МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА БОТАНІКИ, ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН ТА САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ЕКОЛОГІЯ І ФІТОГЕОГРАФІЯ ВОДОРОСТЕЙ

Електронний методичний посібник
до практичних занять та самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 091 Біологія та біохімія

ОДЕСА
ОНУ
2025

УДК 574:581.9(072)

Е 40

Укладач:

В. П. Герасимюк, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки, фізіології рослин та садово-паркового господарства Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

Рецензенти:

Н. А. Кириленко, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології, здоров'я і безпеки людини та природничої освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Д. А. Ківганов, кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Рекомендовано до друку Вченою радою
біологічного факультету ОНУ імені І. І. Мечникова
Протокол № від 202… р.

Е 40 **Екологія і фітогеографія водоростей** [Електронний ресурс]: електрон. метод. посібник до практичних занять та самостійної роботи для здоб. першого (бакалавр.) рівня вищої освіти спеціальності 091 Біологія та біохімія / уклад. В. П. Герасимюк. – Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. – 63 с. – 2 МБ.

В електронному методичному посібнику вибіркового курсу "Екологія і фітогеографія водоростей" розглядаються екологічні угруповання водоростей, вплив абіотичних, біотичних та антропогенних чинників навколишнього середовища на водорості, взаємини водоростей з іншими організмами та біогеографічне поширення водоростей.

Для здобувачів усіх форм навчання спеціальності 091 Біологія та біохімія на біологічному факультеті ОНУ першого (бакалаврського) рівня освіти.

УДК **574:581.9(072)**

© Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова, 2025

Зміст

Загальні відомості……...4
Практичне заняття 1. Основні екологічні чинники навколишнього середовища та їх роль у житті водоростей ……6
Практичне заняття 2. Вплив різних типів субстратів на водорості …. ……...26
Практичне заняття 3. Співжиття водоростей з іншими організмами …….39
Практичне заняття 4. Фітогеографія водоростей …….....50
Перелік контрольних запитань для поточного та періодичного контролю…….58
Відповіді на тестові запитання…….60
Список літератури…….61
Електронні інформаційні ресурси……62

Загальні відомості

Вибірковий курс “Екологія і фітогеографія водоростей” покликаний поглибити теоретичні знання студентів з вивчення мікро- і макроскопічних водоростей.

Екологія і фітогеографія водоростей є частиною наук альгології, ботаніки, гідробіології та екології. Вона вивчає екологічні угруповання мікро- і макрофітів та вплив чинників навколишнього середовища на ріст, розмноження, життєдіяльність та фітогеографічне розповсюдження водоростей.

Методичний посібник містить: мету, теоретичні відомості, матеріал і обладнання, методичні рекомендації до виконання практичних занять та самостійної роботи, контрольні запитання, тестові завдання і відповіді на них для самоконтролю рівня знань, рекомендовану літературу та електронні інформаційні ресурси.

Запропонований методичний посібник може бути корисним для написання доповідей, рефератів, виготовлення презентацій, виконання курсових та кваліфікаційних робіт за відповідною альгологічною тематикою.

Мета: формування у здобувачів знань про вплив екологічних чинників на розвиток, життя і географічне поширення водоростей, роль і значення водоростей в існуванні та життєдіяльності водних та поза водних екосистем.

Завдання: ознайомити здобувачів з основними чинниками навколишнього середовища, які впливають на місце зростання, розмноження та життєдіяльність водоростей, знати їх основні екологічні угруповання, розібрати взаємини водоростей з іншими організмами, а також вивчити основні закономірності фітогеографічного розповсюдження водоростей.

Здобувач повинен **знати**:

основні терміни екології і фітогеографії водоростей, вплив абіотичних, біотичних і антропогенних чинників довкілля на водорості, основні екологічні угруповання водоростей, екологічні особливості водоростей, взаємини водоростей з іншими організмами, альгофлористичне районування Світового

океану і території України, значення водоростей в природі та господарській діяльності людини.

Здобувач повинен **вміти**:

використовувати екологічні особливості і характеристики водоростей для проведення сучасного екологічного аналізу досліджуваних водойм, складати фітогеографічні карти поширення окремих видів водоростей.

Практичне заняття 1. Основні екологічні чинники навколишньогосередовища та їх роль у житті водоростей

Мета заняття: ознайомити здобувачів з екологічними угрупованнями водоростей, впливом абіотичних, біотичних та антропогенних чинників навколишнього середовища на водорості.

Питання для підготовки заняття

1.Загальна характеристика водоростей.

2.Що називається екологічним угрупованням?

3.Основні екологічні угруповання серед водоростей.

4. Класифікація чинників навколишнього середовища.

5.Абіотичні чинники (освітленість, прозорість, колір, солоність, водневий показник, сапробність води) довкілля.

6.Біотичні чинники довкілля.

7.Антропогенні чинники довкілля. Вплив людини на розмноження та життя водоростей.

Матеріал та обладнання: альгологічний матеріал (проби фітопланктону, перифітону, бентосу), предметні і накривні скельця, бінокуляр, світлові мікроскопи, пінцети, скальпелі, препарувальні голки, піпетки, окуляр-мікрометр, чашки Петрі, пенали з інструментами для приготування та виготовлення тимчасових препаратів, фотоапарат. термометр, ареометр, люксметр, pH-метр, індикаторний папір, альгологічний матеріал, диск Секкі, мікробентометр, скляний циліндр, донний черпак Петерсена, планктонна сітка Джеді, скальпель, ніж, поліетиленові пакунки, пластмасове відро, мотузка, бактеріальні печатки, плювальниці.

Теоретичні відомості

Водорості (*Algae*) є різноманітною екологічною групою автотрофних, сланевих, спорових рослин, яка об’єднує водні одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми, але деякі з них зростають нерідко і в поза водних умовах. Це найдавніша група організмів, що виникли 3,5 мільярдів років тому. Геологічна історія водоростей дуже довга, терниста та складна. Серед них

присутні як дуже давні (ціанобактерії, червоні), так і сучасні (гетероконтофітові, зелені) водорості.

Водоростям притаманні різні типи живлення (автотрофний, гетеротрофний, міксотрофний), одноклітинний, колоніальний, багатоклітинний або неклітинний рівень організації, дуже різноманітна за формою будова тіла, доволі широкий спектр пігментів та запасних речовин, широка амплітуда коливань пристосувань до різних екологічних чинників (температури, солоності, освітленості, водневого показника і сапробності води) довкілля, статевий, нестатевий і вегетативний типи розмноження та ін.

Вони нараховують більш, ніж 45-60 тисяч видів за різними оцінками (10-12 % від загальної кількості видів рослин) у світі та більш, ніж 6 тисяч (точніше 6,533 тисяч видів, представлених 7,538 тисяч внутрішньовидовими таксонами, або 21 % від загальної кількості рослин) на території України. Крім того, відомо дуже багато різних таксонів (наприклад, тільки діатомей близько 60 тис. видів) викопних водоростей.

Водорості виконують важливу роль у різних біоценозах і екосистемах: створення органічної речовини, утилізація, переробка вуглекислого газу і забруднюючих речовин, виділення кисню, водню, утворення осадових порід (строматолітів, діатомітів, родолітів, харацитів), накопичення у слані макроскопічних водоростей золота та інших рідкоземельних металів, їжа, місце зростання і розмноження для багатьох гідробіонтів, джерело білкового корму, вітамінів та інших фізіологічно активних речовин у раціоні сільськогосподарських тварин, утворення разом з коралами рифів, збереження глобальної температурної рівноваги клімату, створення корисних копалин (горючих сланців, вугілля, крейди, нафти), індикація навколишнього водного середовища, підвищення родючості ґрунтів, виділення у воду продуктів фотосинтезу і токсичних речовин, вирішення продовольчої програми та природоохоронних функцій. Поряд з позитивним значенням водорості також викликають деякі негативні прояви: “цвітіння” води, снігу, льоду, піску, ґрунту, “червоні припливи”, руйнування разом із мікроскопічними грибами різних

матеріалів, пам’яток культури, засмічення водопроводів, фільтрів, обростання корпусів кораблів, човнів, бетонних споруд, сприяння корозії металів та ін.

До угруповання належить сукупність видів, пов’язаних між собою певними взаєминами, певною територією проживання та впливом комплексу умов існування.

Серед основних екологічних угруповань водоростей розрізняють водні**:** фітопланктон, фітобентос, нейстон, перифітон, мезофітопсамон, галофітон, кріофітон, термофітон та поза водні: фітоедафон, аерофітон та кальціфітон.

Фітопланктоном називають сукупність мікроскопічних водоростей, що мешкають у товщі води водойм та водотоків у зваженому стані. Відповідно кожний окремий організм зі складу фітопланктону називають фітопланктером. Існування планктонних організмів у зваженому стані у воді забезпечується деякими спеціальними пристосуваннями. В одних видів утворюються різного роду вирости і придатки тіла: шипи, щетинки, рогоподібні відростки, перетинки, двогубі вирости та вирости з опорами, які збільшують площу їх поверхні. В інших видів відбувається накопичення в тілі речовин з питомою вагою менше одиниці, наприклад, крапель олії, газових вакуолей та ін. Полегшується вага клітини також шляхом зменшення її розмірів та наявністю в їх кремнеземових панцирах спеціальних отворів (альвеол та ареол). Морський фітопланктон представлений в основному гетероконтофітовими і динофлагелятами, прісноводний – ціанобактеріями, гетероконтофітовими та зеленими водоростями.

Мешканці морської піни входять до складу екологічного угруповання – нейстону, складової частини фітопланктону. Піна є дисперсною системою, що складається з комірок – бульбашок газу, розділених плівками рідини або твердої речовини. Морська піна є концентратом неорганічних та органічних речовин, своєрідною "витяжкою" з води водойми. Кількість піни у воді залежить від хвилювання водойми, швидкості вітру та концентрації детергентів у водоймі. Будучи складовою частиною поверхневого біотопу моря і маючи специфічні фізичні, хімічні і біологічні властивості, піна відіграє важливу роль у житті

поверхневих біоценозів (прискорює процеси розмноження, росту та розвитку різних видів бактерій, водоростей, грибів та інших гідробіонтів).

Бентос – екологічне угруповання організмів, які живуть на дні водойм. Бентос підрозділяється на рослинний (фітобентос) та тваринний (зообентос). Фітобентос складається з мікро- і макрофітобентосу. Макрофітобентос – це сукупність макроскопічних водоростей, що мешкають на дні водойм або в обростаннях твердих субстратів під водою. Мікрофітобентос – відповідно угруповання вільноживучих або прикріплених фотосинтетичних мікроорганізмів, що існують на м'яких або твердих субстратах у воді. До фітобентосу належать гетероконтофітові, червоні, зелені та харові водорості.

Перифітоном називають сукупність організмів, що заселяють щільні субстрати (гідротехнічні споруди, штучні рифи, підводні частини човнів, палів, буїв), що знаходяться у воді. В обростаннях перифітону виявлені нитчасті ціанобактерії, гетероконтофітові, червоні та зелені водорості.

Мезофітопсамон – екологічне угруповання мікроскопічних водоростей, що мешкають в інтерстиціальних водах піщаних пляжів. В обростаннях піщинок та у просторах між ними часто трапляються ціанобактерії, гетероконтофітові та мікроскопічні зелені водорості.

Фітоедафон – це екологічне об'єднання водоростей, які мешкають у товщі ґрунтів. Загальна кількість виявлених у ґрунті видів водоростей наближається вже до 2000. Ґрунтові водорості належать головним чином до ціанобактерій, зелених та гетероконтофітових водоростей.

Аерофітон – сукупність водоростей, які трапляються на поверхні ґрунтів, дерев, стінах та стелі печер. Мешкають поза водоймами. Протягом майже всього життя оточені повітрям, тому їх ще називають аерофітними. Поселяються на стовбурах дерев, кущів та скелях. Мають пристосування до виживання в наземному середовищі, мешкають у симбіотичних асоціаціях з мікобіотою (лишайники). До них належать ціанобактерії та зелені водорості.

Галофітон – сукупність усіх рослинних організмів у солоних і гіпергалінних водоймах. У них, як правило, домінують ціанобактерії, гетероконтофітові та зелені водорості.

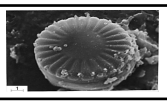
Кріофітон – угруповання водоростей, які живуть у товщі льоду і на поверхні снігу, дуже сильно відрізняється від мешканців термофітону, що мешкають у гарячій воді гейзерів. Найбільш типовими мешканцями гарячих вод, або, як їх ще називають, термофільними водоростями, є ціанобактерії і гетероконтофітові. Серед кріофільних водоростей переважають гетероконтофітові та зелені водорості.

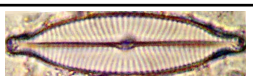
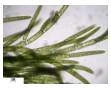
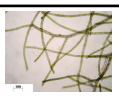
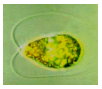
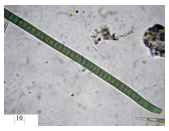
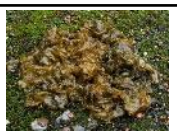
Водорості кальціфітону знаходяться у товщі вапнякових брил і валунів. До них належать ціанобактерії, гаптофітові та зелені водорості.

Нижче представлена таблиця (табл. 1), в якій наведені деякі відомості про представників різних екологічних альгологічних угруповань.

