

УДК 582.26:574.5 (262.5.05)

Гусляков М. О., канд. біол. наук, доц., Ковтун О. О., асистент
Одеський державний університет, кафедра гідробіології та загальної екології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

ВОДОРОСТІ МЕЗОФІТОПСАМОНУ ЧОРНОГО МОРЯ

Наведено огляд існуючих точок зору на видовий склад і класифікацію фотосинтезуючих організмів у контурних угрупованнях. Запропоновано виділити нове екологічне угруповання водоростей — мезофітопсамон, що об'єднує сукупність мікроскопічних водоростей, які живуть у інтерстиціальних водах. Наведено дані про видовий склад, чисельність та біомасу водоростей мезофітопсамону Чорного моря.

Ключові слова: мезофітопсамон, інтерстиціаль, епіпеліти, епісаміти, діатомеї.

До системи екологічних комплексів контактної зони “море — берег” входить своєрідна “підземна” літораль — інтерстиціаль. Враховуючи, що процеси розвитку інтерстиціалі є дуже специфічними, ми розглядаємо її як особливу суміжну зону, якісно відмінну від масивів суші й морських акваторій, що розділяються нею [7].

Відомо, що простір між окремими піщинками може бути заповнений солоною або прісною водою. Такі води і комплекси організмів, що населяють їх, називають інтерстиціальними [8, 14].

За фізико-хімічними умовами і видами організмів, що мешкають в них, поверхневі й глибинні води інтерстиціалі суттєво відрізняються. Протягом доби та протягом року температура ґрунтової води у поверхневих шарах піску помітно змінюється. Атмосферні опади надають інтерстиціальним водам певного ступеня проточності, що суттєво впливає на їх сольовий та газовий режим. До того ж у поверхневий шар піску на глибину кількох сантиметрів може проникати сонячне світло, що забезпечує існування в ньому фотосинтезуючих організмів.

Проблемою контурних угруповань вчені почали займатися ще у 20-ті роки, проте і досі кількість серйозних досліджень у цій галузі незначна, а системні підходи до вивчення фотосинтезуючих організмів практично відсутні.

Зазначимо, що вивчення екології інтерстиціальних (епіпелітних та епісамітних) водоростей, в тому числі й діатомей, представляє особливий інтерес. По-перше, одноклітинні водорості — єдина група мікроорганізмів, що живуть у піску, якій властиве фототрофне живлення і, разом з тим, здатність до швидкого розмноження. По-друге, водорості, що живуть у піску й на його поверхні, мають вражаючу пластичність морфобіологічних і фізіологічних властивостей, високу стійкість до екстремальних умов. Все це робить їх зручними об'єктами для вивчення механізмів тривкості організмів до різних несприятливих чинників середовища. З урахуванням цього за сучасного стану проблеми особливо важливими є дослідження видової різноманітності, систематики, кількісних характеристик, впливу умов навколишнього середовища на окремі види, структуру і функціонування зазначеного угруповання водоростей. Актуальність такої роботи зростає ще й тому, що зовнішні зв'язки моря проходять через його контурні біотопи, які,

з одного боку, першими й у найбільш суттєвій формі піддаються впливу зовнішніх факторів, а з іншого, є потужними акумуляторами алохтонних речовин, що надходять у морське середовище. Разом з тим, водорості, в тому числі й ті, що живуть на межі “берег — море”, внаслідок простоти культивування є зручними біоіндикаторами стану водних екосистем.

Антропогенний “прес” на море, що посилюється, в першу чергу пов’язаний з різноманітними й значними впливами людини на берегову контактну зону та процеси, що протікають у ній.

Тому, розробляючи метод біологічної індикації з використанням водоростей, виникає необхідність підібрати відповідні тест-об’єкти для виявлення різних забруднювачів і для оцінки санітарного стану водоймища за різноманітними параметрами. Такими тест-об’єктами можуть бути як природні угруповання водоростей псамону в цілому, так і спеціально знайдені види-індикатори, що мешкають у мезофітопсамоні.

