
20	<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites	736,52±39,54	–	+	+	+
21	<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent	957,12±18,15	+	+	+	+
22	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz	548,49±12,52	–	+	+	+
23	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh	658,29±17,47	–	–	+	+
24	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh	297,34±14,90	+	+	+	+
25	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt	371,37±10,15	+	+	+	+
26	<i>Navicula pennata</i> var. <i>pontica</i> Mer.	783,21±17,35	–	+	+	+
27	<i>Nitzschia</i> sp.	827,91±18,54	–	+	+	+
28	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bert.	985,52±68,56	+	+	+	+
29	<i>Tabularia fasciculata</i> D.M. Williams et Roud.	587,36±37,24	+	+	+	+
Всього			10	21	22	15

* Сірим кольором виділені види, що розвиваються в біотопі лотків

закономірностей первинної сукцесії, показав, що різноманітність одноклітинних форм діатомових водоростей порівняно з макрофітами була вище в 2–3 рази (рис. 3). Таке превалювання діатомового комплексу над макрофітами було характерним для «сухого» періоду всіх чотирьох років моніторингових спостережень. Найбільше таксономічне різноманіття водоростей спостерігалось в «мокрі» періоди під час роботи з'єднувального каналу в 2016–2017 рр., як за рахунок видів, які почали цикл розвитку на новому біотопі, так і за рахунок таломів, які потрапляли з морською водою в лотки і на прилеглу акваторію лиману (рис. 3).

Особливості конструкції водонаправляючих лотків створюють різні умови зростання фітоперифітону, в зв'язку з цим показники біомаси та індексів поверхні угруповань макрофітів досліджувалися окремо для 4-х різних моніторингових поверхонь (точок) лотка (рис. 2). Найбільш сприятливі умови для первинно-продукційного процесу були виявлені

на вертикальній освітленій поверхні (Т. 3). Помірний вплив водотоку і хороша освітленість створюють умови, за яких у весняний сезон біомаса фітоперифітону тут може досягати більше 1 кг·м⁻², а площа фотосинтезуючої альгоповерхні, яка формується на 1 м² поверхні лотка, може перевищувати 100 м² (рис. 4).

На підставі цих результатів Т. 3 була обрана як базова, моніторингова для проведення більш глибокого аналізу закономірностей формування альгосистеми, що включає макро- і мікрокомпоненти. На такій же вертикальній, однак затіненій стороні жолоба (Т. 4) зафіксовані продукційні показники нижчі більш ніж на одну третину. Що стосується вертикальних поверхонь (Т. 1 і Т. 2), у яких світлова експозиція однакова, проте інтенсивність водотоку вище для Т. 1, то тут різниця в продукційних показниках не має вираженого характеру. Однак фітоценози піднятої над основним потоком поверхні (Т. 2) все ж таки зберігають більш високу біомасу порів-