Таблиця 1

Список видів водоростей - представників різних екологічних альгологічних угруповань

Назви видів	Зображення видів	Назва відділу	Назва екологічного угруповання
1.*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.		*Cyanobacteria*	фітопланктон
2. *Anabaenopsis elenkii* V.V. Mill		*Cyanobacteria*	фітопланктон
3. *Ceratium hirundinella* (O. F. Muller) Dujardin		*Dinoflagellata*	фітопланктон
4. *Euglena viridis* Ehrenb.		*Euglenozoa*	мікрофітобентос
5. *Cyclotella meneghiniana* Kütz.		*Heterokonto-phyta*	фітопланктон
6. *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew.		*Chlorophyta*	фітопланктон

7. *Oscillatoria limosa* C. Agardh		*Cyanobacteria*	перифітон
8. *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijs		*Heterokonto-phyta*	перифітон
9. *Berkeleya rutilans* (Trentep. ex Roth) Grunow		*Heterokonto-phyta*	перифітон
10. *Gyrosigma spenceri* (W. Sm.) Cleve		*Heterokonto-phyta*	мікрофітобентос
11. *Navicula cryptocephala* Kütz.		*Heterokonto-phyta*	мікрофітобентос
12. *Ulva clathrata* C. Agardh		*Chlorophyta*	макрофітобентос
13. *Cladophora glomerata* (L.) Kütz.		*Chlorophyta*	макрофітобентос
14. *C. siwaschensis* C. Meyer		*Chlorophyta*	галофітон, макрофітобентос
15. *Dunaliella salina* Teod.		*Chlorophyta*	галофітон
16. *Pleurosira laevis* W. Sm.		*Heterokonto-phyta*	кріофітон
17. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow		*Heterokonto-phyta*	фітоедафон
18. *Leptolyngbya laminosa* (Gomont) Anagn. et Komárek		*Cyanobacteria*	термофітон
19. *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault		*Cyanobacteria*	аерофітон
20. *Coccolitus pelagicus* Parente et Cachao		*Haptophyta*	кальціфітон

На склад і розподіл водоростей за окремими водоймами, на його сезонну зміну в одній водоймі впливає великий комплекс чинників довкілля. Першорядне значення з фізичних чинників мають світловий режим, температура води, а для глибоких водойм – вертикальна стійкість водних мас. З хімічних чинників основне значення мають солоність (мінералізація) води і вміст у ній поживних речовин, у першу чергу солей фосфору, азоту, а для

деяких видів також заліза та кремнію. Наука, яка вивчає закономірності відносин між організмами та довкіллям, називається екологією (від грец. oicos – середовище, житло; logos – вчення, предмет). Стосовно мікро- і макрофітів вона вивчає взаємини водоростей та водоростевих угруповань з чинниками зовнішнього середовища.

Абіотичні чинники

Світло

Світло прямо або опосередковано є однією з найнеобхідніших умов життя водоростей. Основним джерелом світла у водоймах є сонячні промені і лише незначною мірою – промені інших небесних тіл (місяця, зірок).

Колір водойм залежить від тих променів, які завдяки процесу розсіювання світла виходять із води та потрапляють в око спостерігача. Із чистої води виходять переважно сині промені. Тому, чим прозоріша вода, тим вона здається більш блакитною. У воді, в якій міститься багато домішок, розсіюються переважно жовті, зелені промені. Тому така вода сприймається як зелена чи брунатна.

З умовами освітлення дуже тісно пов'язаний вертикальний розподіл як донної, так і пелагічної рослинності.

Різні систематичні групи червоних, гетероконтофітових (бурих), зелених водоростей, які населяють прибережну частину моря, не утворюють на дні барвистого килиму, а розміщуються в певній послідовності. Зелені водорості мешкають до глибини 5-6 м, далі йде пояс гетероконтофітових водоростей – вони переважають на глибинах до 20-30 м, а нижче, в слабко освітленій зоні, мешкають червоні водорості. Нижньою межею їх поширення є глибини близько 268 м. Проте, деякі види червоних водоростей мешкають і на малих глибинах, у прибережній зоні.

Ця специфічна закономірність отримала пояснення завдяки дослідженням Н. М. Гайдукова. Він встановив, що рослини, які мають крім хлорофілів ще й інші пігменти, найбільш інтенсивно використовують для фотосинтезу ті промені сонячного спектру, які є до них додатковими за забарвленням.

Наприклад, зелені водорості з усіх променів спектру найбільш енергійно використовують червоні та частину фіолетових, майже безслідно відбиваючи зелені. Переважна більшість зелених водоростей мешкає на глибинах 5-6 м.

Температура води

Інтервал температур, в якому може знаходитися життя, відносно вузький: -200ºС - +100°С. Температура води більш стійка, ніж повітря, що пояснюється її значною теплоємністю.

Температурний режим водойм залежить від їх географічного положення, глибини, особливостей циркуляції водних мас та інших чинників.

Екологічне значення температури в першу чергу виявляється через дію на розподіл гідробіонтів у водоймах та на швидкість протікання різних життєвих процесів, кількісно пов'язаних з температурою. Амплітуда коливань температури, за якою можуть зростати, жити та розмножуватися водорості, відрізняється для представників різних видів. Таксони, які мешкають у широкому інтервалі температур, називаються евритермними (наприклад, зелені водорості з порядку *Oedogoniales*, стерильні нитки яких можна знайти в ефемерних водоймах з ранньої весни до пізньої восени), у вузькому – стенотермними. До останніх належать, наприклад, кріофільні (морозостійкі) водорості, які можуть рости тільки за температур, близьких до крапки замерзання води. У водах Арктики та Антарктики виявлено близько 80 видів кріофільних гетероконтофітових водоростей.

Температура води впливає на глибину місцезростання бентосних водоростей. За зменшення температури інтенсивність дихання стає меншою, ніж інтенсивність фотосинтезу. Це призводить до того, що компенсаційна крапка (момент, коли процеси фотосинтезу та дихання урівноважують один одного) встановлюються за меншої освітленості, тобто на більшій глибині.

Процеси живлення, обміну речовин, розвитку і зростання, розмноження, міграції та інші прояви життєдіяльності в гідробіонтів більшою мірою, ніж у теплокровних організмів, залежать від рівня і динаміки температури води. Пов'язано це з дією температури на ферменти, що каталізують різні життєві

процеси. Швидкість ферментативних процесів з підвищенням температури зростає згідно загальним законам хімічної кінетики, відповідно до яких при зростанні температури на кожні 10 градусів швидкість реакції збільшується в 2–3 рази. Вплив температури на швидкість обміну речовин і темп розвитку гідробіонтів залежить від їх видової належності, стадії розвитку та того інтервалу, в якому підвищується температура.

Прозорість води

Прозорість води є одним з важливих критеріїв стану водойми. Вона залежить від кількості зважених частинок, вмісту розчинених речовин, концентрації фіто- і зоопланктону та впливає на колір води.

Важливим чинником, що визначає прозорість води у непроточних водоймах, є біологічні процеси. Прозорість води тісно пов'язана з біомасою та продукцією фітопланктону. Чим краще розвинений планктон, тим менше прозорість води. Таким чином, прозорість води може характеризувати рівень розвитку життя у водоймі. Прозорість має велике значення як показник розподілу світла у товщі води, від якого залежить у першу чергу фотосинтез та кисневий режим водного середовища.

Газовий режим

Газовий режим водойми багато в чому визначається розчинністю газів, яка, у свою чергу, залежить від природи газу, температури води, величини її мінералізації, а також тиску. Добре розчиняється у воді вуглекислий газ, аміак та значно гірше кисень.

Найбільше значення для водних організмів мають кисень, вуглекислий газ та сірководень.

Збагачення води киснем здійснюється за рахунок виділення його водоростями та водною рослинністю в процесі фотосинтезу, а також під час потрапляння з атмосфери. Збагачення киснем атмосфери верхніх шарів води відбувається за умови, що у воді його менше, ніж за нормального насичення, за відповідною температурою та тиском атмосферного повітря. Швидкість розповсюдження газів у воді значно менша, ніж у повітрі, тому в стоячих

водоймах цей процес йде вкрай повільно. За сильної течії, дії вітру, розбризкуванням процес насичення води киснем помітно швидшає.

Фотосинтез водоростей і вищих водних рослин є джерелом збагачення води киснем. Інтенсивність фотосинтезу залежить від температури та освітлення.

Солоність (мінералізація) води

У теперішній час накопичилося доволі багато даних стосовно стану вивчення залежності гетероконтофітових водоростей від солоності (мінералізації) води, так як вони є лабільними та чутливими організмами за відношенням до цього абіотичного чинника навколишнього середовища. Підвищена увага саме до них пояснюється тим, що визначення режиму солоності вод за видовим складом водоростей є дуже важливим, особливо при проведенні біологічних та геологічних досліджень.

До теперішнього часу серед гетероконтофітових водоростей зареєстровано чимало видів-індикаторів, що доволі чітко реагують на коливання солоності води. Види, які не витримують навіть малих змін солоності, відносяться до групи стеногалінних. На противагу їм існує група видів гетероконтофітових зі значно більш широкою витриманістю до коливань цього чиннику – так звані евригалинні види. Список індикаторів весь час поповнюється новими таксонами. Необхідно відмітити, що видів-індикаторів, які мешкають у прісноводних водоймах, виявлено значно більше, ніж у морських. Це пояснюється тим, що в прісноводних водоймах дослідження проводилися частіше і довше, ніж у морських.

Існує декілька класифікацій гетероконтофітових водоростей за відношенням до солоності води. Найбільш відомою, вдалою і застосованою на практиці є система солоності (галобності) Р. В. Кольбе, згідно якої всі гетероконтофітові водорості за відношенням до ступеня солоності були розподілені на 4 групи: 1) полігалоби – водорості, які мешкають у водоймах із солоністю більше 40‰; 2) еугалоби – типово морські види, які живуть у морях та океанах за солоністю 30-40‰; 3) мезогалоби – мешканці в опріснених морях,

гирлах річок і солонуватих континентальних водоймах, які мають солоність 5-20‰; 4) олігогалоби – мешканці з прісних вод та трапляються в них за солоністю 0-5‰. Остання група Р. В. Кольбе була розділена на 3 підгрупи: галофіли, індиференти та галофоби.

Значно пізніше вийшла в світ робота Ф. Хустедта. Його система галобності в загальних рисах повторювала шкалу галобності Р. В. Кольбе. Проте у ній існують і відмінності від класичної системи. У цій роботі Ф. Хустедтом наведені тільки три групи показних організмів: 1) полігалобів; 2) мезогалобів; 3) олігогалобів.

Р. Симонсен запропонував поняття “толерантності”, під яким розумів витриманість гетероконтофітових водоростей до визначених коливань солоності. Його система солоності (галобності) включала групи полігалобів, мезогалобів, олігогалобів та галофобів, що розподілялися на більш дрібні категорії.

Л. Карпеланом проведена ревізія системи солоності (галобності) Р. В. Кольбе, яка заснована на проведених дослідженнях гетероконтофітових водоростей з лагун Каліфорнії (в межах 0-96 ‰). Встановлено, що на противагу показанням Р. В. Кольбе про уявлення оптимальної солоності для розвитку кожного виду гетероконтофітових, багато з них однаково чисельні в широкому діапазоні солоності. На основі вивченого матеріалу запропоновано 7 категорій для підрозділу мікрофітів за відношенням до солоності: 1 – олігогалинні стенотопні гетероконтофітові – прісноводні; 2 – олігогалобні евритопні гетероконтофітові, які мешкають як у прісних, так і у морських водоймах; 3 –галевригалинні – найбільш евритопна група діатомей, що мешкає від прісних до гіпергалинних водойм; 4 – еугалинні стенотопні морські гетероконтофітові; 5 – мезогалинні стенотопні; 6 – мезогалинні евритопні – мешканці всіх вод, за виключенням прісних; 7 – полігалинні евригалинні евритопні гетероконтофітові мікроскопічні водорості.

Водневий показник води (pH)

Концентрація іонів водню у воді визначає численні важливі якості (дія води на бетон, корозійні якості та ін.) і відноситься до кількісних гідрохімічних характеристик, які мають велике та важливе значення.

Водневий показник (pH) – величина, що показує міру активності іонів водню (H^+) в розчині, тобто ступінь кислотності або лужності цього розчину. pH розраховується як від'ємний десятковий логарифм активності іонів H^+ за формулою $pH= - lg [H^+]$.

Активна реакція середовища визначається ступенем взаємодії H^+ іонів, які утворюються при дисоціації H_2CO_3 з OH^- іонами, виникаючими при гідролізі бікарбонатів. Водневий показник природних вод, який вказує на значення pH середовища, доволі стійкий, оскільки вода завдяки присутності карбонатів є буферною системою. Практично водневий показник залежить від розчинених у воді компонентів – в основному від діоксиду вуглецю (CO_2), а в глибинних водах і від сірководню (H_2S). Тому в глибинних водах pH зменшується.

Хоча концентрація іонів водню обумовлена іншими гідрохімічними факторами, все ж зв'язок розповсюдження гетероконтофітових водоростей з pH води є більш явний, ніж залежність від інших гідрохімічних чинників. Загалом вимальовується закономірність, що реакція водойм багатих на мінеральні речовини лужна. На процес розчинення гетероконтофітових водоростей впливає величина pH у воді та осадах. Розчинення кремнезему панцира здійснюється швидше за pH вище 8,5.

У зв'язку з цим Ф. Хустедтом була запропонована система категорій мікрофітів за відношенням до рівня pH з великим списком гетероконтофітових.