У подальшому індикаторний альгологічний аналіз мезофітопсамону повинен провадитися за низкою показників, у тому числі за даними біоморфології, флористики, екології окремих видів або їх угруповань. При цьому перспективним є широке використання різних коефіцієнтів (наприклад, флористичної схожості або розмаїтності) та індексів. На думку Ю. Одума [10], визначення показників розмаїтності або подібності — один з найкращих засобів виявлення й оцінки ступеня забруднення. Для цього достатньо вміти розрізняти види, навіть не знаючи їхніх назв. Помилки, які виникають через складність розрізнення споріднених видів, або через те, що окремі види можуть бути прийняті як різні стадії розвитку одного організму, не мають вирішального значення. Це пов’язано з тим, що, з одного боку, споріднені види дуже рідко зустрічаються в одній пробі, а з іншого, особини різних стадій розвитку самі по собі є складовими частинами загальної різноманітності.

У фізико-географічному плані морський мезофітопсамон є одним з елементів берегової зони моря, яка розцінюється біологами як своєрідна єдина система, що знаходиться в сфері впливу активної взаємодії фізико-географічних компонентів і процесів, властивих приморській частині суші та прибережній частині моря. Саме на основі розвитку концепції контактних зон А. К. Виноградов [5, 6] включив у біоценотичну структуру також і підземний комплекс інтерстиціалі, що утворює частину екосистеми прибережних мілководь відкритих морських узбереж.

Перші відомості про населення контактної зони стосувалися прісноводного тваринного світу [4]. Було встановлено, що поверхневий шар вологого піску населений численною й різноманітною фауною і флорою. Цю невідому раніше сукупність мікроскопічних організмів назвали псамоном (від грецького — пісок). Невдовзі у тому ж формулюванні термін “псамон” був прийнятий Е. Науманом [13].

Термін “інтерстиціаль” (від латинського — проміжний) було введено А. Г. Ніколсом [14], а всі організми, що мешкають в проміжках між піщинками, заповненими водою, були названі інтерстиціальними.

Дещо раніше при вивченні фауни піщаних пляжів в інтерстиціалі було виділено три зони: гідро-псамон — зону зануреного у воду піску; гігро-псамон — зону зволоженого піску, та епі-псамон — зону з сухим піском на поверхні. В залежності від ширини зони гігро-псамону дослідники часто виділяють підзони урізу води й

заплеску. Урізом вважається той простір, який було б зайнято водою за відсутності хвилювань і, відтак, заплеску.

Враховуючи, що інтерстиціаль якісно відрізняється від розділених нею масивів суші і моря, ми пропонуємо водорості, що населяють її, розглядати в якості самостійного екологічного угруповання, аналогічного фітопланктону, фітонейстону, фітобентосу, криофітону, галофітону, кальцефітону, фітоедафону й аерофітону.

Йдучи за основними принципами класифікації інтерстиціальної мікрофауни [11, 14, 15, 18], ми пропонуємо сукупність інтерстиціальних водоростей називати мезофітопсамонем, розуміючи під цим групу мікроскопічних водоростей, що мешкають у міжпіщинковому просторі, тобто в інтерстиціальних водах.

Зазначене угруповання мікроскопічних водоростей схоже з аерофітоном та фітоедафоном, але не тотожне їм. При цьому сукупність мікроскопічних водоростей мезофітопсамону ми диференціюємо на епіфітопсамон — мікроскопічну групу водоростей, що веде прикріплений до піщинок спосіб життя або вільно пересувається по їхній поверхні, та інтрапсамон — не прикріплені мікроскопічні водорості, що вільно живуть у міжпіщинковому просторі.

Населення псамона (псамонти) представлене як фотоавтотрофними, так і гетеротрофними організмами. Із гетеротрофів найчастіше тут зустрічаються нематоди, кліщі, ракоподібні, багатоніжки, турбеларії, гастротріхі, найпростіші, архіанеліди, молюски [3, 4, 9, 11, 14, 18 та ін.]. З фотоавтотрофів у значній кількості присутні діатомові, протококові й синьо-зелені водорості [1, 7, 12, 16, 17]. В цілому, фітопсамон досліджений значно гірше, ніж зоопсамон.

З гідробіологічної та альгологічної літератури відомо, що псамофільні водорості містять дві групи — епіпелітів та епісамітів [8, 12, 16].