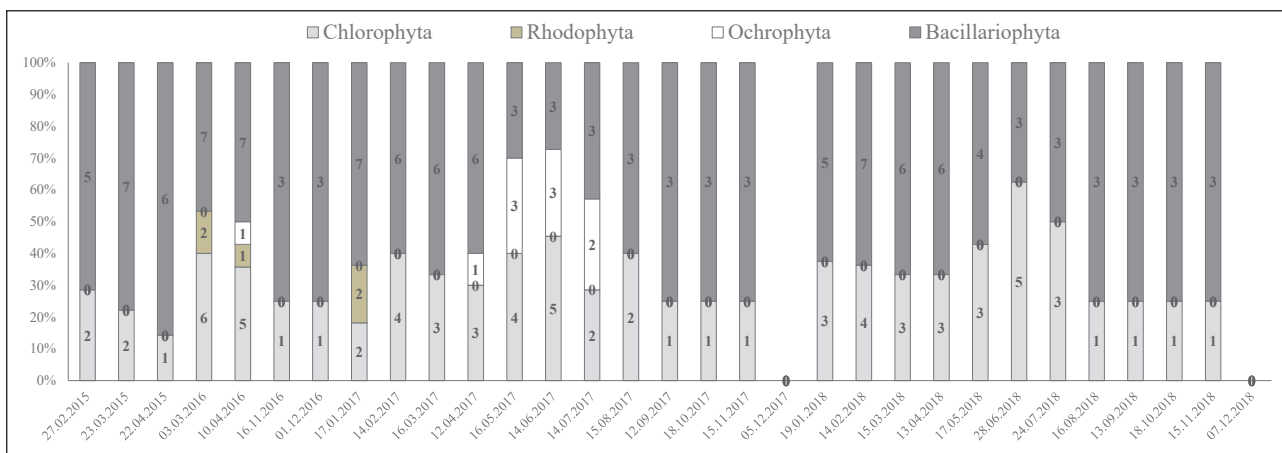


Рис. 3. Динаміка співвідношення представників різних таксонів мікро- і макроводоростей на базовій моніторинговій точці (Т. 3) лотку з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман у період 2015–2018 рр.

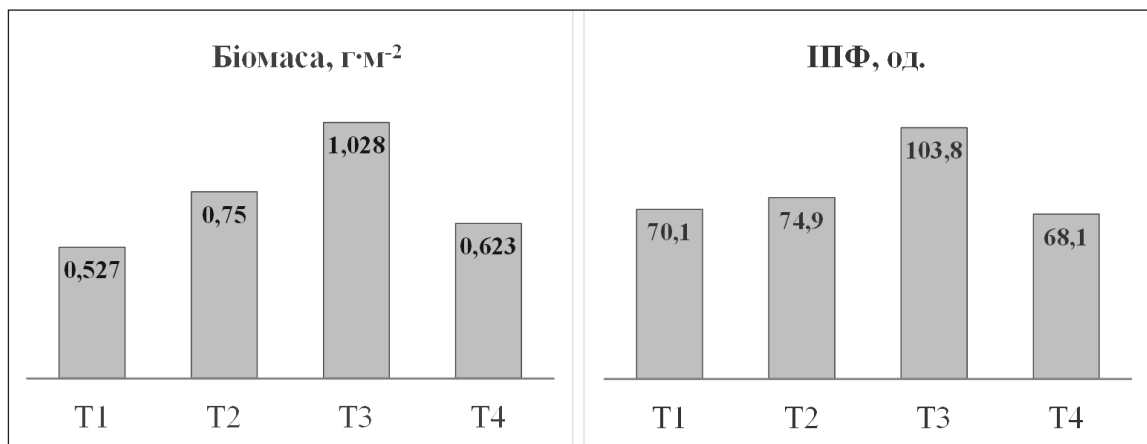


Рис. 4. Відмінності середньорічних весняних (квітень 2015–2018 рр.) показників розвитку макрофітів на поверхнях (Т. 1, Т. 2, Т. 3, Т. 4) лотку з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман, які відрізняються умовами гідродинаміки та освітлення