У залежності від цього чинника довкілля більшість видів мікрофітів може бути розподілена на групи 5 категорій.

1. Алкалібіонти – таксони, які трапляються при pH >7;
2. Алкаліфіли – види, які зустрічаються при pH=7 з оптимумом розповсюдження при pH>7;
3. Індиференти – таксони, які мають місце у водоймах за pH=7;

4. Ацидофіли – види, які трапляються за pH=7, з переважаючим розвитком за pH<7;

5. Ацидобіонти – види, які зустрічаються за pH<7, з оптимальним розвитком за pH=5,5 і нижче.

Органічне забруднення води

Санітарно-хімічні показники забруднення не дають необхідних результатів при оцінці якості води. Більш вірне уявлення виходить при застосуванні біологічного методу.

Значна різноманітність екологічних умов, в яких знаходяться водорості, особливо гетероконтофітові, та їх вражаюче пристосування до умов існування, викликають певну цікавість для використання даної групи водоростей в якості показників ступеня забруднення. Перевага цього методу в тому, що він дає можливість визначати середнє забруднення за значний проміжок часу.

Оцінку ступеня забруднення краще всього проводити за індикаторними видами**,** використання яких обумовлює мати розроблену шкалу організмів, за допомогою яких за присутністю або відсутністю їх можна зробити висновок про той або інший ступень забруднення певної водойми.

Німецькими вченими Р. Кольквітцем та М. Марссоном була побудована класична шкала показових живих організмів. При цьому автори під сапробністю розуміли можливість організмів розвиватися при більшому або меншому рівні у воді органічних забруднень. У підсумку обробки літературних джерел та власних спостережень Р. Кольквітц і М. Марссон розділили всі сапроби на три групи: полі-, мезо- і олігосапробіонти. Пізніше ці дані були доповнені переліком показових рослинних і тваринних організмів (табл. 3).

Перераховані вище системи охоплювали тільки прісноводні організми. Що стосується шкали видів-індикаторів для морів і океанів, то у теперішній час вона ще на жаль не розроблена.

Значно пізніше, разом з вивченням гідробіологічних показників якості вод у діатомовому аналізі стали застосовувати кількісні методи. До останніх перш

за все належать індекси різноманіття, з яких найбільш вживаними є індекси Шеннона, Серенсена, Сімпсона та ін.

Велика притягальна сила кількісних показників пояснюється природним прагненням дослідників формулювати більш ефективні закони для пояснення спостережуваних явищ. Тільки кількісні методи біологічної оцінки якості вод можуть дозволити виразити досліджені закономірності у вигляді математичних функцій, завдяки чому висновки і прогнози можуть бути зроблені більш ефективним та точним методом.

Нижче представлена таблиця 2, в якій наведені представники деяких екологічних груп – видів водоростей за наступними екологічними чинниками: солоністю, водневим показником (pH) та сапробністю води.

Таблиця 2

Відношення водоростей до різних екологічних груп за екологічними чинниками: солоністю, водневим показником та сапробністю води

Назва виду	Екологічні чинники		
	Солоність	Водневий показник	Сапробність
1.*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.	галофіл	алкаліфіл	β-мезосапроб
2.*Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz.	індиферент	індиферент	β-α-мезосапроб
3.*Phormidium breve* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek	мезогалоб	алкаліфіл	α-мезосапроб
4.*Calothrix fusca* (Kütz.) Bornet et Flahault	мезогалоб	алкаліфіл	олігосапроб
5.*Melosira moniliformis* (O. Müll.) C. Agardh	мезогалоб	алкаліфіл	α-мезосапроб
6.*Hannaea arcus* (Ehrenb.) R.M. Patrick	індиферент	алкаліфіл	ксеносапроб
7.*Achnanthes brevipes* C. Agardh	полігалоб	алкаліфіл	β-мезосапроб
8.*Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh.	індиферент	ацидофіл	олігосапроб
9.*Halamphora coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov	полігалоб	алкаліфіл	α-мезосапроб

10.*Navicula cryptocephala* Kütz.	галофіл	алкаліфіл	α-мезосапроб
11.*Pleurosigma elongatum* W. Sm.	полігалоб	алкаліфіл	β-мезосапроб
12.*Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm.	мезогалоб	алкаліфіл	олігосапроб
13.*Euglena viridis* (O. Müll.) Ehrenb.	індиферент	алкаліфіл	полісапроб
14.*Ceramium virgatum* Roth	полігалоб	алкаліфіл	-
15.*Cladophora fracta* (O. Müll. ex Vahl.) Kütz.	індиферент	алкаліфіл	β-мезосапроб
16.*C. glomerata* (L.) Kütz.	індиферент	алкаліфіл	β-мезосапроб
17.*Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. Agardh) Kütz.	галофіл	алкаліфіл	о-β-мезосапроб
18.*Ulothrix tenerrima* Kütz.	індиферент	алкаліфіл	о-β-мезосапроб
19.*Ulva intestinalis* L.	полігалоб	алкаліфіл	β-α-мезосапроб
20.*Dunaliella salina* (Dunal.) Teodor.	полігалоб	алкаліфіл	-
21.*Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew.	індиферент	алкаліфіл	β-мезосапроб
22.*D. opoliensis* (P. G. Richter) E. Hegew.	галофіл	алкаліфіл	β-мезосапроб
23.*Scenedesmus ellipticus* Corda	індиферент	алкаліфіл	о-β-мезосапроб
24.*Spirogyra decimina* (O. Müll.) Dumort	індиферент	алкаліфіл	β-α-мезосапроб
25.*Closterium moniliferum* Ehrenb. ex Ralfs	індиферент	алкаліфіл	β-мезосапроб
26. *Chara vulgaris* L.	індиферент	алкаліфіл	-

Біотичні чинники

У результаті росту та розвитку рослинних організмів у водоймах відбувається безперервне накопичення їх біомаси. Рівень первинної продукції, який визначається фізіологічними властивостями водоростей та чинниками середовища, є основним регулятором інтенсивності та ефективності всього біологічного продуктивного процесу**.** Біологічне продукування відбувається в формі утворення первинної і вторинної продукції, під якою розуміється

відповідно приріст біомаси автотрофів (рослинних організмів) та гетеротрофів (тваринних організмів).

Таким чином, все населення водойм залучається до процесів кругообігу речовин, який включає наступні ланки: синтез органічної речовини у водоймі і надходження органічної речовини у водойму з водозбірної площі; розкладання органічних речовин у водоймі (мінералізація); споживання і перетворення розкладаючих речовин бактерійними, рослинними та тваринними організмами; споживання живих організмів, що синтезують органічну речовину з неорганічної.

Утворення органічної речовини у водоймах відбувається у процесі фотосинтезу зеленими організмами фітопланктону (водоростями і ціанобактеріями) і фітобентосу (нижчими та вищими рослинами), а також у процесі хемосинтезу бактеріями.

Водночас відбуваються і процеси деструкції**,** в результаті яких у воду потрапляють біогенні речовини, необхідні для розвитку водоростей. При слабкій утилізації органічна речовина осідає на дно водойми, поглинає велику кількість кисню, погіршує кисневий режим.

Рослинні організми – водорості та вищі рослини – використовуються різною мірою майже всіма тваринами. Наприклад, губками, коловертками, ракоподібними, молюсками, личинками, мальками риб та дорослими рибами – фітофагами.

Антропогенні чинники

Дія антропогенних чинників може бути прямою та не прямою. Прикладами прямого впливу людини на природу можуть служити неконтрольований збір їстівних водоростей, надмірне знищення їх біомаси, яка є їжею для інщих морських тварин, що призводить до різкого скорочення чисельності багатьох видів гідробіонтів. Не прямий вплив антропогенних чинників здійснюється шляхом зміни клімату, фізичного стану і хімічного складу гідросфери, забруднення водойм промисловими і побутовими стоками та ін.

Практичні завдання

1. Розглянути під світловим мікроскопом представників фітопланктону (ціанобактерій, гетероконтофітових водоростей, динофлагелят). Звернути увагу на пристосування представників різних відділів до фітопланктонного способу життя.
2. Розглянути під бінокуляром та світловим мікроскопом мешканців макро- і мікрофітобентосу (представників відділів евгленових, гетероконтофітових, червоних та зелених водоростей). Звернути увагу на пристосування вказаних водоростей до донного способу життя.
3. Розглянути під бінокуляром та світловим мікроскопом представників перифітону (ціанобактерій, гетероконтофітових, червоних і зелених водоростей). Звернути увагу на засоби прикріплення водоростевих обростань до штучних субстратів (хвилеломів, пірсів, буїв, штучних рифів, днища кораблів, канатів та ін.).
4. Розглянути під світловим мікроскопом мешканців мезофітопсамону (ціанобактерій, гетероконтофітових, зелених водоростей). Звернути увагу на субстрат їх місцезростання (пісок) та їх риси, завдяки яким вони можуть жити в подібних умовах.
5. У лабораторних умовах студентам за допомогою викладача необхідно виміряти солоність води за допомогою ареометра, температуру – термометра, водневий показник – pH-метра, освітленість – люксметра, колір – шкали кольорів.
6. Розглянути під бінокуляром і світловим мікроскопом зібрані проби, визначити водорості за допомогою альгологічних визначників та їх сфотографувати.
7. Отримані відомості занести до таблиці 3.

Таблиця 3

Абіотичні умови зростання деяких видів водоростей в Одеській затоці

№	Назва виду	Темпе-ратура, ° С	Соло-ність, ‰	pH, од.	Прозо-рість, м	Колір води
1	*Halamphora coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov	18	17,2	7,2	5, 8	зелений
2						

8. За допомогою альгологічних довідників навести для визначених видів водоростей їх відношення до місцезростання, солоності, pH середовища і сапробності води, занести їх до наступної таблиці та зробити висновок стосовно впливу екологічних чинників на окреми види водоростей Одеської затоки.

Таблиця 4

Екологічні особливості виявлених видів водоростей

№	Назва виду	Місце зростання	Соло-ність	pH	Сапроб-ність
1	*Halamphora coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov	бентосний	полігалоб або морський	алка-ліфіл	α-мезо-сапроб
2					

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитись з зовнішним виглядом водоростей, систематичним положенням водоростей, наведеними у таблиці 1 та вивчити латинські назви 5 видів водоростей – представників різних альгологічних угруповань.
2. Вивчити загальну характеристику основних екологічних угруповань водоростей.
3. З’ясувати, які з перерахованих вище екологічних чинників є лімітуючими для поширення водоростей в морі, лимані, річці та ін.

Питання для перевірки знань

1. Визначення альгологічного угруповання.
2. Класифікація альгологічних екологічних угруповань.

3. Загальна характеристика основних екологічних угруповань водоростей.
4. Видовий склад альгологічних угруповань.
5. Пристосування представників різних відділів до їх місця зростання в умовах екологічних угруповань: фітопланктону, фітобентосу, перифітону та мезофітопсамону.
6. Екологічні чинники довкілля, їх класифікація.
7. Дія екологічних чинників довкілля (освітленості, температури, солоності, водневого показника, сапробності води) на розвиток водоростей.
8. Екологічні системи водоростей за відношенням до солоності (система Кольбе) і органічного забруднення (Кольквітца-Марссона), водневого показника (pH) середовища (Хустедта) та їх практичне використання.
9. Біотичні чинники довкілля і їх вплив на розвиток, розмноження та життя водоростей.
10. Антропогенні чинники довкілля і їх дії на ріст, розмноження та розповсюдження водоростей.

Тестові завдання для самоконтролю рівня знань

1.Водорості, які належать до фітопланктону, мешкають:

а. у зваженому стані у воді; б. прикріплені до каміння; в. мешкають на дні водойми; г. живуть у ґрунті.

2.Водорості, які відносяться до фітобентосу, зростають:

а. у товщі води; б. на дні водойми; в. на поверхні ґрунту; г. прикріплені до каміння.

3.Водорості, які належать до перифітону, мешкають:

а. у товщі води; б. в обростаннях хвилелому; в. на поверхні мулу; г. в обростаннях каміння.

4.Водорості, які відносяться до мезофітопсамону, мешкають:

а. у товщі води; б. у товщі піску; в. у товщі мулу; г. у товщі льоду.

5.Водорості, які належать до кріофітону, живуть:

а. у товщі ґрунту; б. у товщі води; в. у товщі льоду; г. у товщі мулу.

6**.**Які водорості переважають у морях та океанах за відношенням до солоності води?

а. морські; б. солонуваті; в. гіпергалинні; г. прісноводні.

7. Які види водоростей з таблиці 2 належать до полігалобних (морських)?

а. мікроцистіс; б. ахнантес; в. навікула; г. ульва.

8.Які види водоростей із представлених у таблиці 2 належать до прісноводних (олігогалобних)?

а. формідіум; б. мерісмопедія; в. цераміум червоний; г. сценедесмус.

9**.**Які водорості мешкають у морях за відношенням до pH середовища?

а. алкаліфіли; б. індиференти; в. ацидофіли; г. ацидобіонти.

10**.**Які водорості переважають у сфагнових болотах за відношенням до pH середовища?

а. ацидофіли; б. алкаліфіли; в. індиференти; г. алкалібіонти.

11.Які види водоростей із наведених у таблиці 2 належать до форм, які живуть у чистих водах (олігогалобних умовах)?

а. формідіум; б. калотрікс; в. гомфонема; г. ульва кішкивниця.