В групі епіпелітних водоростей розглядаються ті, котрі розвиваються на поверхні відкладень, що варіюють від тонких глеїв до грубих пісків. Зауважимо однак, що поняття “епіпелітні” в ботанічній та гідробіологічній літературі асоціюється з мешканцями м'яких ґрунтів, причому без конкретизації їхньої локалізації чи то в міжпіщинковому просторі, чи то на якнайменших глейових фракціях, розташованих між піщинками або поза ними. В зв'язку з цим ми всі епіпелітні мікроскопічні водорості, що живуть тільки у міжпіщинковому просторі, розглядаємо як інтрасамітні водорості. Такі водорості (інтрафітопсамон) рухомі, а тому в багатьох із них у поверхневому шарі інтерстиціалі в межах кількох сантиметрів по вертикалі простежується вертикальна міграція. Вдень клітини зазвичай рухаються у бік більшого освітлення, а вночі повертаються вглиб піску.

За даними зарубіжних дослідників у епіпелітних та інтрасамітних водоростей літимальних та естуарних пісків спостерігалися ритми, узгоджені з приливно-відливними циклами. Вважають [16], що такі ритми у діатомових і деяких інших водоростей виробилися на основі циркадіального циклу у зв'язку з періодичним затемненням пісків каламутною водою. Є дані про те, що міграції епіпелітних діатомових водоростей прісноводних дрібних річок Великої Британії по вертикалі відбуваються один раз на добу з максимумом приблизно в цілком визначені години. Екологічне значення таких міграцій поки що не з'ясоване.

Максимальний фотосинтез у діатомових, що мешкають у піску пляжів, досягається зазвичай при інтенсивності сонячного світла менше 5% інтенсивності прямого опромінення, а чиста продукція органічних сполук може утворюватися вже

при інтенсивності світла менше 1% [17]. Разом з тим за високої інтенсивності світла продукція органічних речовин у таких діатомових зменшується лише в незначній мірі.

Епісамітні водорості (епіфітопсамон), в основному діатомові, прикріплюються до піщинок, віддаючи перевагу різноманітним заглибленням на їхній поверхні. Є серед них і рухомі форми. Видовий склад таких водоростей своєрідний і дуже багатий. Фактично це епілітні (твердих субстратів) водорості. Діатомові до піщинок прикріплюються або всією поверхнею стулки (види роду *Cocconeis*), або за допомогою коротких слизових тяжів (*Licmophora*). У морському середовищі, зокрема в районі наших досліджень, епісамітні діатомеї представлені видами родів *Cocconeis*, *Raphoneis*, *Dimerogramma*, *Opephora*, *Plagiogramma*, *Cimatosira*, *Amphora*, *Navicula*, *Licmophora*, *Tabularia*, *Nitzschia* та ін. В цілому тут переважають нерухомі форми, які є більш стійкими до довготривалих періодів темряви, дефіциту кисню та інших факторів. При посиленні рухомості пісків або плинності вод епісамітні водорості відриваються від субстрату, потрапляючи у завислий стан. У такому вигляді вони створюють інтрасамітне угруповання. Відрив епісамітних діатомеї частіше відбувається ополудні і пов'язаний з періодичністю клітинного поділу, за якого одна дочірня клітина залишається на субстраті, а інша течіями води відноситься, прикріплюючись врешті-решт в іншому місці. Є підстави вважати, що цьому угрупованню властива позитивна кореляція різноманітності і рясноти з вмістом в інтерстиціалі органічної речовини та біогенів. До того ж такі водорості здатні змінювати власний осмотичний тиск, що значно посилює їх евригалінність.

Вищезазначене переконує в тому, що дослідження інтерстиціальних, зокрема інтрасамітних та епісамітних водоростей, є важливим не тільки з теоретичної, а й з практичної точки зору.

Проведені нами дослідження фітопсамону в Одеській та Джарилгацькій затоках, а також у лиманах Північно-Західного Причорномор'я довели, що саме гігро-та евіпсамон мають найбільше значення. Однак, аби визначити, чи є такі знахідки водоростей у псамоні випадковими і чи умови псамону відповідають біологічним потребам видів, що тут виявляються, необхідне подальше всебічне дослідження гідропсамону.