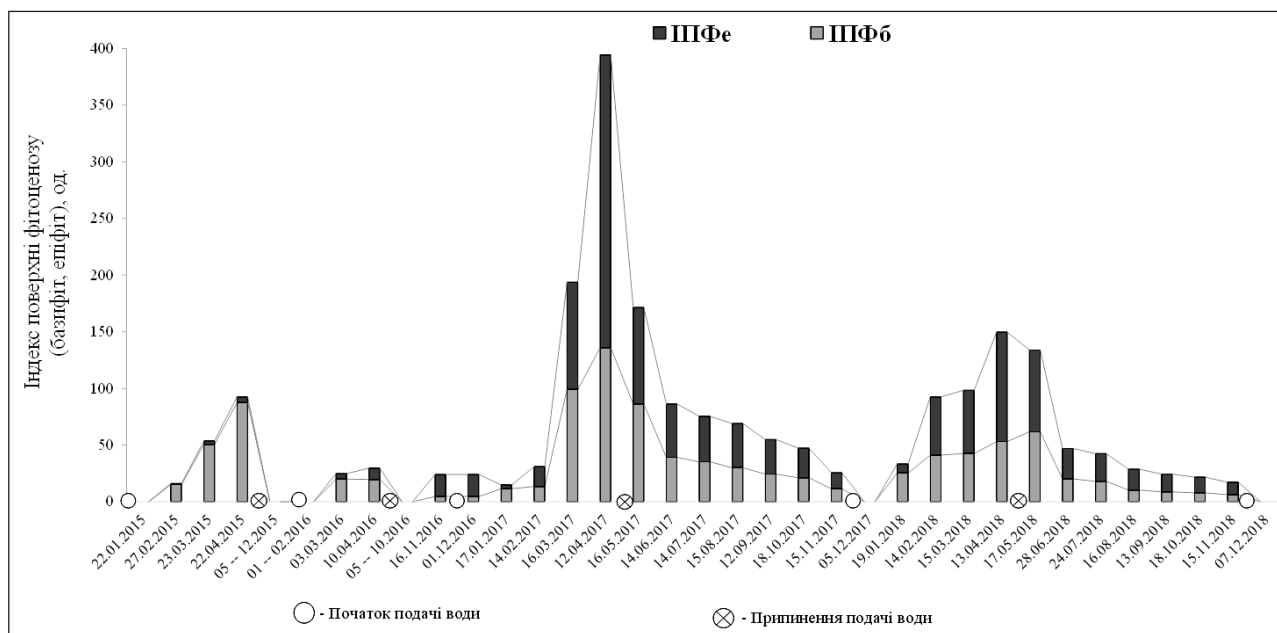


Рис. 5. Динаміка індексів поверхні, $\text{Ш}_6/\text{Ш}_e$ макро- (базифіт) і мікро- (епіфіт) водоростей на базовій моніторинговій точці (Т. 3) лотку з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман у період 2015–2018 рр.

няно з угрупованнями, що розвиваються безпосередньо в центральному водотоці (Т. 1) (рис. 4).

Відмінною особливістю такого моніторингу рослинності є те, що альгоугруповання розглядаються як єдина альгосистема, що складається з макро- (базифіт) і мікро- (епіфіт) компонентів, які через відмінності у функціональній активності забезпечують різний внесок в автотрофний процес залежно від умов, що впливають на його інтенсивність. Динаміка індексів поверхні базифіта і епіфіта ($\text{Ш}_6/\text{Ш}_e$) за досліджуваний період демонструє, що максимальна інтенсивність розвитку угруповань макро- і мікрофітоперифітону була досягнута у весняний період 2017 року і була на порядок вище, ніж у відповідний період 2016 р., який характеризувався мінімальними морфофункціональними показниками альгоугруповань (рис. 5).

У зв'язку з тим, що сумарна поверхня базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми має виражені міжрічні коливання, можна припустити, що основною причиною відмінностей в інтенсивності функціонування фітоперифітону на штучних біотопах Куяльницького лиману є комплекс абіотичних умов, які визначають автотрофний процес, включаючи температурний режим, фотосинтетично активну радіацію, а також концентрації поживних речовин у морській воді, яка надходить в лиман по з'єднувальному каналу.

Якщо абсолютна інтенсивність функціонування фітоперифітону значною мірою залежить від комплексу міжрічних умов і не має поетапного характеру, то внесок в автотрофний процес угруповання

базифітного і епіфітного компонентів характеризується послідовними сукцесійними етапами. На першому етапі формування нових фітоценозів у Куяльницькому лимані основну перевагу мали базифітні макроформи (рис. 6), притому, що флористичне різноманіття епіфітів у цей період було вищим (рис. 3). Через чотири роки внесок епіфітного компонента в продукційний процес альгосистеми збільшився з 5 до 64 (%), а базифітного, навпаки, знизився з 95 до 36 (%) (рис. 6).

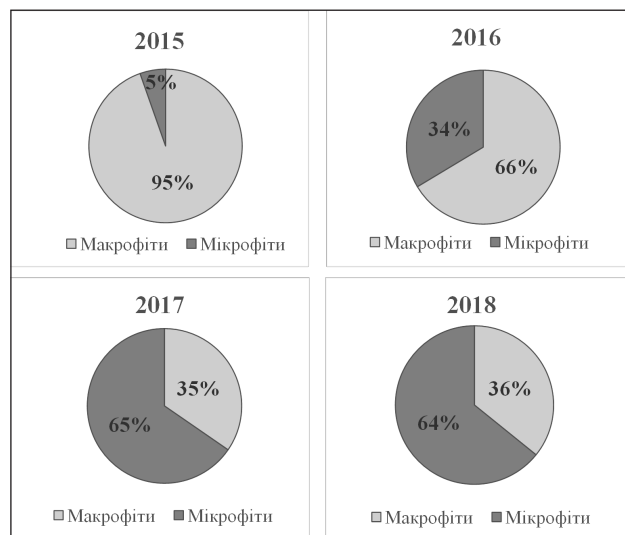


Рис. 6. Тенденція зміни співвідношення індексів поверхні макро- і мікрофітів в альгоугрупованнях фітоперифітону з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман у період 2015–2018 рр.