12.Які види водоростей із перерахованих у таблиці 2 належать до форм, які мешкають у помірно брудних водах (β-мезосапробних умовах)?

а. мікроцистіс; б. ханея; в. евглена зелена; г. кладофора.

Рекомендована література

1. Баринова С. С., Білоус О. П., Царенко П. М. Альгоіндикація водних об’єктів України: методи і перспективи. Хайфа, Київ, 2019. 367 с.

2. Бойко М. Ф. Ботаніка. Водорості та мохоподібні. Навчальний посібник. К.: Ліра-К, 2020. 272 с.

3. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика. Луцьк: Вежа Друк, 2016. 365 с.

4. Великий спеціальний практикум. Блок 1. Біорізноманіття та охорона навколишнього середовища. Змістовий модуль 1. Рослинні організми: методичні вказівки до лабораторних та самостійних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОПП Біологія / уклад.: Ф. П. Ткаченко,

Ю. С. Назарчук, В. П. Герасимюк. Одеса: Видавець С. Л. Назарчук, 2024. 46 с. https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/39874

5. Визначник прісноводних водоростей України. К.: Наук. думка, 1938-1993. Т. 1-12.

6. Волошкіна О. С., Гандзюра В. П. Екологічні основи управління водними ресурсами. Навчальний посібник. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.

7. Електронні методичні рекомендації до самостійної роботи з курсу «Альгологія» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для спеціальностей: 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія, 162 Біотехнологія та біоінженерія, 206 Садово-паркове господарство / уклад.: В. П. Герасимюк, Ф. П. Ткаченко. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. 28 с. 84 КБ. http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/35779

8. Царенко П. М. та ін. Продромус спорових рослин України: водорості. Кн. 1. К.: Наук. думка, 2024. 880 с.

9. Якубенко Б. Є. та ін. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України). К.: Ліра-К, 2021. 542 с.

Практичне заняття 2. Вплив різних типів субстратів на водорості

Мета заняття: ознайомити здобувачів із різноманіттям субстратів і з впливом різних типів субстратів на життя, розвиток та розмноження водоростей.

Питання для підготовки

1.Визначення субстрату.

2.Класифікація різних типів субстратів.

3.Пристосування водоростей до життя на різних типах субстратів.

4.Видовий склад водоростей для мешкання на різних типах субстратів.

5.Значення різних типів субстратів для життя і розвитку на них водоростей.

Матеріал та обладнання: альгологічний матеріал (ціанобактерії, гетероконтофітові, червоні і зелені водорості), предметні і накривні скельця,

бінокуляр, світлові мікроскопи, пінцети, скальпелі, препарувальні голки, окуляр-мікрометр, чашки Петрі, пенали з інструментами для приготування та виготовлення тимчасових препаратів, піпетки, фотоапарат.

Теоретичні відомості

Субстрат (від лат. substratum – основа, фундамент) є мінеральною або органічного походження основою, до якої прикріплені нерухомі організми, опорним елементом і поживним середовищем для рослин, тварин та мікроорганізмів. Разом з тим він може бути одним із важливих екологічних чинників для розвитку мікро- і макроскопічних водоростей, що мешкають на межі розділу двох середовищ.

За консистенцією субстрати розподіляються на тверді та м'які. До твердих субстратів належать каміння, водорості-макрофіти, вищі водні рослини, стулки мідій, лід, бетонні споруди, вироби із заліза, скла, дерева, автомобільні гумові шини; до м'яких відносяться мул, глина та пісок.

За наявністю або відсутністю ознак життя субстрати можна розділити на живі та не живі. До живих належать зростаючі рослини, у тому числі водорості-макрофіти, тварини, до не живих – усі інші.

За наявністю руху субстрати поділяються на рухливі та нерухливі. До перших відносяться ссавці, птахи, риби, кораблі, човни, автомобілі, літаки, до інших – такі, які не володіють можливістю руху (каміння, бетонні споруди та ін.).

За походженням субстрати розподіляються на природні та штучні. До складу природних субстратів входять рослинні (слані водоростей-макрофітів, корені, стебла і листки вищих водних рослин), тваринні (стулки мідій, устриць, панцири рапан, черепах, шкіра китів і дельфінів, яйця артемій, рапан), каміння, мул, глина та пісок. Штучні субстрати з'явилися внаслідок антропогенного впливу і внесення людиною їх до водного середовища. У різних водоймах іноді трапляються бетонні споруди (палі, пірси, хвилеломи, мости), металеві вироби (буї, якорі, корпуси кораблів, човнів), скляні пластини і пластикові пляшки,

поліетиленові і поліпропіленові плівки, автомобільні гумові шини, нейлонові рибацькі волосіні, сітки та інші субстрати.

Рослинні субстрати

Водорості-макрофіти та вищі водні рослини відносяться до природних рослинних субстратів. Сукупність макрофітів є найбільш великою поверхнею, яка обростає мікроскопічними водоростями, які поселяються на живих та в більшій мірі на відмерлих рослинах. Сукупність мікрофітів, які мешкають на макроскопічних водоростях, називається епіфітоном.

Явище епіфітізму широко розповсюджено серед водних рослин. Для позначення рослини-макрофіту існує декілька термінів: форофіт, фітофор, епіфор, базифіт. З точки зору термінології найбільш вдалим терміном є термін фітофор, відповідно до водоростей – фікофор. Проте у науковій літературі в останній час все частіше використовується термін базифіт. Тому макрофіти виступають у ролі базифіту для мікроскопічних водоростей, які у свою чергу є епіфітами.

Епіфіти поділяються на три групи: 1) епіфіти, всі клітини яких знаходяться на поверхні талому водорості-субстрату; 2) ендофіти, слань яких повністю заглиблена в тканину водорості; 3) водорості, нижня частина яких поводить себе як ендофіт, а верхня – як епіфіт. Базифіт і епіфіт можуть знаходитися один з іншим у різних стосунках: індиферентних, коменсальних, мутуалістичних тощо.

Суттєве значення може мати і морфологія самого субстрату, яка теж має вплив на розселення гідробіонтів. Водорості-базифіти з осьовим типом талому мають більш підходящу поверхню для поселення епіфітів у порівнянні з плоскою сланню.

Тваринні субстрати

Тваринні організми служать природними субстратами для обростання мікроскопічними водоростями, в особливості, якщо вони мають твердий панцир (мідії, устриці, рапани). Гетероконтофітові водорості (діатомеї) обростають

шкіру китів, дельфінів, стулки мідій, устриць, панцирі рапан, крабів та черепах. Сукупність водоростей, які мешкають на тваринах, називається епізооном.

Що стосується зростання водоростей на тваринах, то для позначення цього явища використовується декілька термінів. Термін епізої служить для позначення не тільки рослин, але і тварин, які поселяються на інших тваринах, при цьому використовується тільки во множині. Терміни епізоїд і ендозоїд, які присутні в альгологічній літературі, як і термін епізої, не є достатньо точними і скоріше придатні для тих випадків, коли йде мова про тварин, які мешкають на інших тваринах. Тому зі всіх знайдених термінів найбільш адекватними є терміни епізоофіт та ендозоофіт.

Кам'янисті субстрати

Одним із різновидів природних субстратів є каміння, яке частіше у водоймах представлено в цілому понтичним вапняком (черепашником). До вапняків належать осадкові гірські породи, що складаються головним чином із кальциту (91 %) з домішками оксиду кальцію, магнію, алюмінію, заліза і кремнію. До складу вапняку в невеликих кількостях входять також арсен (0,08%), мідь (0,0005%), свинець, нікель, хром, ванадій, титан, марганець (0,1%), стронцій (0,02%), натрій (0,06%) та ін. Крім брил і валунів з вапняків берег морів та інших водойм іноді вкритий великою і дрібною галькою та щебнем.

Нерівна поверхня кам'янистих субстратів, їх багаточисельні виступи, розколини і западини допомагають збільшенню площі поверхні для заселення і обростання її мікро- та макроскопічними водоростями. Крім того, камені є якорями для прикріплення до них ризоїдів гетероконтофітових (бурих), червоних та зелених водоростей.

Сукупність мікроскопічних водоростей, які живуть на камінні, називається епілітоном, у розколинах і порожнинах скель – ендолітоном. Рослини, що ростуть на камінні, називаються літофітами, що розподіляються на епілітофіти та ендолітофіти. Ці терміни мають загальний зміст і їх можна застосовувати як

до рослин, так і до тварин. Тому за відношенням до водоростей необхідно вживання терміну “літофіт”.

Пісок, глина та мул

Пісок, глина та мул належать до природних субстратів. Мікроскопічні водорості м’яких субстратів є багаточисельною групою мікрофітобентосу і мають важливе значення у продуктивності прибережної смуги морів і сусідніх з ними лиманів та інших водойм.

Механічні якості піску, глини та мулу впливають на умови мешкання бентосних організмів. Із них найбільш суттєве значення мають розміри частинок, їх розташування відносно друг друга, маса (вага) тощо. Якості цих субстратів визначаються гранулометричним складом, а саме розміром частинок, які утворюють донні осади. За гранулометричним складом м’які або пухкі субстрати розподіляються на піщані, мулисті та глинисті. Як правило, вони складаються з двох шарів: верхнього пофарбованого шару, де в основному спостерігається життєдіяльність живих організмів, та нижнього, чорного, з сильним запахом сірководню і відновними якостями, де життя переважної більшості гідробіонтів практично відсутнє.

Піски - пухка суміш із піщинок розмірами 0,10-1,00 мм. Природні піски в залежності від генезису можуть бути алювіальними, делювіальними, морськими, озерними та еоловими. За діаметром піщинок піски бувають дрібно-, середньо- та грубозернистими. Диференційною ознакою для класифікації різноманітних опадів за гранулометричним складом є середній розмір частинок (Md). Різноманітність гранулометричного складу різних природних ґрунтів наведено у таблиці 5.

Таблиця 5

Гранулометрична класифікація різних природних ґрунтів

Назва ґрунту	Розмір (діаметр) частинок (Md, мм)	Назва ґрунту	Розмір (діаметр) частинок (Md, мм)
Глина (пеліт):		Гравій:	

дрібна	< 0,001	дрібний	1,0-2,5
груба	0,001-0,01	середній	2,5-5,0
Мул (сіліт, алеврит):		грубий	5,0-10
дрібний	0,01-0,05	Галька (щебінь):	
грубий	0,05-0,10	дрібна	10-25
Пісок:		середня	25-50
дрібний	0,10-0,25	груба	50-100
середній	0,25-0,50	Валуни	100-1000
грубий	0,50-1,0	Брили	>1000

Мул – тонкозерниста м’яка гірська порода із суміші мінеральних та органічних речовин, які відкладаються на дні водотоків і водойм. Він має частинки, які за розмірами не перевищують 0,1 мм. За походженням мули можуть бути морськими (діатомовими, радіолярієвими, вулканічними, вапняковими) і континентальними (озерними, річковими та ін.).

Глина – дрібнозерниста осадова гірська порода, пилоподібна у сухому стані, пластична при зволоженні. Вона складається з одного або декількох мінералів групи каолініту, монтморилоніту або інших шарових алюмосилікатів, але може мати піщані та вапняні частинки. Як правило, породоутворюючим мінералом у глині є каолініт, до складу якого входять оксид кремнію (47 %), оксид алюмінію (39 %) та вода (14 %).

Сукупність водоростей, що мешкають на поверхні мулу, називається епіпелоном**,** у середині мулу – ендопелоном, а у середині піску – псамоном.

Псамон може розподілятися на три частини: гідро-, гігро- та еупсамон. Пісок, який знаходиться під водою, називається гідропсамоном, розташований на березі, який змочується бризками хвиль, гігропсамоном, сухий пісок, який лежить на березі і не змочується водою, еупсамоном.

Іноді розвиток мікроскопічних водоростей навесні, влітку або восени досягає таких величезних величин, що спостерігається явище, яке називається

“цвітіння“ піску. “Цвітіння“ піску – позеленення або побуріння його поверхні, яке обумовлене масовим розвитком мікроскопічних водоростей. Пісок при цьому може забарвлюватися в зелений колір при інтенсивному розвитку зелених та евгленових, мати бурий – при масовому розмноженні гетероконтофітових водоростей (діатомей).

Загальновідомо, що у верхній шар піску на кілька сантиметрів проникає світло, що у поєднанні зі значним вмістом розчинених у воді мінералів робить можливим існування великої кількості фотосинтетичних організмів (ціанобактерій, евгленових, гетероконтофітових та зелених водоростей), які створюють сприятливі умови харчування для інфузорій, нематод, коловерток, ракоподібних та інших гетеротрофних організмів.

Існують дві групи водоростей, які мешкають на піщаних пляжах. Перша з них мешкає нижче, друга – вище кромки води. У першому випадку ми кажемо про розвиток мікрофітобентосу (псамону), у другому – про мешканців “інтерстиціалі“. Дана група до кінця ще не вивчена, тому існують розбіжності і в термінології.