Ми помітили, що видова розмаїтість інтерстиціальних водоростей є найбільшою в районах непорушених піщаних пляжів. При цьому в таких місцях часто спостерігається "цвітіння" піску (піщані острови й коси району Джарилгацької та Тендровської заток, пересип Тилігульського лиману та ін.)

Всього виявлено 88 видів діатомових, 4 види синьо-зелених водоростей. Найбільш поширеними, як і очікувалось, виявились шовні діатомеї (91%), в основному сімейства *Naviculaceae*. В мезофітопсамоні вивчених водоймищ чітко відокремлені дві групи водоростей: прикріплені до піщинок (епісамітні) та вільно існуючі серед піщинок (інтрасамітні). Епісамітні форми, як уже зазначалося, надають перевагу всіляким заглибленням на піщинках. Вільно існуючі види, як правило, пересуваються в проміжках між піщинками, заповненими водою. У гігро-та евіпсамоні переважають вільно існуючі види (69%). Однак біля урізу води відсоток прикріплених форм зазвичай вищий (68,5%).

На піщаних пляжах Тилігульського лиману (понижзя) виявлено 80 видів водоростей. Найчастіше зустрічалися *Navicula cryptocephala* var. *cincta* Kutz., *Amphora*

coffaeiformes var. *coffaeiformis* (Ag.) Kutz., *Achnanthes brevipes* Ag., *Cocconeis placentula* var. *euglipta* (Ehr.) Grun., а в Будацькому лимані — *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag) Lange-Bertalot, *Cocconeis pediculus* Ehr., *Ctenophora pulchella* (Ralfs et Kutz), Williams and Round. У особин останнього виду влітку виявлялося до 20% тератологічних змін панцира.

Найбільша кількість та біомаса діатомей у Тилігульському лимані зафіксована у гігропсамоні — 990,3 тис. пр./г піску або 0,9 мг/г піску. Влітку чисельність та біомаса зменшуються. В першу чергу це спостерігається в евіпсамоні, а потім у гігропсамоні. Осінь і зима супроводжуються ще більш низькою чисельністю і біомасою.

Окрім останніх, у псамоні зустрічаються також синьо-зелені та, дещо рідше, зелені водорості. Зафіксовано явище, коли синьо-зелені види водоростей *Gloeocapsa crepidium* Thur. та *Oscillatoria brevis* (Kutz.) Gom., розвиваючись у великій кількості, викликали “цвітіння” піску у пониззі Тилігульського лиману.

Таким чином, дослідження мезофітопсамону піщаних наносів узбережжя Чорного моря свідчать про надзвичайно багатий видовий склад мікроскопічних водоростей, дуже стійких до дії несприятливих чинників; ці водорості складають самостійне екологічне угруповання водоростей — мезофітопсамон. Оскільки піщані пляжі є типовим еталоном моря з характерним для нього пограничним ефектом, в його формуванні беруть участь представники морської, ґрунтової, прісноводної, наземної флори (мікроводорості) та організми мейофауни. В зоні піщаного контуру моря — однієї з найактивніших поверхонь — протікають різноманітні інтенсивні фізичні, хімічні та біологічні процеси, наслідки яких позначаються не лише у вузькій смузі псамоконтура, але й далеко за її межами як у бік моря, так і в бік суші. Однак цей біотоп, як зазначалося вище, до цього часу для альгологів практично є “білою плямою”.

Важко не погодитися з Л. В. Воробйовою [2, 3, 4], що вивчення інтерстиціалі піщаних пляжів Чорного моря, які займають тисячі кілометрів берегової лінії й утворюють більшу, якщо не головну, частину пограничних біотопів моря, розташованих з зовнішнього боку урізу води, сьогодні лише розпочинається. Це не дивно, тому що дане угруповання є дуже трудомістким у плані його пізнання. В першу чергу сказане стосується мікроводоростей. Незважаючи на ці труднощі, системні дослідження, на нашу думку, безсумнівно завершаться успіхом.

Література

1. Бухтиярова Л. Н. *Bacillariophyta* в биомониторинге речных систем. Современное состояние и перспективы исследования // Альгология. — 1999. — Т. 9, № 3. — С. 89—101.
2. Воробьева Л. В. Об интерстициальной фауне песчаных пляжей // Гидробиол. журн. — 1977. — Т. 13, Вып. 2. — С. 65—67.
3. Воробьева Л. В. Методические рекомендации по отбору и обработке проб интерстициальной мейофауны пляжей. — Одесса, 1988. — 18 с.
4. Воробьева Л. В., Зайцев Ю. П., Кулакова И. И. Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Черного моря. — К.: Наук. думка, 1992. — 141 с.
5. Виноградов К. А. Вопросы биологии северо-западной части Черного моря в работах биологической станции Института гидробиологии АН УССР // Вопросы экологии. — К., 1957. — Т. 1. — С. 171—179.
6. Виноградов К. А. Обзор работ, проведенных Одесским отделением ИнБЮМа (1954—1967) // Биологические проблемы океанографии южных морей. — К.: Наук. думка, 1969. — С. 5—44.

7. Гусляков Н. Е., Ковтун О. А. Сучасні аспекти досліджень інтерстиціальної альгофлори Чорного моря та його лиманів // Тез. доп. 9-го з'їзду УБО. — К.: Наук. думка, 1992. — С. 367.
8. Константинов А. С. Общая гидробиология. — М.: Высшая школа. — 1986. — 472 с.
9. Ляхов С. М. Очерк животного населения песчано-галечного побережья Черного моря у Карадага // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. — 1958. — Т. 63, № 2. — С. 177—207.
10. Одум Ю. Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 740 с.
11. Boaden H. J. Grassing in the interstitial habitat a review // Brit. Ecol. Soc. Simp. — 1962. — V. 4. — P. 299—303.
12. Moss B. Adaptations of epipellic and episammic freshwater algae // Oecologia. — 1977. — № 28 — P. 103—108.
13. Naumann E. Limnologische Terminologie. Psammon // Abderhalden Handbuch Nat. Wiss. Arbeitsmethoden. — 1931. — V. 9, № 8. — P. 50.
14. Nikols A. G. Copepods from the interstitial fauna of asandi beach. // J. Mar. Biol. Ass. U. K. — 1935. — V. 20. — P. 379—406.
15. Remane A. Die Besiedlung des Sandbodens im Meer und die Bedeutung Rebensformtypen fur die Oecologie // Zool. Anz. — 1952. — V. 21. — P. 327—359.
16. Round F. E. The ecology of algae. — Cambridge University Press, 1981. — 653 p.
17. Taylor W. R. Light and photosynthesis in intertidal benthic Helgen. — Woss. Mecresunters, 1964. — № 10. — P. 29—37.
18. Zinn D. Abbrief consideration of the current terminology and sampling procedures used by investigators of the marine inverstitial fauna // Trans. Amer. Microsc. Soc. — 1968. — V. 87, № 2. — P. 219—226.

Гусляков Н. Е., Ковтун О. А.

Одесский государственный университет, кафедра гидробиологии
и общей экологии, ул. Дворянская 2, Одесса, 65026, Украина

ВОДОРΟΣЛИ МЕЗОФИТОПСАММОНА ЧЁРНОГО МОРЯ

Резюме

Приведен обзор существующих точек зрения на видовой состав и классификацию фотосинтезирующих организмов в контурных сообществах. Предложено выделить новую экологическую группировку водорослей — мезофитопсаммон, объединяющую совокупность микроскопических водорослей, обитающих в интерстициальных водах. Приведены некоторые данные по видовому составу, численности и биомассе водорослей мезофитопсаммона Черного моря.

Ключевые слова: мезофитопсаммон, интерстициаль, эпипелиты, эписаммиты, диатомеи.

Guslyakov N. E., Kovtun O. A.

Odessa State University, Department of Hydrobiology and General Ecology,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65026, Ukraine

MESOPHYTOPSAMMON ALGAE OF THE BLACK SEA

Summary

The existing view on species compositions and classification of photosynthesizing organisms in online associations is presented. A new ecological algae group-mesophytopsammon — including microscopic interstitial algae has been identified. Some data about species composition, size and biomass of the Black Sea mesophytopsammon algae has been reported.

Key words: mesophytopsammon, interstitial, epipellic, episammic, diatoms.