Таблиця 3

**Екологічний статус клас (ESC)
з'єднувального каналу Чорне море –
Куяльницький лиман, оцінений на підставі
морфофункціонального індикатору середньої
питомої поверхні макрофітів (S/W_x)**

Дата моніторингу	Морфофункціональний індикатор, S/W_x , ($m^2 \text{ кг}^{-1}$)	Екологічний статус клас (ESC), за індикатором (S/W_x)
27.02.2015	99,3±3,70	Moderate (Задовільний)
23.03.2015	109,1±4,22	Moderate (Задовільний)
22.04.2015	107,2±4,78	Moderate (Задовільний)
03.03.2016	91,96±3,89	Moderate (Задовільний)
28.04.2016	82,9±3,21	Moderate (Задовільний)
16.11.2016	103,37±4,04	Moderate (Задовільний)
01.12.2016	103,37±4,04	Moderate (Задовільний)
17.01.2017	115,38±8,45	Moderate (Задовільний)
14.02.2017	137,67±11,78	Poor (Поганий)
16.03.2017	166,38±7,81	Poor (Поганий)
12.04.2017	193,35±6,42	Poor (Поганий)
16.05.2017	155,19±7,26	Poor (Поганий)
14.06.2017	163,36±9,47	Poor (Поганий)
14.07.2017	97,40±4,47	Moderate (Задовільний)
15.08.2017	95,15±4,11	Moderate (Задовільний)
12.09.2017	93,82±4,26	Moderate (Задовільний)
18.10.2017	93,82±4,26	Moderate (Задовільний)
15.11.2017	93,82±4,26	Moderate (Задовільний)
05.12.2017	–	–
16.08.2018	89,07±4,92	Moderate (Задовільний)
13.09.2018	89,07±4,92	Moderate (Задовільний)
18.10.2018	89,07±4,92	Moderate (Задовільний)
15.11.2018	89,07±4,92	Moderate (Задовільний)
07.12.2018	-	-

Таким чином, після чотирьох років формування угруповань фітоперифітону, переважання в альгоугрупованнях епіфітного компонента, функціональна активність якого в кілька разів вище макрофітів (див. значення S/W макро- і мікрофітів в табл. 2), свідчить про те, що формування фітоперифітону на лотках з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман йде шляхом підвищення екологічної активності альгоугруповань.

Екологічна активність альгоугруповань, виражена морфофункціональним індикатором середньої питомої поверхні макрофітів (S/W_x), може бути використана для визначення категорії екологічного статусу екосистеми, в якій розвивається водна рослинність, за стандартами Рамкової Директиви Морської Стратегії ЄС. Довготривалий моніторинг фітоперифітону на лотках з'єднувального каналу дозволив отримати інформацію про місячну зміну категорій ESC для дослідженої ділянки в період 2015–2018 рр. (табл. 3).

Щомісячні значення S/W_x свідчать, що практично протягом усього періоду моніторингу, за винятком лютого–червня 2017 р., ESC відповідав категорії Moderate (Задовільний). На цей час така категорія ESC притаманна акваторії Одеської затоки, що співвідноситься з фактом надходження в екосистему Куяльницького лиману прилеглих морських вод. Зниження ESC на одну категорію – Poor (Поганий) в період лютого–червня 2017 р. підтверджується даними міжрічної динаміки ІІІ базифітного і епіфітного компонентів (рис. 5). Це свідчить про те, що в даний період, вочевидь, відбулося підвищення рівня евтрофування, яке було викликане природними (температурний режим, сонячна радіація) або антропогенними (підвищення в морській воді концентрації сполук азоту і фосфору) причинами.

Висновки

У період 2015–2018 рр. з прибережної зони моря в Куяльницький лиман з потоком морської води через з'єднувальний канал потрапило 29 видів макро- і мікроводоростей, які належать до відділів *Chlorophyta*, *Ochrophyta*, *Rhodophyta*, *Bacillariophyta*. При цьому не був зафіксований масовий розвиток морських видів водоростей, оскільки за досліджуваній період солоність не опускалася нижче 165 ‰.

Під дією потоків морської води на поверхні водонаправляючих лотків з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман сформувалися угруповання фітоперифітону, до домінантного складу яких увійшли два види зелених нитчастих макрофітів (*Urospora penicilliformis* (Roth.) Aresch., *Ulothrix implexa* (Kützing) Kützing) і чотири види діатомових водоростей (*Berkeleya rutilans* (Trentepohl ex Roth) Grunow, *Diatoma vulgare* Bory de Saint-

Vincent, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert., *Tabularia fasciculata* D.M. Williams et Roud.).

Найбільш сприятливі умови для первинно-продукційного процесу фітоценозів були виявлені на вертикальних освітлених поверхнях водонаправляючих лотків з'єднувального каналу Чорне море – Куяльницький лиман. Помірний вплив водотоку і хороша освітленість створили умови, за яких у весняний період біомаса фітоперифітону для цього типу експозиції сягала понад $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, а площа фотосинтезуючої альгоповерхні на 1 м^2 поверхні лотка перевищувала 100 м^2 .

Абсолютна інтенсивність функціонування угруповань фітоперифітону на лотках з'єднувального каналу залежить від міжрічних коливань комплексу абіотичних умов, які впливають на автотрофний процес. Максимальна інтенсивність функціонування альгосистеми «базифіт-епіфіт» була зафіксована для весняного періоду 2017 р. Внесок у автотроф-

ний процес угруповання базифітного і епіфітного компонентів характеризувався послідовними сукцесійними етапами. З 2015 по 2018 рр. внесок епіфітного компонента в продукційний процес збільшився з 5 до 64 (%), а базифітного – зменшився з 95 до 36 (%), що свідчить про послідовне зростання екологічної активності угруповань фітоперифітону.

Щомісячний моніторинг середньої питомої поверхні видів, які увійшли до флористичного складу фітоперифітону на лотках Куяльницького лиману, дозволив оцінити категорії екологічного статусу класу (ESC) за стандартами Морської стратегії ЄС. Практично протягом усього періоду моніторингу (2015–2018 рр.) ESC відповідав категорії – Moderate (Задовільний), яка зараз притаманна акваторії Одеської затоки. Виняток становить період лютого–червня 2017 року, в який через підвищену інтенсивність первинно-продукційного процесу ESC знизився на одну категорію до – Poor (Поганий).

Список використаних джерел

- Адобовский, В.В., и Е.В. Соколов. 2016. “Изменение гидролого-морфометрических характеристик Куяльницкого лимана в результате запуска морской воды.” *Український гідрометеорологічний журнал* 18:132-139.
- Адобовский, В.В., и Ю.И. Богатова. 2013. “Особенности современного гидролого-гидрохимического режима Куяльницкого лимана и прогнозная оценка его составляющих в условиях возможного пополнения водоема морскими и пресными водами.” *Український гідрометеорологічний журнал* 13:127-137.
- Вассер, С.П., и П.М. Царенко ред. 2000. *Разнообразие водорослей Украины*. Киев: Альгология.
- Виноградова, О.М. 2016. “Суанпрокарыота прибрежных солонцов Куяльницкого лиману.” *Черноморський ботанічний журнал* 12(1):85-94.
- Гусяков, Н.Е. 1980. Микрофитобентос. В *Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений*, под редакцией А.В. Цыбань, 166-170. Ленинград: Гидрометеиздат.
- Еременко Т.И. 1980. Макрофитобентос. В *Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений*, под редакцией А.В. Цыбань, 170-176. Ленинград: Гидрометеиздат.
- Калашник, Е.С. 2018. “Индикаторы альгосистемы «базифит-эпифит» как показатели экологического статуса морских прибрежных экосистем.” *Альгология* 28(3):255-269.
- Калугина-Гутник, А.А. 1975. *Фитобентос Черного моря*. Киев: Наукова думка.
- Лобода, Н.С., та Є.Д. Гопченко ред. 2016. *Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія*. Одеса: ТЕС.
- Мінічева, Г.Г., А.Б. Зотов, и М.Н. Косенко. 2003. *Методические рекомендации по определению морфо-*
- функциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности*. Одесса: ЦНТЕП ОНЮА.
- Мінічева, Г.Г., та ін. 2015. “Автотрофні поверхні – інструмент фітоіндикації для моніторингу водних екосистем.” *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 3-4(64):470-473.
- Мінічева, Г.Г., та К.С. Калашнік. 2015. “Прогноз розвитку макрофитобентосу Куяльницького лиману при різних рівнях солоності.” *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку”*, Одеса, Листопад 18-20.
- Погребняк, И.И. 1965. “Донная растительность лиманов Северо-Западного Причерноморья и сопредельных акваторий Черного моря.” *Дис. д-ра биол. наук*, Одесский государственный университет.
- Погребняк, И.И. 1949. “Фитобентос Куяльницкого лиману.” *Праці ОДУ* 4: 57-65.
- Царенко, П.М. 2010 “Рекомендации по унификации цитирования фамилий авторов таксонов водорослей.” *Альгология* 20(1):86-121.
- Царенко, П.М., и др. 2016. “Суанпрокарыота в экосистеме Куяльницкого лимана (Украина).” *Альгология* 26(4):418-438.
- Шихалеева, Г.Н, и др. 2013. “Многолетняя динамика водно-солевого режима Куяльницкого лимана.” *Вісник ОНУ, Хімія* 18 (3(47)):67-78.
- Шихалеева, Г.Н., и др. 2017. “Альгофлористические исследования Куяльницкого лимана и эфемерных водоемов его побережья (Северо-Западное Причерноморье, Украина).” *Альгология* 27(3):277-298.

DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy, 17 June 2008. (MSFD, 2008/56/EC)

Guiry M.D., and G.M. Guiry. 2019. "AlgaeBase." *World-wide electronic publication, National University*

of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 18 April 2019.

Minicheva, G.G. 2013. "Use of the Macrophytes Morphofunctional Parameters to Assess Ecological Status Class in Accordance with the EU WFD." *Морський екологічний журнал* 12(3):5-21.

FORMATION OF PHYTOPERIPHYTON ON THE HYDROTECHNICAL STRUCTURES OF THE CONNECTING CHANNEL BLACK SEA – KUYALNITSKY LIMAN

Minicheva G.G., Dr. Sc., Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, minicheva@ukr.net

Kalashnik K.S., Jun.Sc.

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, kalashnik.eka@gmail.com

The paper reviews the results of monitoring of aquatic vegetation of the Kuyalnitsky Liman in the period 2015–2018, when launched into the ecosystem of sea water from the coastal zone of Odessa Bay. As a result of the monthly monitoring, the patterns of formation of phytoperiphyton communities in the liman on the newly created biotopes of the water guide trays of the connecting channel Black Sea – Kuyalnitsky Liman are presented. Based on the morphofunctional indicators of phytoperiphyton, assessment of the categories of Ecological Status Class (ESC) according to requirement of the EU Maritime Strategy is given.

During the studied period, it was shown that 29 species of macroalgae and microalgae belonging to the divisions of *Chlorophyta*, *Ochrophyta*, *Rhodophyta*, *Bacillariophyta* entered with sea water to the Kuyalnitsky Liman from coastal zone. At the same time, the mass development of marine algae was not observed in the liman, since the salinity did not decrease less than 165 ‰. Under the influence of seawater flows on the trays of the connecting channel, the Black Sea – Kuyalnitsky Liman formed communities of phytoperiphyton with two species of green filamentous macrophytes and four species of diatom algae dominant species.

It is shown that the absolute intensity of the functioning of phytoperiphyton communities depends on the fluctuation of the complex of interannual conditions which are connected with autotrophic processes. The maximum intensity of functioning of the "basiphyte-epiphyte" algaesystem was recorded for the spring period of 2017. The contribution to the autotrophic process of the basiphytic and epiphytic components community, was characterized by successive stages. From 2015 to 2018 the contribution of the epiphytic component to the production processes of the algaesystem increased from 5 to 64 (%), while the basiphytic component, decreased from 95 to 36 (%), this indicates the consistent increase of the ecological activity of the phytoperiphyton communities developing on the new biotopes of the Kuyalnitsky Liman.

Key words: macrophytes, microphytes, morpho-functional indicators, monitoring, ecological status.