Інтерстиціаль – це своєрідний біотоп, який знаходиться в контактній зоні “море – берег“ вище кромки води на піщаному субстраті, мешканці якого володіють схожістю деяких морфологічних, екологічних і біологічних рис як з бентосними, так і з ґрунтовими видами мікроскопічних рослин та тварин. Встановити чітку грань між бентосними, інтерстиціальними та ґрунтовими мешканцями важко, так як морська вода просочує пісок берегової зони значно далі від кромки води, яка піднімається по капілярах між піщинками вгору, формуючи інтерстиціальні води, і змішується з ґрунтовими водами суші, стікаючими по водоносному горизонту. Тому солоність в інтерстиціальній воді змінюється від морської до прісної в залежності від знаходження в певній точці пляжу. У свою чергу, це накладає характерний відбиток на мешканців інтерстиціалі, дозволяючи виживати в ній більшою мірою евритермним та евригалінним видам. Різноманітність показників (освітленість, вологість, солоність, температура) інтерстиціалі настільки значна, що вона може служити

своєрідною природною лабораторією, в якій можна вирішувати деякі екологічні проблеми.

Інтерстиціаль відрізняється зниженою швидкістю вод, більш згладженими температурними коливаннями, різким падінням освітленості з глибиною відкладів та мінімальними розмірами інтерстиціальних порожнин. Для мешканців цього біотопу характерні зменшені розміри, які відповідають величинам інтерстиціальних порожнин. Вони здатні до вибору субстрату за розмірами складових його частинок.

Інтерстиціаль населена цілим "підземним світом" живих істот, прихованих від очей спостерігача. Для неї характерні наступні риси: обмеженість простору між частинками ґрунту, нестійкість водного, сольового та термічного режимів, великий вміст кисню та органічних речовин, наявність сірководню в глибинних шарах піску, сприятливі умови живлення різних організмів. Мікроскопічні водорості зустрічаються в інтерстиціалі від поверхні піску до глибини 20-30 см.

У піщаних ґрунтах мешкають два типи організмів: інтерстиціальні та епіпсамітні. Для перших характерні рухливі, для других – нерухливі прикріплені форми. Як правило, в цьому біотопі переважають гетероконтофітові водорості, які мають вражаючу пластичність морфологічних, біологічних і фізіологічних властивостей та високу стійкість до екстремальних умов існування.

Ґрунт

Водорості мешкають не тільки на м’яких субстратах, але і в товщі та на поверхні ґрунту. Якщо вони знаходяться на поверхні ґрунту, то такі водорості є наземними, якщо в середині товщі, то ґрунтовими. Сукупність водоростей, що мешкають у ґрунті, створює екологічне угруповання, яке називається едафофітоном. Рослини, які ростуть та живуть у ґрунті, називаються едафофітами.

Ґрунт – це шар речовини, що знаходиться зверху гірських порід земної кори, особливе природне утворення, яке грає важливу роль у наземних екосистемах. Він характеризується гетерогенною відкритою чотирьох фазною

системою (тверда, рідка, газоподібна фази і живі організми), що утворилася внаслідок руйнування гірських порід та життєдіяльності організмів. Головна з його якостей – родючість, у підвищенні якої активну участь приймають ціанобактерії. У деяких їх представників у спеціальних клітинах (гетероцистах) відбувається процес азотфіксації атмосферного азоту, що перетворює його в солі (нітрити, нітрати), які розчиняються у воді і тому стають доступними для використання коренями вищих рослин.

У ґрунті мешкають багаточисельні організми: бактерії, тварини, актиноміцети, міксоміцети, гриби та водорості. З них тільки бульбочкові бактерії та ціанобактерії мають здатність значно підвищувати родючість ґрунту.

Водорості мешкають у ґрунтах у вертикальному розрізі від поверхні до глибини 2 м. Максимальна кількість видів водоростей та їх кількісні показники спостерігаються на глибині до 1 см, тобто на тому горизонті, куди проникає сонячна радіація. Зі збільшенням глибин систематична різноманітність та чисельність водоростей зменшуються. На більшій глибині як правило живуть ті водорості, які мають здібність переходити від автотрофного до гетеротрофного або міксотрофного живлення.

Інколи спостерігається “цвітіння” ґрунтів. Під “цвітінням“ ґрунтів дослідники розуміють процес інтенсивного розвитку мікроскопічних водоростей в поверхневих шарах ґрунту, яке проявляється як у зміні кольору ґрунту, так і в утворенні помітних нальотів аж до формування слизових плівок, що не відокремлюються від ґрунту.

Лід

До природних субстратів належить лід, який є своєрідним біотопом, що характеризується твердою поверхнею та знаходиться у контактній зоні “море – берег – повітря“. У зв’язку з цим він має унікальні особливості, які відрізняють його від морської і лиманної води. Лід, як правило, має значно нижчу солоність, ніж вода морів та деяких лиманів. При формуванні морського льоду до середини кристалів, які утворюються з прісної води, потрапляють окремі краплини солоної морської води (“розсолу“), що під дією сили ваги

спрямовуються донизу, та лід стає більш прісним. У структурі льоду з’являються пори, які обумовлені наявністю пухирців повітря. Загальновідомо, що тала вода з “розсолу“ знаходиться у так званому квазікристалічному стані і тому є сильним біологічним стимулятором. Тала вода сприяє прискоренню відновлювальних процесів, збільшує резистентність організмів до інфекцій тощо.

Морський лід має наступні риси: обмеження простору між окремими кристалами льоду, більшу прозорість, високий вміст кисню та органічних речовин, постійний термічний режим, який не залежить від коливань температури довкілля. Це своєрідна екологічна ніша (у середині твердого субстрату) існує за рахунок таких властивостей льоду, як прозорість, наявність рідкої фази, фізико-хімічна лабільність та ін. Внаслідок вищеперерахованих якостей лід є сприятливим середовищем, в якому живе цілий світ мікроскопічних мешканців (ціанобактерій, гетероконтофітових і зелених водоростей, водних грибів та мікроорганізмів).

Сукупність водоростей, що існують у товщі льоду, називається кріофітоном (від грецького krios – холод, phyton – рослина). Проте використаний термін “кріофіти” не в повній мірі відображає природу явища, оскільки залишається відкритим питання про характер зв’язку водоростей з субстратом. Тому інколи це угруповання називають “кріоперифітоном”, розуміючи під ним сукупність організмів, які мешкають не тільки на нижній поверхні льоду, але і в його товщі.

Проникаючи у лід і дуже швидко в ньому розмножуючись, гетероконтофітові водорості порушують внутрішню структуру, змінюють властивості та міцність льоду. Із збільшенням кількості мікрофітів у товщі льоду він поступово темніє, тим самим притягує більше сонячних променів, міцність льоду при цьому помітно знижується.

Сприятливими для життєдіяльності водоростей є нижній і середній шари льоду, у верхній його частині вони відсутні. Останнє вочевидь пов'язано з неоднорідністю структури льоду та певною послідовністю його заселення. Водорості, знайдені у товщі льоду, прикріплюються спочатку до її нижньої

поверхні. Потім, за мірою утворення нового шару льоду, вони переміщуються з нижнього шару в середню частину.

Серед мікроскопічних водоростей льоду за таксономічним станом переважають гетероконтофітові водорості (діатомеї). Завдяки своєї запасній речовині (олії), яка має всі ознаки антифризу, вони змогли підкорити собі величезні простори Арктики і Антарктики, завоювати у цій місцевості панівне становище та стати за літературним виразом "пасовиськом морів і океанів".

Штучні субстрати

До штучних субстратів відносяться створені людиною предмети, які потрапили до морів, лиманів та інших водойм. До них належать скляні пластини, бетонні споруди (мости, пірси, хвилеломи, палі), дерев'яні вироби, автомобільні гумові шини, пластикові пляшки, поліетиленові плівки, штучні рифи та ін. Сукупність водоростей, які мешкають на цих субстратах, називається перифітоном.

Мікроскопічні водорості є піонерами за заселенням різних предметів, у тому числі і штучних субстратів (наприклад, скляних пластин). Спочатку на поверхні предметного скла у воді формується бактеріальна плівка. У навколишньому середовищі і на поверхні предмета є мінеральні та органічні речовини, які необхідні для розвитку мікроорганізмів, чисельність яких з часом збільшується, а слизова плівка – продукт їх життєдіяльності поступово потовщується. Трохи пізніше на предметному склі з'являються гетероконтофітові водорості (діатомеї), з часом їх чисельність та біомаса збільшується, водоростева слизова плівка має притаманний їй бурий колір, який викликається пігментами (ксантофілами) мікрофітів. Через місяць на предметному склі з'являються проростки макроскопічних водоростей та процес обростання збільшується.

Цікаво, що бактерії і гетероконтофітові водорості (діатомеї), які розвиваються незалежно, одні від інших, разом з тим сприяють розвитку один одного. З цього випливає, що розвиток відбувається за законом біотичної сукцесії, а мікрофіти та бактерії знаходяться друг з другом у мутуалістичних

взаєминах. Інколи, іноді розвиваються і такі відносини між організмами, як конкуренція та паразитизм.

Практичні завдання

1.Розглянути під бінокуляром і світловим мікроскопом слані макрофітів (бурих, червоних, зелених водоростей) разом з прикріпленими до них мікрофітами (гетероконтофітовими) та зарисувати їх.

2.Розглянути гербарні зразки гетероконтофітових (бурих), червоних та зелених водоростей-макрофітів.

3.Розглянути під бінокуляром і світловим мікроскопом водорості в обростаннях мідій, рапан, устриць, зарисувати їх та відмітити їх засоби прикріплення до стулок і панцирів гідробіонтів.

4.На тимчасових і постійних препаратах вивчити гетероконтофітові водорості в обростаннях штучних субстратів (бетонних споруд, скляних пластин, гумових шин, поліетиленових пакунків) та зарисувати їх зовнішній вигляд (будову панцирів і стулок).

5**.**Розглянути під мікроскопом мікроскопічні водорості (ціанобактерії, гетероконтофітові, динофлагеляти) на м’яких грунтах (мул, глина, пісок) та зарисувати їх, відмітивши їх характерні морфологічні особливості.

Завдання для самостійної роботи.

1.Вивчити систематичне положення і латинські назви 5 видів макрофітів з гербарних зразків та 5 видів мікрофітів, які були знайдені в обростаннях різних субстратів.

2.З’ясувати, які гетероконтофітові водорості в обростаннях різних субстратів були домінантними, субдомінантними та супутніми видами.

3.За допомогою фотоапарату або камери мобільного телефону сфотографувати види водоростей, які прикріплені до різних субстратів.

Питання для перевірки знань

1.Дати визначення терміну “субстрат“.

2.За якими ознаками класифікують всі субстрати?

3.Які типи субстратів існують у природі?

4.Які засоби існують у водоростей для прикріплення до різних типів субстратів?

5.Як здійснюється обростання водоростями штучних субстратів (скляних пластин)?

Тестові завдання для самоконтролю рівня знань

1.Які мікроскопічні водорості обростають водорості-макрофіти?

а. ціанобактерії; б. гетероконтофітові водорості; в. динофлагеляти; г. зелені водорості.

2.Які водорості можна знайти в обростаннях брил і валунів?

а. ціанобактерії; б. гетероконтофітові; в. динофлагеляти; г. гаптофітові водорості.

3.Які водорості живуть на поверхні мулу?

а. ціанобактерії; б. динофлагеляти; в. червоні; г. гетероконтофітові.

4.Які водорості можуть зростати на поверхні піску?

а. ціанобактерії*;* б. динофлагеляти; в. червоні; г. гетероконтофітові.

5.Які водорості живуть у товщі льоду?

а. ціанобактерії; б. динофлагеляти; в. гетероконтофітові; г. зелені.

6.Які водорості живуть в обростаннях бетонних споруд?

а. ціанобактерії; б. гетероконтофітові; в. динофлагеляти; г. зелені.

7.Які водорості обростають стулки молюсків, панцири рапан, крабів, морських черепах?

а. ціанобактерії; б. гетероконтофітові; в. динофлагеляти; г. червоні.

Рекомендована література

1. Баринова С. С., Білоус О. П., Царенко П. М. Альгоіндикація водних об’єктів України: методи і перспективи. Хайфа, Київ, 2019. 367 с.
2. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України) / Б. Є. Якубенко та ін. К.: Ліра-К, 2021. 542 с.
3. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика. Луцьк: Вежа Друк, 2016. 365 с.
4. Великий спеціальний практикум. Блок 1. Біорізноманіття та охорона навколишнього середовища. Змістовий модуль 1. Рослинні організми:

методичні вказівки до лабораторних та самостійних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОПП Біологія / уклад.: Ф. П. Ткаченко, Ю. С. Назарчук, В. П. Герасимюк. Одеса: Видавець С. Л. Назарчук, 2024. 46 с. https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/39874

5. Визначник прісноводних водоростей України. К.: Наук. думка, 1938-1993. Т. 1-12.
6. Волошкіна О. С., Гандзюра В. П. Екологічні основи управління водними ресурсами. Навчальний посібник. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
7. Царенко П.М. та ін. Продромус спорових рослин України: водорості. Кн. 1. К.: Наук. думка, 2024. 880 с.

Практичне заняття 3. Співжиття водоростей з іншими організмами

Мета: ознайомити здобувачів із взаєминами, в які вступають водорості з іншими організмами.

Питання для підготовки

1. Взаємовідносини між водоростями та іншими організмами.
2. Типи взаємин: епіфітизм, коменсалізм, конкуренція, мутуалізм, паразитизм, симбіоз та ін.
3. Лишайники. Взаємовідносини між водоростями та грибами.
4. Будова лишайників. Фото- і мікобіонти. Морфологічна і анатомічна будова лишайників.
5. Взаємини між водоростями і папоротями та іншими рослинами.
6. Взаємини між водоростями та тваринами.

Матеріал та обладнання: шматочки шкіри китів малих смугастиків, лишайники, предметні і накривні скельця, бінокуляр, світлові мікроскопи, пінцети, скальпелі, препарувальні голки, піпетки, окуляр-мікрометр, чашки Петрі, пенали з інструментами для приготування та виготовлення тимчасових препаратів, фотоапарат.

Теоретичні відомості

Оскільки водорості є широко розповсюдженими організмами, вони вступають у різні форми взаємин з іншими організмами. Водорості здатні вступати в симбіотичні відносини не тільки один з одним, але і з представниками різних систематичних груп організмів як тваринного, так і рослинного царства (бактеріями, одноклітинними і багатоклітинними тваринами, грибами, мохами, папоротями, голонасінними і покритонасінними рослинами). Крім того, вони живуть і на тваринах. Симбіоз (від грец. symbiosis – співжиття), або взаємодія й співіснування різних біологічних видів в екосистемі, відомий вже давно. Вперше це найдивовижніше природне явище виявив швейцарський вчений Швенденер в 1877 році. У той час він якраз досліджував лишайники. На його превеликий подив виявилося, що ці організми є складними, утвореними колоніями грибів і одноклітинних водоростей. Сам термін «симбіоз» у науковій літературі з'явився дещо пізніше. Точніше, його запропонував в 1879 році де Барі.

Такі відносини завжди успішні, коли вони збільшують шанси обох партнерів на виживання. Здійснювані в ході симбіозу дії або вироблювані речовини є для партнерів істотними і незамінними. У загальному розумінні такий симбіоз — проміжна ланка між взаємодією і злиттям.

У ширшому науковому розумінні симбіоз є будь-якою формою взаємодії між організмами різних видів, зокрема:

Епіфітизм (від грец. epi – на, над, понад, біля; phyton – рослина) – форма симбіозу, за яким одні рослини живуть на інших рослинах, використовуючи їх лише як місце прикріплення, живлячись самостійно.

Ендофітизм (від грец. endon – усередині; phyton – рослина) – існування одного рослинного організму в клітинах або тканинах іншого.

Аменсалізм (від лат. a – заперечний префікс, mensa – стіл, трапеза) – тип взаємодії між організмами різних видів, за якої один вид пригнічує життєдіяльність іншого, але при цьому не зазнає впливу у відповідь.

Коменсалізм (від лат. commensalis – співтрапезник) – форма симбіозу, за якої організми одного виду (коменсали) отримують користь від організмів іншого виду, не зашкодивши йому, але й не приносячи користі.

Конкуренція (від лат. concurro – збігаюся, стикаюся) – обидві популяції негативно впливають одна на одну.

Мутуалізм (від лат. mutus – взаємний) – співіснування різних видів, за якого вони отримують взаємну користь і в природі не існують один без одного, тобто їхній взаємозв'язок є облігатним.

Паразитизм (від грец. parasitos – нахлібник, дармоїд, від para – біля, поза; sitos – хліб, їжа) – форма симбіозу організмів різних видів, з яких один (паразит) використовує іншого (хазяїна) як середовище мешкання та джерело живлення, покладаючи на нього (частково або повністю) регуляцію відносин з навколишнім середовищем. Для того, щоб використовувати хазяїна, паразитові не потрібно його вбивати (іноді хазяїн гине, але це не є необхідною умовою його використання).

З самим поняттям люди розібралися порівняно швидко, але зате залишилося питання з трофікою. Чим взагалі харчуються деякі види симбіотичних організмів? У випадку з тими ж лишайниками було зрозуміло, що водорості живуть за рахунок фотосинтезу, але ось звідки отримує поживні речовини грибний компонент?

Сучасні вчені з'ясували, що симбіонти – це організми, які живляться (найчастіше) тим же, що споживає домінуючий організм.

Як відомо, рослини, що мешкають на інших організмах, але харчуються самостійно, називають епіфітами. До епіфітів відноситься і велика група водоростей. Особливо часто водорості епіфітують на підводних рослинах і водоплавних тваринах, іноді покриваючи їх щільним нальотом.

Оскільки епіфітірующая водорість і господар надають один на одного досить слабкий вплив, епіфітизм у водоростей прийнято вважати найбільш примітивною формою симбіозу. Прикладами можуть служити симбіози між зеленими водоростями і лінивцями, гетероконтофітовими (діатомеями)

мікрофітами і китами та дельфінами. Колір смуху лінивців є брудно-зеленим, бурим, брунатним, який з'являється не в результаті природної пігментації волосяного покриву, а завдяки симбіотичним водоростям. Вони живуть прямо в смуху лінивців і харчуються за рахунок звичайного фотосинтезу. Лінивець завдяки їм отримує чудове маскувальне забарвлення. Чесно кажучи, вчені так і не змогли прийти до одноголосного висновку про те, що таке співіснування дає самим водоростям. У зазначеному випадку симбіонти – це організми, які живляться за рахунок речовин, вироблених ними ж самими в процесі фотосинтезу.

Вчені досі не можуть домовитися про те, з якої точки зору слід розглядати взаємовідносини між епіфітом і багатоклітинним організмом. Деякі вважають, що дане явище краще приймати як примітивну, первинну версію симбіотичних стосунків.

Крім поверхневого прикріплення, водорості можуть жити в тканинах інших організмів – як поза клітинно (в слизу, міжклітинниках, зрідка в оболонках мертвих клітин), так і внутрішньо клітинно (у вмісті живих неушкоджених клітин). Такі водорості за способом мешкання відносять до групи рослин ендофітів. Прикладами можуть бути знаходження клітин зеленої водорості *Coleochaete nitellarum* в осередках багрянки *Nitella,* ціанобактерії *Nostoc* у повітряних камерах і таломі моху *Geosiphon.* Вони утворюють ендосимбіоз, який вже набагато складніший за попередні взаємини. Між партнерами в цьому випадку вже утворюються тісні, міцні і довготривалі зв'язки. Їх головна відмінність полягає в тому, що виявляються такі симбіонти-найпростіші тільки в результаті досить ретельних і складних цитологічних досліджень.

Вчені порівняно давно довели, що найважливіші клітинні органели – мітохондрії у тварин і хлоропласти у рослин - утворилися в незапам'ятні часи саме завдяки симбіотичним відносинам. Колись вони були самостійними організмами.

У якийсь момент ці внутрішньоклітинні симбіонти перейшли до повністю «осілого» існування всередині живої клітини, а потім і зовсім стали залежними від неї, передавши управління своїм геномом в її ядро (частково). Так що можна сміливо заявляти про те, що всі нині відомі форми життя, які прагнуть до взаємовигідного існування, мають всі шанси колись стати єдиним цілим з тими організмами, з якими у них сьогодні існують партнерські відносини.

Як симбіонти проникають всередину клітини? Як мікроорганізми виявляються в клітинах вищих тварин і рослин? Деякі види мають спеціально призначені для цього механізми. Причому нерідко вони є не у самого симбіонта, а лише у «приймаючої сторони». Є така невелика водна папороть – азолла (*Azolla*). На нижній порожнині його листя є вузькі проходи, які ведуть в каверни, що спеціалізуються на виділенні слизу. Ось в ці-то порожнини і потрапляють ціанобактерії роду анабена (*Anahaena azollae*), які запливають в каверни разом з потоком води.

Папороть росте, канали заростають, водорості залишаються в повній ізоляції. Вчені довго намагалися створити на базі азолли колонії інших видів, але ніякого успіху вони так і не досягли. Можна з упевненістю говорити про те, що відкриття симбіотичного зв'язку можливо тільки у випадку повного збігу низки параметрів. Крім того, подібний союз відрізняється яскраво вираженою видовою специфічністю.

Таким чином, симбіонти – це організми, які живляться завдяки специфічним для свого виду процесам (азотфіксуючі мікроорганізми), розділяють цінні речовини з партнером, але при цьому потребують певних умов, які може надати тільки він. Чим вигідно таке співіснування?

Відзначимо, що всередині порожнин азолли знаходиться багато азотистих сполук. Ціанобактерії, які потрапляють всередину організму папороті, не тільки активно їх засвоюють, а й повністю позбавляються здатності до самостійної фіксації атмосферного азоту. Організми-симбіонти відповідають взаємністю, постачаючи папороті кисень і деякі органічні речовини.

Позаклітинні і особливо внутрішньоклітинні ендофіти з числа водоростей в порівнянні з епіфітамі утворюють більш складні симбіози – ендосимбіози. Для них характерна наявність більш-менш тісних, постійних і міцних зв'язків між партнерами. З багатоклітинних тварин зелені і жовто-зелені водорості утворюють ендосимбіози з прісноводними губками, гідрами та ін.

Ціанобактерії утворюють з представниками протозоа (найпростіших) і деякими іншими організмами своєрідну групу ендосимбіозів, що отримали назву синціанозів; виникає при цьому морфологічний комплекс з двох організмів називають ціаномом, а ціанобактерії в ньому – ціанелами.

Вперше припущення про важливу роль формативного симбіозу (тобто симбіозу, що приводить до утворення нових форм) в еволюції організмів було висловлено академіком А. С. Фамінциним в 1907 р.

Відповідно до цієї гіпотези такі клітинні органели, як мітохондрії, базальні тіла джгутиків і пластиди еукаріотичних клітин, виникли з симбіотуючих прокаріотичних клітин ціанобактерій і бактерій. В якості основного доводу наводяться деякі риси подібності в складі, будові і поведінці перерахованих органел і прокаріотів. Однак вони недостатні для обґрунтування гіпотези симбіогенезу, оскільки риси подібності, як відомо, можуть з'являтися у різних за походженням структур або організмів і внаслідок паралелізму в еволюції.

Подібна подія відбувається зрідка, наприклад, вважається, що близько 2,2 млрд років тому архея поглинула бактерію, яка стала мітохондрією – клітинною електростанцією. Це стало початком для розвитку багатоклітинного життя. Інший описаний випадок стався приблизно 1,6 млрд років тому з хлоропластами і призвів до появи на Землі рослин.

При ендосимбіозі один мікробний організм поглинає інший і починає використовувати його як внутрішній орган. Натомість клітина-господар забезпечує симбіота поживними речовинами, енергією, захистом та іншими

перевагами, доки, врешті-решт, він не втратить здатності виживати самостійно і не стане залежною від клітин господаря органелою.

Характерним прикладом такого симбіозу може бути унікальна взаємодія саламандри і зелених водоростей. Зараз вчені виявили дивні міжвидові відносини в дикій природі: саламандри і водорості добровільно ділять один з одним клітинний простір. Вчені ще не зовсім впевнені в тому, що саме змусило два настільки різні організми піти на подібну взаємодію, але це відкриття, судячи з усього, є абсолютно новою, унікальною формою симбіотичних відносин.

Внутрішньоклітинні механізми взаємодії між видами в природі зустрічаються досить часто, але до цього вчені спостерігали їх тільки у нижчих істот – коралів, молюсків, комах. Нове дослідження, опубліковане в науковому журналі “eLife“ описує перший відомий приклад фотосимбіозу за участю клітин дорослої хребетної тварини. Як показала спільна робота дослідницької групи з Американського музею природної історії і Геттисбергського коледжу, зелені водорості *Oophila ambystomatis* вибрали своїм будинком клітини, які розташовані по всьому тілу плямистої саламандри *Ambystoma maculatum.* З іншого боку, зелені водорості, які є фото синтетиками, змушені покладатися на альтернативні способи виробництва енергії.

Для вчених це відкриття стало настільки незвичним, що вони досі не можуть сказати, хто був ініціатором симбіозу і яку користь від нього отримує та чи інша істота. В якості прикладу взаємовигідних відносин у природі можна навести одноклітинні динофлагеляти, які скупчуються в коралах або гігантських молюсках, використовуючи енергію фотосинтезу для забезпечення життєдіяльності своїх господарів. У людському тілі прикладом симбіозу можуть бути кишкові бактерії, які допомагають нам перетравлювати їжу.

Як показують дослідження, зелені водорості, які пройшли стадію зародку, розмножуються і вторгаються до тканин і клітин ембріонів саламандри. Крім початкових симбіотичних змін між яйцями і водоростями неясно, чи продовжується симбіоз у період зростання саламандри, або ж він переходить у

залишкову форму типу паразитної інфекції. Щоб дослідити феномен, Джон Бернс з відділу зоології безхребетних AMNH спробував вивчити сам механізм взаємодії клітин двох істот. Використовуючи методику під назвою RNA-Seq, дослідник секвенував РНК обох організмів, а потім проаналізував їх на предмет змін, щоб відстежити динаміку метаморфозу ДНК.

Як показав аналіз, клітини саламандри, що містять зелені водорості, ставилися до них як до чужорідного агента, але при цьому організм саламандри не виявляв жодних ознак відторгнення або агресії до чужеродних клітин. За словами Бернса, існують лише натяки на те, що в середині нього знаходяться водорості: деякі гени, пов'язані з уповільненням імунної відповіді, виявилися сильніше виражені у саламандр-симбіонтів.

Зелені водорості, навпаки, зазнають радікальних змін. На відміну від симбіозу з коралами, в даному випадку замість нормального фотосинтезу і виробництва кисня вони займаються ферментацією. Це вказує на порівняно малу кислотність середовища. Джон вважає, що ферментацію могло спровокувати відсутність сірки, яка, наприклад, допомагає зеленим водоростям виробляти водень у сучасній індустрії біопалива. Так чому ж зелені водорості поміщають себе в такі стресові умови?

На думку вчених, за допомогою таких взаємин саламандра захищає себе від впливу патогенів. Тварина дозволяє водоростям оселитися в своєму тілі, і імунна відповідь, яка спровокована внаслідок, захищає тварину від агресивного середовища ставка. Втім, ця гіпотеза "захисного симбіозу" ще не була доказана. Інша гіпотеза полягає в тому, що не дивлячись на ферментацію, зелені водорості все ж підживлюють клітини саламандри, нехай і не так активно, якщо б вони займалися фотосинтезом. Та й сам фотосинтез може бути скорочений лише частково: саламандри часто гріються на сонці, так що часткове використання сонячної енергії водоростями може бути можливим за допомогою певних модифікацій фотосинтетичних шляхів.

Інколи між партнерами утворюються паразитичні взаємини. Так паразитичні представники зелених водоростей, більшість з яких в якості

господарів мають вищі рослини. Так, *Phyllosiphon* викликає пожовтіння листя рослини-хазяїна. *Cephaleuros* – облігатний ендофіт листя сотень видів рослин, включаючи каву, чай та інші. Він викликає захворювання, відомі як «іржа». Види *Prototheca* можуть викликати зараження людини, великої рогатої худоби та деяких інших тварин. У людей вони є причиною шкірних захворювань і зрідка – бурситів і перитонітів, у великої рогатої худоби можуть бути причиною маститів.

Цікаві відносини виникли між життєдіяльністю бегемотів і розвитком гетероконтофітових водоростей (діатомей) в озері Вікторія (Африка). Кожен день бегемот на суші з'їдає до 40 кг трави савани, яка жорстка і містить значну кількість у собі кремнезему. Після свого випорожнення ця тварина збагачує кремнеземом водойми, внаслідок чого спостерігається розвиток діатомей, які використовують цей елемент для будівництва панцирів. В останній час в Африці різко скоротилася кількість на 20 % бегемотів внаслідок бракон'єрства. Це загрожує перетворенню озера Вікторія в мертву водойму, оскільки гетероконтофітові водорості є їжею для численних гідробіонтів і риб, які мешкають в озері.

Людвіга і Максиміліан Ганса Страка (Hans Straka) займаються пошуком методів термінової підтримки для клітин, що залишилися без припливу достатньої кількості кисню – наприклад, нейронів у результаті інсульту.

На щорічній зустрічі Товариства нейронаук, що проходить у Чикаго, вчені повідомили про експерименти з ін'єкції клітин водоростей в судини пуголовків звичайної шпоркової жаби. Водорості використовувалися як еукаріотичні – хламідомонади *Chlamydomonas reinhardtii*, - так і прокаріотичні, - ціанобактерії *Synechocystis.* При достатній кількості світла, що проходить крізь напівпрозоре тіло пуголовків, вони починали активно фотосинтезувати і виділяти кисень, заодно надаючи судинам тварини незвичайне зелене забарвлення.

Знижуючи вміст кисню в навколишньому середовищі, вчені відстежили момент, в який через його брак зорові нерви пуголовок припиняли передачу сигналів. У цей момент, включаючи світло, автори запускали фотосинтез – і

нейрони, отримуючи кисень від водоростей, знову поверталися до роботи. На думку Ганса Страка, коли-небудь в майбутньому «ін'єкція водоростей» може знайти застосування не тільки в допомозі пацієнтам, але й для підтримки космонавтів в ході тривалих місій у відкритому космосі.

Практичні завдання

1.Розглянути під бінокуляром зафіксовані у формаліні окремі шматки шкіри кита – малого смугастика (*Balaenoptera acutorostrata* Burmeister), зовні вкриту панцирами гетероконтофітової водорості *Bennettella ceticola* (Nelson ex Bennett) Holmes.

2. Зробити тимчасовий препарат зі шматків шкіри малого смугастика, розглянути під світловим мікроскопом та зарисувати шовну та безшовну стулки водорості *Bennettella ceticola*. Визначити тип взаємин між китом та водорістю.

3. Розглянути гербарні зразки та фотографії накипних, листуватих та кущистих лишайниківі, визначити їх морфологічну будову та зарисувати їх.

4.Розглянути під бінокуляром і світловим мікроскопом зібрані проби ксанторії настінної, визначити тип морфологічної будови та зарисувати зовнішній вигляд.

5.Розглянути під світловим мікроскопом постійний препарат поперечного зрізу крізь слань ксанторії, визначити тип анатомічної будови. Визначити тип взаємин між водоростями та грибом.

Завдання для самостійної роботи

1.Сфотографувати за допомогою фотоапарату або мобільного телефону в парку епіфітні та епілітні види лишайників.

2.За допомогою визначників визначити 2 види лишайників та вивчити їх латинські назви.

Питання для перевірки знань

1. Взаємини, які виникають між водоростями та іншими організмами.

2.Типи взаємин: епіфітизм; коменсалізм, конкуренція, симбіоз, сапрофітізм, паразитизм.

3.Для чого різні організми вступають у різні взаємовідносини?

4.Внаслідок чого виникли лишайники?

5.Навести приклади симбіозів між водоростями та іншими організмами.

Тестові завдання для самоконтролю рівня знань

1**.**Які взаємини встановлені між китом – малим смугастиком та гетероконтофітовою водорістю *Bennettella ceticola*?

а. коменсалізм; б. симбіоз; в. паразитизм; г. епіфітизм.

2. Які взаємини існують між водяною папороттю азолою і ціанобактерією анабеною?

а. симбіоз; б. коменсалізм; в. паразитизм; г. епіфітизм.

3**.**Які взаємовідносини виникають між бегемотом та деякими кремнеземовими гетероконтофітовими водоростями?

а. симбіоз; б. коменсалізм; в. паразитизм ; г. епіфітизм.

4.Які взаємини з’являються між саламандрою і зеленими водоростями?

а. симбіоз; б. сапрофітизм; в. паразитизм; г. епіфітизм.

5**.**Які взаємини існують у лишайниках між фото- і мікобіонтом?

а. ілотизм; б. паразитизм; в. симбіоз; г. ендопаразитосапрофітизм.

6. Які взаємовідносини виникають в смуху між лінивцем і зеленими водоростями?

а. симбіоз; б. паразитизм; в. епіфітизм; г. ілотизм.

Рекомендована література

1.Баринова С. С., Білоус О. П., Царенко П. М. Альгоіндикація водних об’єктів України: методи і перспективи. Хайфа, Київ, 2019. 367 с.

2. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України) / Б. Є. Якубенко та ін. К.: Ліра-К, 2021. 542 с.

3. Герасимюк В.П., Зінченко В.Л. Діатомові обростання китів малих смугастиків у водах Антарктики. *Гідробіол. журнал.* 2011. Т. 47, № 5. С. 29-36.

4. Електронні методичні рекомендації до самостійної роботи з курсу «Альгологія» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для спеціальностей: 014 Середня освіта (Біологія та здоров’я людини), 091 Біологія, 162 Біотехнологія та біоінженерія, 206 Садово-паркове господарство / уклад.: В.

П. Герасимюк, Ф. П. Ткаченко. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. 28 с. 84 КБ. http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/35779

5. Слюсаренко О.М. та ін. Словник ботанічних термінів. Одеса: Печатний дім, 2012. 204 с.

Практичне заняття 4. Фітогеографія водоростей

Мета заняття: розібрати зі здобувачами зміст термінів фітогеографії і способи, шляхи та закономірності розповсюдження водоростей.

***Питання для підготовки заняття*:**

1. Шляхи та способи поширення водоростей течіями, потоками повітря, тваринами та людиною.
2. Географічна зональність поширення водоростей в морях та океанах.
3. Географічне поширення прісноводних водоростей.
4. Географічний елемент флори – ареал. Визначення ареалу.
5. Типи ареалів, прибульці та останці.
6. Фітогеографічне альгофлористичне районування території України.
7. Фітогеографічний склад водоростей Чорного моря.

Матеріал та обладнання: географічний атлас, визначники, флори, монографії, географічні і контурні карти, гербарні зразки, окантовки, фотографії водоростей, бінокуляр, світловий мікроскоп, чашки Петрі, пінцети, препарувальні голки, предметні та накривні скельця, фотоапарат.

Теоретичні відомості

Географія водоростей тісно пов’язана з їх екологією. Географічне поширення водоростей залежить перш за все від значень температури. В першу чергу її дія виявляється непрямим шляхом – у прискоренні або уповільненні темпів росту та розвитку окремих видів, що призводить до заміни одних водоростей іншими представниками.

Фітогеографія (від грец. phyton – рослина, gea – земля, graphein – писати), – наука про поширення водоростей по акваторії Світового океану. Вона є розділом ботаніки та фізичної географії, що вивчає географічне поширення

водоростей. Основні об'єкти географії водоростей – ареали видів та більших систематичних одиниць, а також флори (сукупності видів водоростей, що населяють ту чи іншу територію). Для ареалів поширення окремих видів водоростей наводяться карти їх розповсюдження. Карти рідкісних і нових видів водоростей, характерних для альгофлори території України і акваторій Чорного та Азовського морів наведені у колективних монографіях альгологів України [Флора водоростей України, 1986-2016; Червона книга України. Рослинний світ, 2009 та ін.]. Що стосується відомостей розташування окремих видів водоростей у Світовому океані, то вони наведені в наступних колективних атласах, визначниках, монографіях та електронних базах даних [Визначник прісноводних водоростей України, 1938-1993; Флора водоростей України, 1986-2016; http://www.algaebase.org.; http://redbookua.org/plants/region]. Географія водоростей вивчає закономірності поширення видів, родів, родин тощо в акваторії морів, океанів та інших водойм.

На підставі детального та різнобічного аналізу флор розробляється флористичне районування (виділяються акваторії, що різняться за складом альгофлори). Закони цього розміщення і поширення є частиною науки біогеографії, що вивчає закономірності географічного розподілу живих організмів та причини його змін на нашій планеті взагалі.

Ареал (від лат. area – площа, простір, поверхня, ділянка), під яким розуміють площу акваторії, в межах якої зустрічається певний таксон. Ареали таксонів, які поширені на всіх або майже на всіх континентах, де є відповідні умови для їх існування, називають поліконтинентальними, мультизональними, або космополітичними (табл. 6).

У географії водоростей використовується ботаніко-географічний аналіз флори, який зводиться до розчленування кожної флори на елементи: географічні**,** що об'єднують види подібного географічного поширення (з єдиним типом ареалу); генетичні – види, подібні один з одним за походженням, флорогенетичними зв'язками. Подібний аналіз включає також розчленування флори на елементи автохтонні (аборигенні види – розвинулися і розвиваються у

межах акваторії, флора якої вивчається) та алохтонні (що увійшли до складу флори в результаті розселення зовні, тобто іммігрції).

Співвідношення між цими елементами значною мірою характеризують вік різних альгофлор: флора нещодавно заселеного простору завжди характеризується переважанням алохтонних елементів. Такі флори іноді називають міграційними. Багатство автохтонними елементами завжди служить вказівкою на відносну давність розвитку флори та на певну стійкість умов. Зрозуміти історію флори допомагають її ендемічні елементи – види (роди, родини), властиві тільки даній флорі. Показником самобутності альгофлори служить відносна чисельність ендемічних видів (що виражається зазвичай у %), особливо наявність ендемічних родів або інколи родин. До складу кожної флори входять види, різні за часом свого виникнення. Деякі види за своєю природою лише частково відповідають сучасним умовам існування та знаходяться на шляху до вимирання; види, що представляють залишки минулих флор, називають реліктами. На противагу їм є прогресивні елементи флори – види, що нещодавно розвинулися в акваторії даній країні або нещодавно проникли в її межі та знаходяться в процесі розселення. Третю категорію представляють види консервативні – рослини, що давно й міцно влаштувалися в даному океані або морі (що зближує їх з реліктами), але за своєю природою цілком відповідають її сучасним умовам та в силу цього процвітаючі флори, багаті на реліктові елементи, іноді називають реліктовими флорами.

Аналіз альгофлори, порівняльне вивчення ареалів видів та родів, що входять до складу флори, що вивчається, і поєднуються, де можливо, з урахуванням палеоботанічних даних, служать основою для флорогенетичних досліджень. Підсумком порівняльного вивчення альгофлор водойм земної кулі, питань історії флор та ареалів є флористичне районування водної поверхні Світового океану.

Флору океану виділяють в окреме царство – Океанічне царство, яке охоплює площу всього Світового океану. У ньому домінують морські водорості (зокрема, гетероконтофітові (бурі: саргасові – саргас, фукусові – фукус,

ламінарієві – ламінарія, лесонія, макроцистіс, крупні зелені (каулерпа, валонія, кладофора, ульва) та червоні (анфельція, порфіра, гелідіум), мікроскопічні ціанобактерії, гетероконтофітові водорості та динофлагеляти). Неприкріплені до морського дна водорості, що живуть вільно, утворюють фітопланктон, а прикріплені коло берегів – фітобентос. Однорідність середовища зумовлює й досить однорідну флору. Бентосна флора представлена ціанобактеріями, зеленими, червоними та гетероконтофітовими (бурими) водоростями. У смузі більших глибин (більше 200 м) поширені червоні водорості.

Флористичне районування відкритого океану зазвичай здійснюється на зональній основі більш грубо, ніж районування узбережжя і шельфів на основі бентосу (макрофітних водоростей), а тим більше великих та дрібних островів Тихого океану – на основі відмінностей складу вищих рослин. В Океанічному царстві можна розрізнити 3 океанічні області: північна (бореальна) – межі простягання від Північного тропіка (23° на північ від екватора) до Арктики; тропічна – межі простягання від Північного тропіка до 28-35° південної широти; південна простягається на південь від тропічної області. Для північної області характерні водорості фукус (*Fucus*) та ламінарія *Laminaria* (наприклад, фукус пухирчастий *Fucus vesiculosus*, *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*). У тропічній області в індійській та західній частинах Тихого океану океанів поширені численні червоні водорості та гетероконтофітова (бура) водорість саргасум (*Sargassum*). Для південної області характерні 4 види з п'яти роду лесонія (*Lessonia*), макроцистіс (*Macrocystis*), дюрвілея (*Duirvillea*).

Крім вищенаведеної системи для фітобентосу інколи наводять систему, для якої характерні п’ять біогеографічних областей: бореальна, тропічно-атлантична, індо-пацифічна тропічна, аустральна та антарктична**,** які складаються з окремих підобластей.

У межах Світового океану для фітопланктону виділяють чотири біогеографічні області: аркто-бореальну, атлантичну тропічну, індо-пацифічну тропічну та антарктичну.

Згідно альгофлористичного районування за Г. М. Паламар-Мордвинцевою та П. М. Царенко [2015] територія України є частиною восточноєвропейської провінції і поділяється на п’ять підпровінцій: припятсько-деснянську, середньодніпровську, дніпровсько-причорноморську, дністровсько-дунайську та гірськокримську, які в свою чергу складаються з більш дрібних одиниць: округів та районів. Таким чином, загалом на території України розташовано 5 підпровінцій, 16 округів та 26 районів.

Нижче представлена таблиця 6, в якій наведено визначені типи ареалів деяких видів водоростей.

Таблиця 6

Типи визначених ареалів окремих видів водоростей

Назва виду	Тип ареалу
1.*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.	космополітичний
2.*Spirulina laxa* (G. M. Sm.) Crow	бореальний
3.*Mallomonas apochromatica* Conrad	бореально-тропічний
4.*Kryptoperidinium triquetrum* (Ehrenb.) U. Tillm. et al.	бореальний
5.*Coscinodiscus gigas* Ehrenb.	бореально-тропічний
6.*Fragilariaforma virescens* (Ralfs) D.M. Williams et Round	північно-альпійський
7.*Licmophora communis* (Heib.) Grunow	аркто-бореальний
8.*Lyrella spectabilis* (W. Greg.) D. G. Mann	аркто-бореальний
9.*Achnanthes adnata* Bory	космополітичний
10.*Mastogloia ovulum* Hust.	тропічний
11.*Nitzschia sigma* W. Sm.	космополітичний
12.*Surirella pandura* Perag.	бореально-тропічний
13.*Euglena satelles* Brasl.-Spect.	бореальний

14. *Ceramium virgatum* Roth	космополітичний
15.*Ulva intestinalis* L.	космополітичний
16.*Cladophora glomerata* (L.) Kütz.	космополітичний
17.*Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. Agardh) Kütz.	космополітичний
18.*Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hedew.	бореальний
19.*Spirogyra decimina* (O. Müll.) Dumort	космополітичний
20. *Chara vulgaris* L.	космополітичний

Практичні завдання

1. Розглянути під бінокуляром і світловим мікроскопом водорості фітобентосу, визначити та встановити їх систематичне положення за допомогою альгологічних визначників.

2. Дослідити фітогеографічне поширення знайдених видів водоростей за допомогою альгологічних довідників, атласів, флор та визначників.

3. На основі отриманих даних провести фітогеографічний аналіз виявленого фітобентосу пляжу “Дельфін“ та зробити висновок.

Завдання для самостійної роботи

1.Вивчити латинські назви 5 видів макроскопічних і мікроскопічних бентосних водоростей – мешканців бореальної та космополітичної груп.

2.За даними альгологічних визначників, довідників, флор і Червоної книги України на контурних картах Світу, України та Чорного моря нарисувати та позначити ареали знайдених видів водоростей.

3.За допомогою фотоапарату або камери мобільного телефону сфотографувати 5 видів водоростей – мешканців різних ареалів фітогеографічного поширення водоростей.

Питання для перевірки знань

1.Фітогеографія водоростей. Визначення та зміст цієї науки.

2.Дати визначення терміну “альгофлора”, вказати чим альгофлора відрізняється від рослинності.

3.Як проводять фітогеографічний аналіз альгофлори?

4. Автохтонні та алохтонні елементи альгофлори.

5.Поняття про ареал. Виникнення та розвиток ареалів.

6. Що таке релікти та космополіти?

7. Альгологічне районування Світового океану.

Тестові завдання для самоконтролю рівня знань

1.Фітогеографія водоростей вивчає:

а. систематику; б. екологію; в. розповсюдження; г. біологію водоростей.

2.Флора -це:

а. сукупність видів; б. сукупність біоценозів; в. сукупність альгологічних угруповань; г. сукупність ареалів.

3.Рослинність – це:

а. сукупність видів; б. сукупність фітоценозів; в. сукупність екологічних угруповань; г. сукупність ареалів видів.

4.Ареал – це територія розповсюдження**:**

а. однієї особини водоростей; б. двох особин; в. виду; г. групи особин.

5.Космополіти – це водорості, які розповсюджені у водоймах на території:

а. однієї країни; б. одного району; в. одного континенту; г. 4-5 континентів.

6.Які види з наведених на таблиці 6 мають космополітичний ареал поширення?

а. мікроцистіс; б. спіруліна; в. косцінодіскус; г. мастоглоя.

7.Які види з вищеперерахованих у таблиці 6 мають бореальний ареал?

а. мікроцистіс; б. спіруліна; в. евглена; г. ульва.

8. Яка з біогеографічних областей Світового океану для фітобентосу має найбільше біорізноманіття?

а. бореальна; б. індо-пацифічна тропічна; в. аустральна; г. антарктична.

Рекомендована література

1. Визначник прісноводних водоростей України. К.: Наук. думка, 1938-1993. Т. 1-12.

2.Кузьмішина І. І. Географія рослин. Конспект лекцій. Луцьк: Вежа Друк, 2017. 96 с.

3.Ткаченко Ф. П. Морські водорості-макрофіти України (північно-західна частина Чорного моря). Одеса : Астропринт, 2011. 104 с.

4.Флора водоростей України. К.: Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного, 1986-2016. Т. 1-12.

5. Царенко П.М. та ін. Продромус спорових рослин України: водорості. Кн. 1. К.: Наук. думка, 2024. 880 с.

6. Червона книга України. Рослинний світ (http://redbookua.org/plants/region) (дата звернення 16.01.2024).

7.Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wideelectronic publ. Natl. Univ. Ireland, Galway, 2024. http://www.algaebase.org. – (дата звернення: 16. 01. 2024).

Перелік контрольних запитань для поточного та періодичного контролю

1. Вплив хімічного складу води на розмноження і життя водоростей.
2. Загальна характеристика фітопланктону океанів та морів.
3. Водорості прісноводного фітопланктону.
4. Пристосування мешканців фітопланктону для проведення фітопланктонного способу життя.
5.Нейстон.
6.Загальна характеристика водоростей морської піни.
7. Загальна характеристика макрофітобентосу.
8.Водорості мікрофітобентосу.
9. Загальна характеристика перифітону.
10.Водорості снігу та льоду (кріофітон).
11.Водорості гарячих джерел (термофітон)
12. Ґрунтові водорості (фітоедафон).
13.Систематичний склад ґрунтових водоростей.
14.Водорості гіпергалінних водойм (галофітон).
15.Наземні водорості (аерофітон).
16.Водорості вапнякових субстратів (кальціфітон).
17.Водорості інтерстиціалі (мезофітопсамон).
18. Розповсюдження водоростей за типами субстратів.
19. Природні та штучні субстрати.
20. Пристосування водоростей до різноманітних умов існування довкілля.
21. Вплив абіотичних, біотичних і антропогенних чинників довкілля на місце зростання, життя та розмноження водоростей.
22. Взаємини, які існують між водоростями та іншими організмами.

23. Типи взаємовідносин: епіфітизм, ендофітизм, коменсалізм, конкуренція, паразитизм, симбіоз.

24. Шляхи та способи поширення водоростей у Світовому океані.

25. Географічна приуроченість певних груп водоростей.

26. Космополітичні та ендемічні види водоростей.

27. Широтна зональність поширення водоростей.

28. Географічні особливості поширення ґрунтових водоростей.

29. Географічний елемент флори – ареал.

30. Типи ареалів.

31.Прибульці та останці.

32.Фітогеографічне районування альгофлори Світового океану.

33. Значення водоростей у природі.

34. Практичне значення водоростей.

Відповіді на тестові запитання

Практичне заняття 1

1. а; 2. б; 3. б, г; 4. б; 5. в; 6. а; 7. б, г; 8. б, г; 9. а; 10. а; 11. б, в; 12. в.

Практичне заняття 2

1. б; 2. а, б; 3. а; 4. а, б; 5. б; 6. а, б, г; 7. а. б, г.

Практичне заняття 3

1. в; 2. а; 3. а; 4. а; 5. а, б,в, г; 6. а, в.

Практичне заняття 4

1. в; 2. а; 3. б; 4. в; 5. г; 6. а; 7. б, в; 8. б.

Список літератури

Основна

1. Бойко М. Ф. Ботаніка. Водорості та мохоподібні. Навчальний посібник. К.: Ліра-К, 2020. 272 с.

2. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика. Луцьк: Вежа Друк, 2016. 365 с.

3. Волошкіна О. С., Гандзюра В. П. Екологічні основи управління водними ресурсами. Навчальний посібник. К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.

4. Євтушенко М. Ю., Хижняк М. І. Гідробіологія (частина 1). Навчальний підручник. К.: ЦУЛ, 2022. 461 с.

5. Кузьмішина І. І. Географія рослин. Конспект лекцій. Луцьк: Вежа Друк, 2017. 96 с.

6. Лук'янова Л. Б. Основи екології. Навчально-методичний посібник. К.: Тов. "ДСК – Центр ", 2016. 210 с.

7. Якубенко Б. Є. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України). К.: Ліра-К, 2021. 542 с.

Додаткова

1.Баринова С. С., Білоус О. П., Царенко П. М. Альгоіндикація водних об'єктів України: методи і перспективи. Хайфа, Київ, 2019. 367 с.

2.Визначник прісноводних водоростей України. К.: Наук. думка, 1938-1993. Т. 1-12.

3. Герасимюк В.П., Зінченко В.Л. Діатомові обростання китів малих смугастиків у водах Антарктики. *Гідробіол. журнал.* 2011. Т. 47, № 5. С. 29-36.

4. Герасимюк В. П. Мікроскопічні кріофільні водорості морів Ведделла і Белінсгаузена (Антарктика). *Гідробіол. журн*. 2022. Т. 58, № 3. С. 32-42.

5. Герасимюк В. П., Еннан А. А., Шихалєєва Г. М. Енциклопедія Куяльницького лиману [в 8 т.]: Т. 2. Водорості. Одеса: Астропринт, 2020. 446 с.

6. Слюсаренко О.М. та ін. Словник ботанічних термінів. Одеса: Печатний дім, 2012. 204 с.

7. Флора водоростей України. К.: Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного, 1986-2016. Т. 1-12.

8. Царенко П.М. та ін. Продромус спорових рослин України: водорості. Кн. 1. К.: Наук. думка, 2024. 880 с.

Електронні інформаційні ресурси

1. Великий спеціальний практикум. Блок 1. Біорізноманіття та охорона навколишнього середовища. Змістовий модуль 1. Рослинні організми: методичні вказівки до лабораторних та самостійних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОПП Біологія / уклад.: Ф. П. Ткаченко, Ю. С. Назарчук, В. П. Герасимюк. Одеса: Видавець С. Л. Назарчук, 2024. 46 с. https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/39874

2.Електронні методичні рекомендації до самостійної роботи з курсу “Альгологія“ для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для спеціальностей: 014 Середня освіта (Біологія та здоров’я людини), 091 Біологія, 162 Біотехнологія та біоінженерія, 206 Садово-паркове господарство / уклад.: В. П. Герасимюк, Ф. П. Ткаченко. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. 28 с. 84 КБ. http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/35779

3.Електронна європейська морська база водоростей “WoRMS“ (http://www.marinespecies.org.). – (дата звернення: 16. 01. 2024).

4.Мікроскопічні і гістохімічні методи дослідження водоростей, грибів та лишайників / уклад.: Ф. П. Ткаченко, В. П. Герасимюк, Ю. С. Назарчук, О. А. Бабенко. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2016. 59 с. http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/29602

5.Червона книга України. Рослинний світ (http://redbookua.org/plants/region) (дата звернення 16.01. 2024).

6.Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wideelectronic publ. Natl. Univ. Ireland, Galway, 2024. http://www.algaebase.org. – (дата звернення: 16. 01. 2024).

Навчальне видання

ЕКОЛОГІЯ І ФІТОГЕОГРАФІЯ ВОДОРОСТЕЙ

Електронний методичний посібник
до практичних занять та самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 091 Біологія та біохімія

Електронне практичне видання

Укладач

Герасимюк Валерій Петрович

В авторській редакції

Затвердж. авт. Шрифт Times New Roman. Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням для читання файлів формату PDF. Обсяг 2 МБ.
Зам. №

Видавець і виготовлювач Одеський національний університет імені
І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р. 65082, м. Одеса,
вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua