

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

М. В. Боярин, І. М. Нетробчук

ОСНОВИ ГІДРОЕКОЛОГІЇ: ТЕОРІЯ Й ПРАКТИКА

Навчальний посібник

За науковою редакцією проф. А. Н. Некос



2016

УДК 574.58(075.8)+556.1(075.8)
ББК 28.082.13я73+26.22я73
Б 86

*Рекомендовано вченою радою
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 4 від 26.11.2015 р., наказ №340-з від 08.12.2015 р.)*

Рецензенти:

Ковальчук І. П. – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри геодезії та картографії Національного університету біоресурсів та природокористування України;

Фесюк В. О. – доктор географічних наук, професор кафедри екології Луцького національного технічного університету;

Ільїн Л. В. – доктор географічних наук, професор кафедри туризму та готельного господарства Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

Боярин М. В.

Б 86 Основи гідроекології: теорія й практика [Текст] : навч. посіб. / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2016. – 365 с.

ISBN 978-966-2750-44-7

У навчальному посібнику розглянуто теоретичні й методичні питання основ гідроекології: гідросфера як середовище життя; водні екосистеми; антропогенний вплив на водні екосистеми та охорона гідробіонтів.

Головну увагу приділено найновішим досягненням сучасної гідроекології.

Навчальний посібник написано відповідно до програми курсу.

Для студентів вищих навчальних закладів, викладачів.

УДК 574.58(075.8)+556.1(075.8)

ББК 28.082.13я73+26.22я73

ISBN 978-966-2750-44-7

© Боярин М. В., Нетробчук І. М., 2016

© Гончарова В. О. (обкладинка), 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
РОЗДІЛ 1. Гідросфера як середовище життя	8
§ 1. Гідроекологія як наука. Найважливіші проблеми науки .	8
1. Визначення поняття «гідроекологія». Найважливіші проблеми науки.....	8
2. Предмет, завдання й методи гідроекології.	9
3. Наукові установи, що здійснюють гідроекологічні дослідження в Україні.....	11
4. Фактори впливу у водному середовищі та їх дія на гідробіоти	12
§ 2. Загальна характеристика гідросфери. Світовий океан ...	16
1. Гідросфера. Загальна характеристика.	16
2. Загальна характеристика Світового океану.	17
3. Будова земної кори під Світовим океаном та рельєф дна...	18
4. Солоність і деякі фізичні властивості морської води.	22
5. Водний баланс Світового океану.....	22
6. Термічний режим океану.	23
7. Поверхнева циркуляція вод Світового океану.	24
8. Хвильові рухи в океані.....	25
9. Вертикальне перемішування океанічних вод.	25
10. Поняття про водні маси Світового океану.....	26
11. Основні компоненти біосфери в океані.....	27
12. Біогеографічні області Світового океану.....	28
§ 3. Типи континентальних водних об'єктів та їх характеристика	30
1. Загальна характеристика річок. Умови життя.....	31
2. Загальна характеристика озер та боліт. Умови життя.	34
3. Загальна характеристика штучних водойм. Умови життя.	39
4. Загальна характеристика підземних вод.	41
§ 4. Абіотичні чинники гідросфери	42
1. Фізико-хімічні властивості води: хімічний склад, термічні особливості, щільність, в'язкість, рух води й водні маси	42
2. Фізико-хімічні властивості ґрунтів.....	46

3. Речовини, що містяться в природній воді: кисень, сірководень, метан, міогени, водневі іони, розчинені органічні речовини, завислі речовини.	48
4. Температура, світло й інші коливальні явища.	53
5. Звук, електрика й магнетизм.	62
§ 5. Екологічні чинники життєдіяльності гідробіонтів. ...	63
1. Взаємозв'язок між водними організмами й розчиненими у воді солями.	63
2. Процеси осморегуляції в гідробіонтів.	65
3. Біогенна міграція елементів.	67
4. Адаптація гідробіонтів.	68
Основна використана література до розділу 1.	71
РОЗДІЛ 2. Водна екосистема як складова гідробіосфери	72
§ 6. Популяції гідробіонтів	73
1. Чисельність та біомаса популяцій гідробіонтів	73
2. Регуляція чисельності популяції	74
3. Інформаційно-функціональні зв'язки в популяціях гідробіонтів	77
4. Щільність популяції гідробіонтів	79
§ 7. Гідробіоценоз як складова частина водної екосистеми	81
1. Компоненти та функціонування гідро біоценозу	81
2. Трофічна структура гідро біоценозу	83
3. Видова структура гідробіоценозу.	84
4. Роль течій у формуванні структури гідро біоценозу	87
5. Гідробіоценози перехідних екологічних зон (екотопів)	89
6. Міжпопуляційні відносини в гідробіоценозах	98
§ 8. Біологічна продуктивність водних екосистем	104
1. Біологічна продукція й потік енергії у водних екосистемах	104
2. Вплив гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних чинників на ефективність первинного продукування	108
3. Вторинна продукція та темп її продукування	112
4. Вплив зарегульованості річкового стоку на біологічну продуктивність водойм	113
Основна використана література до розділу 2	115

РОЗДІЛ 3. Антропогенний вплив на водні екосистеми та охорона гідробіонтів	116
§ 9. Органічне й токсичне забруднення та його наслідки для водних екосистем.....	116
1. Органічні речовини та їх кругообіг у водних екосистемах..	116
2. Сапробність водойм.....	119
3. Природна й антропогенна евтрофікація	122
4. Самозабруднення й самоочищення водойм	127
5. Токсичне забруднення та його джерела. Структура гідробіоценозів унаслідок токсичного впливу.....	130
6. Нормування якості поверхневих вод.....	133
§ 10. Рослинні індикатори екологічного стану поверхневих вод	136
1. Рослини – індикатори поверхневих вод	136
2. Індикаторне значення та екологічні особливості водоростей водних місцезростань.....	142
3. Прибережно-водяна рослинність і типологія водойм.....	148
4. Індикаторне значення прибережно-водяних рослин.....	151
§ 11. Охорона та відтворення гідробіонтів	155
1. Біологічні ресурси гідросфери та їх освоєння.....	155
2. Заходи щодо охорони природного відтворення промислових гідробіонтів	159
3. Акліматизація гідробіонтів	161
4. Аквакультура	163
5. Лімнокультура риб.....	167
6. Марикультура риб.....	168
7. Аквакультура безхребетних.....	170
Основна використана література до розділу 3	172
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 1	178
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Гідросфера. Екологічна зональність Світового океану та континентальних водойм	178
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Вивчення екологічних груп гідробіонтів	185
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Вивчення типів водних об'єктів та їх гідрологічна характеристика.....	192
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Обчислення коефіцієнта водообміну і водовідновлення заплавних водойм	196

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Вивчення особливостей температурного, термічного і льодового режиму водних об'єктів	201
ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 1	207
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 2	208
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Методи визначення біомаси фітопланктону	208
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Скляночний метод визначення первинної продукції і деструкції органічної речовини	210
ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 2	216
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 3	216
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8. Визначення зон сапробності та індикаторні організми сапробності.....	223
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9. Вивчення методів розрахунку індексу сапробності	223
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10. Розчинений Оксиген як показник екологічного стану водойм.....	227
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11. Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями	232
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12. Біологічні компоненти водних екосистем – водорості	243
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13. Біологічні компоненти водних екосистем – вищі водні рослини	255
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14. Біотестування токсичності водного середовища за реакцією гідробіонтів	260
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 15. Ставкова аквакультура та розрахунок рибної продукції	265
ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3	270
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	274
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	276
ДОДАТКИ	282

ПЕРЕДМОВА

Запропонований навчальний посібник «Основи гідроекології: теорія й практика» узагальнює досвід викладання теоретичного й практичного матеріалу з дисципліни «Основи гідроекології», яка викладається на хімічному факультеті Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки та екологічному факультеті Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Навчальне видання укладено відповідно до навчальної програми в контексті вимог Болонського процесу.

Цей посібник покликаний ознайомити студентів з гідросферою як середовищем життя, функціонуванням та закономірностями існування гідробіонтів, антропогенним впливом на водні екосистеми. Розглядаючи водну екосистему як цілісну функціональну одиницю біосфери, гідроекологія спирається на такі базові дисципліни, як ботаніка, зоологія, гідрологія, геологія з основами геоморфології, гідрохімія. Отримані знання дадуть можливість випускникам повною мірою орієнтуватися в екологічних процесах, що відбуваються у водоймах різного типу.

Завдання посібника – забезпечити студентів потрібним обсягом теоретичних знань про гідросферу, Світовий океан, геофізику гідросфери, гідробіологічні закономірності існування водних екосистем, токсичний впливу на гідробіонтів для подальшого вивчення таких дисциплін як: «Гідроекологічні проблеми суходолу», «Гідроекологія України», «Гідроекологічний практикум», «Відновна гідроекологія порушених екосистем», «Методи гідроекологічних досліджень».

Видання має єдину структуру: до кожної теми подано теоретичні відомості та перелік контрольних питань для самоперевірки знань, окремі теми вміщують практичні завдання, що сприяє реалізації поставленої мети. Посібник містить рисунки, таблиці, формули, додатки, а також список використаної та рекомендованої літератури.

Під час написання навчального посібника, за основу взято видання підручників «Общая гидробиология» А. С. Константинова (1979), «Основи гідроекології» В. Д. Романенко (2001). Рисунки до практичних робіт запозичено з праці В. А. Яшнова (1969). Звичайно, посібник не позбавлений недоліків, тому автори будуть вдячні всім за зауваження та побажання.

РОЗДІЛ 1

Гідросфера як середовище життя

§ 1. Гідроекологія як наука. Найважливіші проблеми науки

1. Визначення поняття «гідроекологія». Найважливіші проблеми науки. Гідроекологія – це наука про взаємовідносини водних організмів між собою та з неорганічною природою, що їх оточує, про зв'язки в екосистемах, про структуру і функціонування цих екосистем. Гідроекологія вивчає закономірності життя переважно на надорганізмених рівнях – популяційному, біоценотичному та екосистемному – у нерозривному зв'язку з умовами водного середовища й прилеглих територій. [18].

За визначенням В. К. Хільчевського, В. І. Пелешенка, М. Д. Гродзинського (1995) *гідроекологія* - це вчення про зв'язки між гідрохімічними, гідрологічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад та властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів.

Гідроекологія – це не лише біологічна наука, а й соціально-екологічна дисципліна, оскільки вона розглядає вплив господарської діяльності людини на якість води, стан та функціонування водних екосистем у цілому як складників довкілля людини й тому має велике соціальне значення.

Серед найважливіших **проблем сучасної гідроекології** особливо виділяється – *якість води та біологічна продуктивність водойм*, зокрема екологічні основи формування якості води в екосистемах різних водних об'єктів – у річках, озерах, водосховищах, лиманах, морях і океанах. Це процеси забруднення, самоочищення, реакції екосистем на різні антропогенні впливи: евтрофікація, органічне забруднення, підігрів теплими водами атомних та теплових електростанцій (термофікація), кислотні дощі (ацидифікація), токсичне забруднення (токсифікація), радіонуклідне забруднення тощо, а також зміни у водних

екосистемах унаслідок гідробудівництва (спорудження гребель, каналів тощо) [11].

У роботах В. М. Тімченка (Інститут гідробіології НАН України) зазначається, що необхідно розкривати природу взаємозв'язків гідрологічних явищ та особливостей екосистем водних об'єктів та вказується на **основні проблеми гідроекології**: кількісну оцінку основних елементів гідрологічного (лімітуючі умови абіотичного середовища) та гідробіологічного режимів, механізм впливу гідрологічних умов на біотичні компоненти екосистем та інші абіотичні чинники, розробка методів контролю та управління ключовими гідрологічними чинниками, які визначають структурно-функціональні особливості співтовариств гідробіонтів з метою регулювання якості вод, стану екосистем, біопродуктивності та рибопродуктивності водних об'єктів.

Збереження та відновлення *біологічної продуктивності водойм* є спільною проблемою гідроекології, гідробіології та іхтіології, з якою пов'язане розв'язання багатьох проблем рибного господарства та рибного промислу – рибництво в природних водоймах, ставкове рибництво, відтворення запасів риб, промислових безхребетних тварин (раків, крабів, моллюсків) та водоростей, штучне розведення корисних водяних тварин (аквакультура) і боротьба зі шкідливими організмами, а також багато інших питань використання водяних організмів у народному господарстві. В умовах посиленого антропогенного тиску біологічна продуктивність водойм істотно знижується, тому вона безпосередньо зв'язана з водністю та якістю води [14].

2. Предмет, завдання й методи гідроекології. Основна мета досліджень і практичної діяльності в галузі гідроекології полягає в науковому обґрунтуванні шляхів та засобів збереження водного середовища й життя в ньому [18].

У поєднанні з науково-технічними розробками гідроекологічні дослідження дають змогу розв'язувати проблеми збереження довкілля найбільш раціонально й економічно ефективно. У світовій практиці такий підхід називається **менеджментом** довкілля.

Провідними завданням сучасної гідроекології є оцінка та прогноз динаміки стану водних екосистем залежно від антропогенного впливу і якості природних вод.

Для розв'язання своїх завдань гідроекологія, як і кожна

природнича наука, спирається на багатий арсенал методів: спостереження в природі; вивчення видового складу живого населення водойм та кількісних показників розвитку окремих видів; хімічний аналіз води й донних відкладень; експерименти на окремих популяціях, біоценозах та екосистемах; лабораторні експерименти й експерименти на природних водоймах; фізичне та математичне моделювання водних екосистем; застосування новітніх технічних засобів – підводного телебачення, різних датчиків для отримання оперативної інформації. Для опрацювання отриманої інформації застосовують комп'ютерну техніку, аерофотозйомку великих водних об'єктів і фотографування з космосу – зі штучних супутників Землі, що дають широко-масштабну панораму водних систем. Для біологічних досліджень водного середовища застосовують спеціальні прилади – планктонні сітки, планктонозбирачі, планктоночерпаки, трали, драги, дночерпаки (для збирання проб донних тварин), які дають змогу аналізувати видовий склад водної флори й фауни, а також обраховувати чисельність та біомасу організмів у певних точках водойм та їх динаміку в просторі й часі [5,18].

Для успішного розв'язання складних практичних питань сучасної гідроекології потрібно насамперед мати імітаційні математичні моделі:

1) *модель водного режиму* (балансову, гідротермодинамічну та ін.) річки, водосховища, озера або іншого водного об'єкта з урахуванням їх водності, водообміну та водоспоживання на окремих ділянках водоймища, величини підземного стоку, випаровування з поверхні водного дзеркала;

2) *модель водно-сольового режиму*, що враховує водність, водообмін і водоспоживання водного об'єкта, а також надходження солей зі стічними та підземними мінералізованими водами;

3) *модель розповсюдження й накопичення різних токсичних і радіоактивних речовин* за різними компонентами водної екосистеми (вода, дно, біота) з урахуванням процесів фізичної, хімічної та біологічної трансформації цих забруднювачів;

4) *модель динаміки розчинених у воді кисню й органічних речовин*, що легко окислюються (розкладаються) мікроорганізмами: модель РК-БСК;

5) моделі динаміки біогенних елементів, які враховують вплив азоту та фосфору на інтенсивність процесів первинної продукції органічної речовини (фотосинтезу) та на процеси евтрофікації, гіперевтрофікації («цвітіння» води) водосховищ, озер і лиманів у різні сезони року.

За допомогою таких імітаційних моделей (сценаріїв) можна не тільки аналізувати й прогнозувати стан і динаміку досліджуваних явищ, а також здійснювати екологічне та еколого-економічне обґрунтування [11].

3. Наукові установи, що здійснюють гідроекологічні дослідження в Україні. У багатьох розвинутих країнах світу, а в останні роки і в Україні, дані моніторингу, що здійснюється різними організаціями та установами, концентруються в національних комп'ютерних центрах (геоінформаційних системах).

В Україні гідроекологічними дослідженнями займаються наукові установи Національної академії наук: Інститут біології південних морів ім. О. О. Ковалевського (Севастополь, філіал в Одесі та в Криму – Карадаг), Інститут гідробіології (Київ), Інститут біології Дніпропетровського університету, Інститут екологічних проблем (Харків). Гідроекологічні питання, пов'язані з інтересами рибного господарства, вивчають також Український науково-дослідний інститут рибного господарства Української аграрної академії наук (УААН), Південний науково-дослідний інститут рибного господарства (Керч) і його Одеський філіал [18].

Окремі питання гідроекології розробляються на кафедрах Дніпропетровського, Київського, Львівського, Одеського, Ужгородського, Харківського й Чернівецького національних університетів.

Оперативний моніторинг стану вод (гідрологічні, гідрохімічні та гідробіологічні показники) в річках, водосховищах та інших водних об'єктах здійснює Гідрометеорологічна служба України, Державне агентство водних ресурсів України, Державна екологічна інспекція, Державне управління екології та природних ресурсів.

Гідроекологічним дослідженням властива комплексність, тобто колективна праця багатьох фахівців, котрі вивчають і водне середовище, і його живе населення [11, 14].

Дослідження та спостереження на водоймах можуть мати стаціонарний характер, тобто проводитися на певних постійних об'єктах – річках, озерах, ставках. Для постійних спостережень

організуються гідрологічні, гідрохімічні, метеорологічні пости та гідробіологічні станції. При дослідженні морів та океанів, великих річок і побудованих на них водосховищах застосовують експедиційний метод, тобто виїзди наукових колективів за задалегідь наміченими маршрутами на кораблях, спеціально обладнаних для наукових досліджень. Такі кораблі є в розпорядженні науково-дослідних установ багатьох країн. В Україні протягом 60–90 років працювали такі судна, як «Академік Вернадський», «Гідробіолог» (на Дніпрі), «Професор Топачевський» (на Дніпрі й Дунаї), лайнер «Академік Зернов» (на пониззях Дніпра та лиманах північно-західного Причорномор'я), «Олександр Ковалевський», «Професор Водяницький», «Гідролог» (на морях й океанах). Експедиції на цих суднах зібрали багатий матеріал, який покладено в основу багатьох наукових розробок.

4. Фактори впливу у водному середовищі та їх дія на гідробіонти. Вода є не тільки навколишнім середовищем для гідробіонтів, а й одночасно їхнім внутрішнім середовищем, оскільки тіло гідробіонтів на 90 % складається з води. Гідробіонти створюють також зовнішнє середовище один для одного, виділяючи й споживаючи кисень і діоксид вуглецю, виділяючи продукти свого обміну (екзометаболіти), поїдаючи одне одного (хижаки–жертви) тощо.

Усі параметри довкілля, які так чи інакше впливають на життя у водоймах становлять **фактори**, що поділяються на *абіотичні*, *біотичні* та *антропогенні* [13; 18].

До **абіотичних** факторів належать: **космічні** фактори – це, насамперед, *сонячне випромінювання*, до складу якого входять 45 % видимого світла, до 10 % – ультрафіолетового та 45 % – інфрачервоного випромінювання. Завдяки сонячній радіації можливий фотосинтез водяних рослин – основний процес утворення органічної речовини. Сонячна радіація зумовлює нагрівання води, тобто впливає на її температуру – найважливіший екологічний фактор життєдіяльності водяних організмів. Крім того, на все живе на Землі, у тому числі й гідробіонтів, діють різні види космічного випромінювання: гамма-промені та інші радіоактивні інгредієнти, а також магнітне поле Землі, що періодично збурюється під впливом вибухів на Сонці. Природний магнетизм відіграє значну роль у міграціях водяних ссавців (китів, кашалотів, дельфінів) та деяких мігруючих риб (вугрів). Найважливіше

екологічне значення мають *сили всесвітнього тяжіння*, які зумовлюють припливно-відпливні явища в океанах і морях, а з ними найтісніше пов'язані мінливі умови життя організмів шельфу та літоралі, яка періодично обводнюється й засихає. Чергування дня та ночі й інші періодичні явища пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця, впливають на поведінку, спосіб життя й процеси розмноження водяних тварин [13; 18].

Наслідком пристосування гідробіонтів до періодичних коливань космічних факторів є формування так званого «біологічного годинника», тобто ритмічних коливань життєвих процесів водяних тварин згідно з коливаннями умов довкілля (вони зберігаються й у тих випадках, коли гідробіонти живуть поза межами свого природного середовища, наприклад в акваріумах). Біоритми властиві навіть водоростям (наприклад вони відомі в синьо-зеленій водорості осциляторії). Цей механізм запрограмований генетично внаслідок тривалого еволюційного процесу. До чергування дня й ночі пристосувалося багато «нічних» тварин, які живляться переважно вночі.

Сезонні зміни пов'язані з *обертанням Землі навколо Сонця*, а у зв'язку з ним – із коливаннями температури води та позначаються на всьому складі гідробіонтів: весняний, літній, осінній планктони систематично змінюють один одного у водоймах. Процеси розмноження гідробіонтів приурочені до теплих періодів, тоді як восени життя пригнічується, а взимку завмирає, значна частина тварин перебуває в стані анабіозу або відкладає стійкі яйця (спори, цисти), рослинні організми відмирають. Риби здебільшого не живляться й зимують у нерухомому стані.

Спалахи розмноження гідробіонтів (або «хвилі життя», за В. І. Вернадським) також приурочені до сезонних змін температури та освітлення. Загалом, усе життя у воді цілком підлягає впливу Сонця й пов'язаних із ним ритмів фізичних, хімічних, гідрологічних та інших процесів в природних умовах.

Із земних (*абіотичних*) факторів найбільше екологічне значення мають фізичні й хімічні властивості самої води – питома вага, в'язкість, поверхневий натяг, каламутність, освітленість, прозорість. Гідрологічний режим водойм зумовлює формування специфічних угруповань організмів. Наприклад організмів

пристосованих до умов уповільненого стоку (*стагнофільні угруповання*) чи до умов проточності (*реофільні угруповання*).

На великих глибинах океанів і морів найважливішим серед фізичних факторів є тиск води.

Фізико-хімічні фактори – це активна реакція середовища (рН), окисно-відновний потенціал (Eh), лужність, жорсткість, осмотичний тиск [13; 18].

Хімічні фактори – це вплив вмісту кисню, діоксиду вуглецю, інших розчинених газів, мінералізації, сольового складу, концентрація органічних речовин, наявність забруднювальних речовин різного хімічного складу на водні живі організми.

Для донних організмів важливе значення, як фактори, мають структура донних відкладень, рівень замуленості, вміст органічної речовини в мулах тощо.

Біотичні фактори – це самі водяні організми, що по-різному впливають один на одного та на оточуюче їх середовище. Серед них – зміна умов (кондиціювання) середовища переважаючими видами (еdifікаторами), наприклад поїдання одних видів іншими (рослин – тваринами, «мирних» тварин – хижими, – тобто процеси, що формують трофічні ланцюги (система «хижак–жертва»); паразитування одних організмів на інших; використання одних організмів як місця притулку інших та багато інших зв'язків, що складаються між мешканцями водойм за тривалий чи короткий час існування екосистеми.

Будь-який організм чи об'єднання організмів завжди живе в системі екологічних зв'язків у поєднанні різних взаємодіючих факторів. Наслідком такої взаємодії стає або процвітаюче життя, або виживання, або смерть як на організменому, так і на популяційному та біоценотичному рівнях, хоча надорганізмені системи більш стійкі до коливання факторів, ніж окремі особини.

У ХХ ст. найбільшого значення для водного середовища набули антропогенні фактори. Найважливіші **антропогенні фактори**, що впливають на весь хід біологічних процесів у біосфері – це гідротехнічне будівництво (зарегулювання річок греблями, міжбасейнове перекидання стоку тощо), надмірне водокористування, забруднення водойм стічними водами різних виробництв та комунально-побутовими стоками, нафтове забруднення морів й океанів унаслідок аварій танкерів, а прісних

вод – у результаті судноплавства та використання моторних човнів для рекреації й рибальства, тощо [13; 18].

Серед факторів, які найбільше змінюють якість природних вод і знижують біологічну продуктивність водойм, можна відзначити такі: підвищення вмісту у воді біогенних речовин – азоту й фосфору, що призводить до надмірного розвитку водоростей і подальшого самозабруднення водойм при їх відмиранні – *евтрофікації*; *органічне забруднення* (сапробізація); *токсичне забруднення* хімічними речовинами різного походження (токсифікація); *теплове забруднення* внаслідок скидання у водні об'єкти підігрітих вод теплових та атомних електростанцій; *кислотні дощі*, що змінюють реакцію води (рН) (ацидифікація), у 50–70 рр. – *радіоактивне забруднення*, яке виникає під час аварій на атомних електростанціях (в Україні це аварія на Чорнобильській АЕС, 1986 р.). Водночас на водяні організми протягом усєї геологічної історії Землі впливали природна радіоактивність гірських порід, океанічного дна та інших природних джерел.

Абіотичні й антропогенні фактори піддаються кількісному вимірюванню та виражаються у відповідних міжнародно-стандартизованих одиницях виміру.

Кожний вид має свою шкалу відношень до тих чи інших факторів (екологічна валентність). Така шкала термінологічно визначається префіксами: «оліго» – мало, «мезо» – помірно, «полі» – багато, а також «стено» – постійно або стабільно та «еврі» – скрізь.

Фактори за їх кількісним значенням можуть визначатися для певних видів на рівні мінімуму, оптимуму або максимуму.

Найгірший рівень, що призводить до загибелі організмів, називається *песимумом*.

Серед факторів виділяють особливо важливі (лімітуючі), наприклад уміст кисню, фосфатів тощо [13; 18].

Різні фактори можуть взаємодіяти між собою, підсилюючи або послаблюючи негативний вплив на біоту. У першому випадку йдеться про *синергічну* дію, а в другому – про *антагоністичну*. Наприклад, отруєння риб посилюється за умови кисневого дефіциту, а вищі водяні рослини є антагоністами водоростей, оскільки виділяють речовини, які згубно діють на водорості (альгіциди або антибіотики природного походження). До того ж

характер взаємодії може бути не прямим, а опосередкованим через низку проміжних процесів, або дія може бути двобічною: наприклад риба білий амур, виїдаючи вищі водяні рослини, загалом підвищує рибопродуктивність ставів, але разом із тим підриває кормову базу коропа, який живиться серед заростей макрофітів, та спричиняє погіршення газового режиму внаслідок їх видалення.

Багатофакторність водного середовища та взаємодія факторів зумовлюють ті труднощі, які виникають при з'ясуванні причин певних аномальних явищ у водних екосистемах і прогнозуванні змін, що можуть виникати під впливом природних чи антропогенних факторів.

Контрольні питання

- 1. Назвіть основні напрями гідроекологічних досліджень.*
- 2. Охарактеризуйте предмет і завдання гідроекології.*
- 3. Встановіть зв'язок гідроекології з іншими науками.*
- 4. Дайте визначення поняття «гідроекологія». Найважливіші проблеми науки.*
- 5. Які ви знаєте наукові установи, що здійснюють гідроекологічні дослідження в Україні?*
- 6. Дайте визначення поняття «водяний організм».*
- 7. Укажіть фактори впливу у водному середовищі та їхню дію на гідробіонтів.*
- 8. Дайте визначення поняття «біотичні фактори».*
- 9. Дайте визначення поняття «абіотичні фактори».*
- 10. Назвіть основні методи гідроекології.*

§ 2. Загальна характеристика гідросфери. Світовий океан

1. Гідросфера. Загальна характеристика. Гідросфера – це сукупність усіх поверхневих водних об'єктів Земної кулі, а також підземних вод, льодовиків та снігового покриву. До складу гідросфери входить також атмосферна вода, яка відіграє важливу роль у загальному кругообігу вод. Головними елементами гідросфери є природні та штучно створені водні об'єкти, де

зосереджується вода (океан, море, озеро, річка, водосховище, ставок, болото, канал, водоносний горизонт) [6; 10; 18].

На Світовий океан припадає 96,4 % усієї води гідросфери. Вода річок, озер та інших континентальних водойм становить усього близько 0,015 %. А 1,88 % води перебуває у вигляді континентального льоду, снігового покриву та в зонах вічної мерзлоти.

Гідросфера – це динамічна система, у якій постійно протікають фізичні, хімічні й біологічні процеси. Усі природні води Землі перебувають у безперервному кругообігу. Фізичною основою цього є сонячна радіація, що забезпечує нагрівання води та суші, випаровування, виникнення горизонтальних градієнтів атмосферного тиску, перенос повітряних мас в атмосфері й водних мас в океанах, концентрування вологи в атмосфері та її випадіння у вигляді дощу й снігу, стікання води до річкових русел та до океану. Така циркуляція включає океанічну й материкову складові частини. *Океанічна циркуляція* – це повторюваний процес випаровування з поверхні океану, перенесення пари в атмосферу, її концентрування та випадання на поверхню океану. *Материкова циркуляція* включає випаровування з поверхні суші, у тому числі й із континентальних водойм, перенесення пари із суші в атмосферу, її концентрування та випадання на земну поверхню. Завдяки цьому формуються поверхневий і підземний стоки води та речовин [6; 10; 18].

Океанічна й материкова циркуляції вод пов'язані між собою та забезпечують не тільки перенесення водяної пари з океану на сушу, але й із суші в океан за рахунок поверхневого й підземного стоків. Саме кругообіг води є однією з основних властивостей гідросфери, яка полягає в єдності природних вод планети.

2. Загальна характеристика Світового океану. Світовий океан єдиний, хоч і сильно розчленований, площа його складає 361 млн. км², що займає $\frac{3}{4}$ площі планети. Світовий океан поділяється на чотири основні частини: *Тихий* (або Великий), *Атлантичний*, *Індійський* та *Північний Льодовитий*. Оскільки існує постійний обмін між ними, то поділ Світового океану на частини є умовним й історично змінним. В океанах, зі свого боку, виділяються частини: моря, затоки та протоки.

Частини океану, що врізаються в суходіл і відокремлені від океану островами чи півостровами, а також підвищення підводного рельєфу називаються **морями**. Поверхня моря – акваторія [7; 9; 10].

Частина моря або океану, що глибоко врізається в суходіл, але вільно сполучається з ним, називається **затокою** (Перська, Мексиканська, Гудзонова, Каліфорнійська). За властивостями, течіями, організмами, що проживають у них, затоки мало відрізняються від морів та океанів.

Залежно від причин виникнення, розмірів, конфігурації й ступеня зв'язку з основною водою, серед заток розрізняють:

– *бухта* – невеликі акваторії, відокремлені береговими мисами чи островами;

– *естуарій* – лійкоподібні затоки, що утворюються в гирлах річок під впливом морських течій і високих припливів (гирло Єнісею, Темзи та р. Святого Лаврентія);

– *фіорд* – вузькі й глибокі затоки з високими скелястими берегами. Утворилися фіорди в результаті затоплення морем тектонічних розломів і річкових долин, оброблених льодовиком. Поширені по берегах Скандинавського півострова, Гренландії, Аляски, Нової Зеландії, півночі Росії;

– *лагуни* – неглибокі затоки, відділені від моря вузькими піщаними косами й сполучені з ним протокою;

– *лимани* – це затоки, подібні до лагун, утворюються при затопленні морем розширених гирл рівнинних рік. Поширені по берегах Чорного та Азовського морів. Лимани в Балтійському морі й у Південній півкулі утворені в результаті дії вздовж берегових течій і прибоїв, називаються гафами;

– *губа* – морська затока в гирлі річки. Поширені на півночі Росії (Онезька, Обська, Двінська).

Частини Світового океану (моря, океани, затоки) з'єднані між собою протоками. **Протока** – порівняно широкий водний простір, обмежений із двох сторін берегами материків, островів чи півостровів [7; 9; 10].

3. Будова земної кори під Світовим океаном та рельєф дна. На дні Світового океану виділяють такі найкрупніші елементи геотектури, або планетарні морфоструктури: *підводні окраїни материків, перехідна зона, ложе океану та серединно-океанічні хребти*. Вони виділяються на основі корінних відмінностей у будові рельєфу твердої земної поверхні й різних типів земної кори [9; 10].

Земна кора під материками й під ложем океану побудована неоднаково. Тип земної кори, характерний для материків,

називається материковим. Потужність **материкової кори** становить у середньому близько 35 км. Вона складається з трьох шарів. Верхній шар змінної потужності – осадовий. Нижче міститься так званий гранітний шар, утворений із порід, у яких пружні хвилі поширюються зі швидкістю близько 6 км/с. Його потужність 15–17 км. Він підстилається базальтовим шаром, що складається з більш щільних порід (швидкість поширення пружних хвиль – 6,5–7,2 км / с). Материкова кора розповсюджена під океаном та складає всю підводну окраїну материків.

Земна кора під ложем океану називається **океанічною**. Її потужність у середньому в п'ять разів менша від потужності материкової кори (близько 7 км). При цьому верхній шар – осадовий, товщиною близько 1 км. Пружні хвилі поширюються в ньому зі швидкістю 1,5–4,0 км / с. Його підстилає «другий шар», товщина якого – також близько 1 км, але він складається з більш щільних порід. Ще нижче залягає базальтовий шар товщиною близько 5 км. Океанічна кора складає тільки ложе океану [9; 10].

Особливі типи земної кори притаманні перехідним зонам та серединно-океанічним хребтам.

Підводні окраїни материків. Шельф. Вирівняну й відносно мілководну частину морського (океанічного) дна, що прилягає до берега моря чи океану, називають **шельфом**. Його прорізають численні затоплені, напівпоховані донними відкладами, річкові долини. Особливий інтерес становлять широкі шельфи, що примикають до великих прибережних рівнин, у межах яких знайдені й розробляються родовища корисних копалин. Не менший практичний інтерес мають рибні багатства шельфу, оскільки більше половини рибного вилову припадає на шельфові глибини [9; 10; 17].

Материковий схил. Шельф із боку океану окреслений морфологічно вираженою межею – бровкою шельфу, за якою зразу ж починається різке збільшення крутизни схилу дна. Зона різкого збільшення глибини в межах від 100–200 і до 3000–3500 м називається **материковим схилом**. Характерною особливістю рельєфу є розчленованість долиноподібними формами – підводними каньйонами. Найчастіше це продовження під водою річкових долин. Гравітаційні процеси на материковому схилі становлять важливий механізм пересування осадового матеріалу із шельфу й верхньої частини схилу на великі глибини. У низці випадків спостерігається ступінчастий профіль материкового

схилу. Окремі уступи материкового схилу можуть бути сильно розвиненими в ширину – крайові плато.

Материкове підніжжя – це хвиляста похила рівнина, що прилягає до основи материкового схилу й відділяє його від ложа океану. Це найбільша акумулятивна форма рельєфу дна океану. Походження цієї рівнини пов'язано з накопиченням величезних мас осадового матеріалу, що переміщується гравітаційними процесами та течіями. Особливо яскраво це проявляється в районах величезних конусів виносу турбулентних потоків, прив'язаних до гирла підводних каньйонів, зокрема тих, що розміщені поблизу гирл крупних річок із величезним твердим стоком (Ганг, Інд, Міссісіпі, Конго) [9; 10; 17].

Донні абісальні течії переміщують уздовж материкового підніжжя величезні маси завислого та напівзавислого осадового матеріалу, із якого побудовані величезні донні акумулятивні форми, так звані осадові хребти (Блейк-Багамський хребет й ін.). Окрім того, великі маси осадового матеріалу випадають із водної товщі [10].

Перехідні зони. На більшій частині периферії Атлантичного, Індійського й усього Північного Льодовитого океану підводні окраїни материків безпосередньо контактують із ложем океану. На периферії Тихого океану, у районах Карибського моря, а також на північно-східній окраїні Індійського океану є інші, більш складні системи переходу від океану до континенту. Так, вздовж західної окраїни Тихого океану, від Берингового моря до Нової Зеландії, між підводними окраїнами материків і ложем океану лежить велика перехідна зона яка складається з:

- *улоговин глибоководних окраїнних морів,*
- *обмежувальних підводних хребтів, увінчаних вулканічними островами (так званими острівними дугами),*
- *глибоководних жолобів – вузьких, дуже глибоких депресій, до яких належать найбільші глибини океану.*

Моря, що відділяються острівними дугами, як правило, глибокі, нерідко дно їх нерівне, часто гористе, потужність донних відкладів у таких морях невелика. У деяких морях дно ідеально рівне, а потужність осаду перевищує 2–3 км.

Острівні дуги – це підводні хребти, увінчані вулканами, багато з яких – діючі. Понад 70 % діючих вулканів належать саме

острівним дугам, а найкрупніші з хребтів виступають над рівнем моря й утворюють острови (Курильські острови з їхніми діючими вулканами та ін.). Є перехідні області, де не одна, а декілька острівних дуг. Інколи різні за віком дуги зливаються одна з одною, утворюючи крупні масиви острівного суходолу. Найкрупнішим острівним масивом є Японська острівна дуга.

Важливою географічною та геологічною рисою перехідної зони є, поряд з інтенсивною вулканічною діяльністю, високий ступінь сейсмічності. Тут поширені як глибокофокусні (глибина > 300 км), так і середньофокусні (50–300 км) землетруси [9; 10; 17].

Серединно-океанічні хребти. Серединно-океанічні хребти виявлені зовсім недавно, у 50–60 рр. ХХ ст. Серединно-океанічні хребти – це, по суті, ціла система окремих гірських масивів, що складаються з цілої низки хребтів. Ширина такого нагір'я може досягати 1000 км, а загальна протяжність усієї системи перевищує 60 тис. км. У цілому це найграндіозніша гірська система на Землі, рівної якій за масштабами на суходолі нема.

Для осьової частини системи притаманна рифтова структура, вона розбита розломами такої ж протяжності, що й хребти. Ці розломи утворюють депресії – так звані рифтові долини, які перетинаються поперечними жолобами. Здебільшого жолоби більш глибокі, ніж рифтові долини й саме тут містяться максимальні глибини в зоні серединно-океанічних хребтів. Низькогірний рельєф периферійних частин флангових зон поступово переходить у горбистий рельєф ложа океану. На серединних хребтах багато підводних вулканів. Тут виникають крупні лавові плато, до яких належать основні групи вулканів. В Атлантичному океані такими районами є Ісландія, Азорське плато, острови Тристан-да-Кунья та Гоф. Тут поширені виключно поверхневі землетруси з глибинами центрів утворення не більше 30–50 км [15; 9; 10].

Ложе океану. Рельєф ложа океану характеризується поєднанням обширних улоговин розділених підняттями. Дно улоговин відрізняється майже повсюдним поширенням горбистого рельєфу або ж рельєфу абісальних пагорбів. Майже повсюди абісальні пагорби вкриті шаром донних відкладів. Там, де осади вкривають суцільним шаром нерівності корінного ложа, утворюються плоскі абісальні рівнини. Вони трапляються досить рідко й займають не більше 8 % площі дна улоговин.

Над дном улоговин височіють підводні гори – гори або вершини на підводних хребтах, що стоять окремо. Підводні гори, як і абісальні пагорби, мають переважно вулканічне походження. Деякі з них настільки високі, що виступають над рівнем моря та утворюють вулканічні острови.

Місцями в межах ложа океану виявляються долини, інколи довжиною в декілька тисяч кілометрів. Ложе океану асейсмічне й тут, зазвичай, не буває землетрусів. Однак у деяких хребтах і навіть окремих горах інколи проявляється сучасний вулканізм (Гавайський хребет та ін.). Найхарактернішою рисою рельєфу й тектоніки ложа океану є зони океанічних розломів (наприклад зони розломів у східній частині Тихого океану) [9; 15; 17].

4. Солоність і деякі фізичні властивості морської води. Морська вода – найпоширеніша речовина на поверхні Землі, дуже складний хімічний розчин, у якому є близько 60 компонентів, причому їх співвідношення відрізняється значною постійністю. Сумарний уміст твердих розчинених речовин в 1 кг морської води, виражається у проміле (‰) та називається **солоністю води** [9; 15].

Тільки 13 елементів таблиці Менделєєва (Cl, S, C, Sr, Na, K, Mg, Br, B, Si, F, Rb, N) міститься у воді в кількості більше 0,1 мг/л. Виділяється дуже великий уміст окремих компонентів (Cl – 19 500 мг/л, Na – 10 833, Mg – 1 311, S – 910 мг/л). Окрім мінеральних елементів, у морській воді наявна також органічна речовина – близько 2 мг/л. Солоність – достатньо стабільна характеристика вод океану, середня солоність Світового океану коливається від 32 до 37 ‰ – на поверхні, від 34 до 35 ‰ – у придонних шарах води.

Солоність і температура води визначають щільність води. Середня щільність морської води – більше одиниці, найвища – характерна для поверхневого шару в тропіках і придонних вод на великих глибинах. За теплоємністю вода поступається тільки рідкому аміаку та водню. Завдяки високій теплоємності вона довго зберігає свої температурні характеристики. А оскільки температура найбільшої щільності солоної води нижча нуля, конвекційний процес безмежний, відбувається широкий обмін газами й розчиненими речовинами між поверхневими та глибинними водами.

5. Водний баланс Світового океану. Щорічно з поверхні океану випаровується 505 тис. км³ води. Прибуткову частину

балансу складають атмосферні опади – 458 тис. км³ і річковий стік із материків – 47 тис. км³, а також підземний стік. При загальному об'ємі гідросфери, близькому до 1420 млн км³, лише дуже невелика частина (близько 0,04 %) бере участь у кругообігу води, але й цього достатньо, щоб здійснювати величезний вплив на всі фізико-географічні процеси на планеті.

У геологічному минулому рівень Світового океану багаторазово змінювався. Це знайшло своє відображення в трансгресивних та регресивних серіях відкладів, залишених океаном на материках. Багаторічні спостереження за рівнем океану (близько 200 років) показують, що рівень Світового океану щорічно підвищується, причому в минулому столітті швидкість підйому його рівня становив близько 1,2 мм / рік, є незбалансованість бюджету прибутку й видатку води в океані [9; 16].

6. Термічний режим океану. Хід температури повітря над океаном відрізняється значно меншими амплітудами температур, ніж над суходолом. Добові зміни температури води на більшості поверхні океану складає 0,5–1°C, річна амплітуда – декілька градусів (5–10°C, залежно від широти). Найбільш теплі води – в екваторіальній зоні, де максимальні річні температури – 26–28°C. У цілому екваторіальні та тропічні води чітко окреслюються ізотермою 25°C і лише східні окраїни Атлантичного й Тихого океанів виділяються більш низькими температурами.

Середня температура води океану – 17,5°C. Найтеплішим є Тихий океан (19,4°C), найхолоднішим – Північний Льодовитий (–0,75°C). Східні райони океанів в екваторіально-тропічній зоні холодніші від західних, а в помірному поясі в Атлантиці – навпаки, більш тепла вода в східній окраїні.

Із глибиною температура води знижується, причому на деякій глибині (від 100 до 700 м) виразно виділяється шар із дуже різким градієнтом температур, так званий головний термоклін. Нижче від головного термокліну температура води знижується дуже повільно, досягаючи в придонних шарах 1–2,5°C, а в арктичних і приантарктичних водах – від –0,2°C до –1,3°C.

Льодовий режим Світового океану визначається тим, що на більшій частині його поверхні температура води протягом усього року вище точки замерзання солоної води, тому кригоутворення можливе лише в полярних широтах. У помірних широтах сезонний льодовий покрив є лише в небагатьох, переважно мілководних

морях. В Антарктиці характерне розповсюдження шельфових льодовиків, при відламуванні краю яких утворюються айсберги. В Арктиці утворення айсбергів пов'язане з відламуванням країв вивідних льодовиків. Завдяки величезній масі й великій теплоємності води айсберги можуть зберігатися дуже довго та здатні досягати в Північній півкулі – 50° , а в Південній – навіть 30° широти [9; 15].

7. Поверхнева циркуляція вод Світового океану. Поверхнева циркуляція вод визначається загальними законами циркуляції атмосфери, які, зі свого боку, обумовлені обертанням Землі навколо своєї осі. У зв'язку з цим виникли так звані постійні течії Світового океану. Пасатна атмосферна циркуляція викликає в обох півкулях у субекваторіальних зонах утворення пасатних течій, що перетинають океан зі сходу на захід. При підході пасатної течії до суходолу вона розгалужується. Гілки, що спрямовуються на південь у Північній півкулі й на північ у Південній, живлять екваторіальні течії, які, на протилежність пасатним, спрямовані із заходу на схід.

Гілка північної пасатної течії, що прямує на північ, живить самостійну течію, яка також поступово під дією сили Коріоліса та західних потоків повітря перетворюється в течію, що перетинає океан із заходу на схід (наприклад Північноатлантична течія).

У Південній півкулі південна гілка утворюється при роздвоєнні пасатної течії й формує потік теплих вод, спрямованих на південь. Ще південніше, у поясі суцільного водного простору, що оперізує Землю в межах $40\text{--}50^\circ$ південної широти, під дією притаманної цим широтам західної повітряної циркуляції виникає потужна трансокеанічна течія Західних Вітрів, яка поблизу закінчень південних материків утворює відгалуження у вигляді холодних течій – Перуанської, Бенгельської та Західноавстралійської [9; 15].

У цілому течії створюють систему кругообігів циклонічного й антициклонічного характеру, що закономірно з півночі на південь змінюють один одного.

Розподіл течій на поверхні океану обумовлюють в одних зонах збігання потоків, а в інших – розбігання. Перші називаються зонами конвергенції, другі – зонами дивергенції [9; 15].

У зонах конвергенції створюється надлишок води, який викликає занурення вод на глибину. У зонах же дивергенції розбігання поверхневих потоків створює сприятливі умови для

висхідних рухів глибинних вод. Ці зони підймання глибинних вод на поверхню називаються зонами апвелінгу, а сам процес – **апвелінгом**. Зони апвелінгу виникають також у результаті дії потужних змінних вітрів, які систематично видаляють прогріті поверхневі води й створюють умови для підймання холодних глибинних вод.

8. Хвильові рухи в океані. Серед різноманітних рухів, яким підпорядкована водна товща океану, важливе місце займають хвильові рухи, а серед них – вітрове хвилювання та припливно-відпливні рухи.

Під впливом повітряних потоків на поверхневому шарі морської води виникають коливальні хвильові рухи. Це і є *вітрове хвилювання*. Інтенсивність хвильового руху оцінюється енергією хвиль, яка перебуває в прямій квадратичній залежності від висоти хвилі. Чим сильніший вітер, тим значніше хвилювання.

У відкритому морі хвилювання може бути уподібнене руху часток за круговими замкнутими орбітами, особливо тоді, коли вітер уже стих, а коливальний рух води ще продовжується, але в більш упорядкованому вигляді. Такі хвилі називаються хвилями брижів, або просто *брижами*. Інтенсивність хвилювання визначається інтенсивністю вітру [9; 15].

Зони дії пасатів характеризуються помірним вітровим хвилюванням, але і в них досить широко представлені хвилі брижів, джерелами яких є сильні вітрові хвилювання зон західної повітряної циркуляції. Екваторіальна зона відрізняється найбільш слабким вітровим хвилюванням.

Періодичні припливно-відпливні рухи води в океані, обумовлені силами тяжіння Місяця та Сонця, також являють собою хвильові рухи. Ці хвилі дуже великої довжини й великого періоду. Залежно від низки умов у різних районах узбережжя Світового океану відзначаються напівдобові та добові припливи. Найбільш високий приплив у внутрішній затоці Фанді (18 м) великої затоки Мен у Північній Америці, у Євразії висота припливів понад 10 м досягає в Мезенській губі (Біле море), а також у Пенженській губі в Охотському морі.

9. Вертикальне перемішування океанічних вод. У динаміці вод і житті океану величезна роль належить вертикальній циркуляції. Головними чинниками перемішування океанічних вод є хвилі, припливно-відпливні рухи, постійні течії, а також чинник

щільності води. Щільна холодна вода та вода з підвищеною солоністю мають тенденцію до опускання на глибину. При цьому вони витісняють глибинні води а ті починають підійматися догори. Води опускаються також у зонах конвергенції та здіймаються в зонах дивергенції. Апвелінгу сприяє й ефект вітрового згону поверхневих вод [9; 15]. У збагаченні поверхневих вод тропіків біогенними елементами більше значення має підйом холодних вод, багатих мінеральними сполуками, із глибин 100–300 м. *Апвелінг* утворюється і біля берегів, і у відкритому океані. Температура поверхневих вод у районах його дії на 6–8°C нижча. Найбільш потужні прибережні апвелінги існують біля берегів Каліфорнії, Перу, Північно-Західної й Південно-Західної Африки. Океанічний апвелінг виникає на межі течій зустрічних напрямів. В Атлантиці межа океанічного апвелінгу тягнеться від 6–5° пд. ш. до 7–8°С пн ш. [10].

Опускання поверхневих вод на глибину, а також підйом глибинних вод на поверхню океану має величезне значення. При зануренні поверхневих вод забезпечується аерація глибинних шарів водної товщі. Це сприяє розвитку життя в океані на будь-якій глибині. Разом із тим аерація обумовлює розвиток окислювальних процесів на дні океану. **Підйом глибинних вод** обумовлює притік біогенних речовин до поверхні, стимулюючи пишний розквіт життя в зоні апвелінгу. При опусканні сильно вихолоджених арктичних та особливо антарктичних вод утворюється система донних течій, які відіграють важливу роль у переносі осадових, побудові акумулятивних форм рельєфу на великих глибинах, а інколи в ерозії дна. Ці ж води формують донні водні маси в океані. *Горизонтальне й вертикальне перемішування – це основний механізм перерозподілу в океані температури та солоності.*

10. Поняття про водні маси Світового океану. У результаті динамічних процесів, що протікають у товщі океанічних вод, установлюється більш-менш усталена стратифікація, відбувається відокремлення так званих водних мас. **Водна маса** – це води, що відрізняються притаманними тільки їм консервативними властивостями (температура, щільність, солоність), які вони отримали в певних районах земної кулі та які зберігаються в межах усього простору, який вони займають.

Водні маси Світового океану поділяються на поверхневі, проміжні, глибинні й придонні. Основні типи водних мас діляться

на підтипи. Так, поверхневі водні маси діляться на екваторіальні (Е), тропічні (ПнТ і ПдТ), помірні (ПнП та ПдП) субарктичні (СбАр), субантарктичні (СбАн), арктичні (Ар), антарктичні (Ан).

Поверхневі водні маси найбільш мінливі за своїми характеристиками й найбільш рухливі, тому що постійно перебувають у контакті з атмосферою. Товщина шару поверхневих водних мас коливається в межах 200–250 м [9; 15].

Проміжні маси відзначаються в полярних областях підвищеною температурою, а в помірних і тропічних широтах – зниженою або підвищеною солоністю. Нижня їхня межа коливається між глибинами 1000 – 2000 м. У них також виділяється низка підтипів. Основна частина проміжних вод формується через трансформацію поверхневих вод, що опускаються в зоні субполярної конвергенції. Вони переміщуються з меншими швидкостями, ніж поверхневі води, і переважно в напрямку від субполярних областей до екватора.

Глибинні водні маси утворюються у високих широтах в результаті перемішування поверхневих і проміжних водних мас та їх охолодження на шельфах. Через низьку температуру вони дуже щільні, тому сповзають по шельфу, потім – по материковому схилу й розтікаються в улоговинах у напрямку екватора. Нижня межа глибинних вод лежить на глибині 4 – 4,5 тис. м. Температури глибинних вод – 3–5 °С, солоність – до 35 ‰.

Придонні водні маси відрізняються найбільш низькими температурами й найбільшою щільністю. Вони утворюються за рахунок подальшого опускання глибинних вод і переважно завдяки охолодженню вод на шельфах Арктики та Антарктики. Ці води мають значні горизонтальні пересування, утворюючи на дні систему донних абісальних течій, загальний напрямок яких здебільшого контролюється рельєфом дна.

Динаміка вод океану – найважливіша умова, яка забезпечує розвиток життя й визначає геологічні процеси в океані.

11. Основні компоненти біосфери в океані. Океан – це середовище існування різноманітних організмів. В океані проживає близько 150 тис. видів тварин і 15 тис. видів рослин, особливо багато одноклітинних організмів, зокрема одноклітинних водоростей, які складають до 80 % усієї фітомаси океану. Ще недавно багатство й велика чисельність органічного світу в океані різко переоцінювалися. За сучасними даними на частку океану

припадає близько 40 % первинної продукції та не більше 0,5 % усієї біомаси планети.

В океані виділяється дві області життя: **пелагіаль** – поверхня й товща вод морів та океанів, а також **бенталь** – дно океану [9; 15].

У пелагіалі найбільш населена верхня 50-метрова товща води, але й тут життя поширюється нерівномірно. Ближче до берега воно незрівнянно багатше, ніж у відкритому океані.

У бенталі також більша частина життя зосереджена на малих приберегових глибинах.

На 7,6 % площі океану, що лежить на глибинах менше 200 м, зосереджено 59 % усієї біомаси океану. На ту частину океану, що має глибини від 200 до 3000 м (16,5 % площі), припадає 31,1 % біомаси, а на глибини понад 3 тис. м (75,9 % площі океану) – тільки 9,5 %.

Найбільшу насиченість життям мають прибережні води, а також субполярні води в обох півкулях. Підвищеною кількістю первинної продукції характеризуються пригирлові ділянки океанів, а також зони апвелінгу: Біскайська затока, райони Канарської, Перуанської, Бенгальської течій, райони зародження пасатів, вітрів сорокових широт Південної півкулі, область мусонної циркуляції в північній частині Індійського океану.

В помірних широтах у процесах збагачення поверхневої водної товщі біогенними елементами велике значення мають сезонні зміни температури повітря й води. Зимові холодні води з початку прогрівання поступово спускаються на глибину, викликаючи, зі свого боку, підйом глибинних вод на поверхню. Цей процес забезпечує розквіт життя, наприклад, у північних районах Атлантичного океану, в таких класичних рибпромислових районах, як Ньюфаундлендська банка, Норвезьке море, пригренландські води й ін.

Ділянки сталого опускання вод в області конвергенції бідні на життя. Мала первинна продукція також і в тропічних водах відкритого океану.

11. Біогеографічні області Світового океану. Океан за особливостями органічного світу ділиться на біогеографічні області. Відсутність різких кордонів, нездоланих перешкод і поступовість зміни життєвих умов на поверхні Світового океану сприяє тому, що ці області значною мірою збігаються з певними фізико-географічними зонами або включають навіть декілька зон.

Біогеографічні області океану – це дуже великі акваторіальні одиниці, які виходять далеко за межі поняття «область» у його звичайному географічному розумінні. У Світовому океані виділяються такі біогеографічні області: *Арктична, Північно-Тихоокеанська, Північно-Атлантична, Тропічно-Індотихоокеанська, Тропічно-Атлантична та Антарктична*. Кожна з них, зі свого боку, поділяється на літоральну (прибережну) та пелагіальну підобласті [15].

Обширна *Антарктична* область за природними умовами подібна до Арктичної у своїй південній частині (циркумпольна Антарктична підобласть). Серед риб найбільш характерні нототенієві. Із ссавців ендемічні південний і малий кити та деякі види ластоногих.

Північно-Атлантична й Північно-Тихоокеанська (або Бореальні) області відповідають субарктичним і помірним умовам температур повітря та води. Рослинний і тваринний світ більш багатий, порівняно з Арктичною й Антарктичною областями. Продуктивність його дуже висока, тут зосереджені найважливіші райони рибного промислу. Із риб для Північно-Атлантичної області найбільш характерні тріска, пікша, сайда, різні камбалові, губан, кефаль, султанка. Типові крупні ракоподібні – омари, лангусти, креветки. Із ссавців є тюлені, а з птахів – чайки, кайри, гагари, чистикові.

У *Північно-Тихоокеанській області* найпоширенішими є лососеві риби, далекосхідна сардина, а з безхребетних – камчатський краб. Характерні ссавці – морський котик, сивуч, калан, китоподібні, серед птахів найпоширеніші різноманітні чистикові.

Тропічно-Атлантична й Тропічно-Індотихоокеанська області мають схожі природні умови, обумовлені їх екваторіально-тропічним положенням, постійно теплими водами, гарним освітленням. У цих областях найбільше проявляється різна щільність населеності прибережних вод пелагіалі, особливо тих її частин, де панує антициклоніальна циркуляція, яка зумовлює опускання вод. Щільність населення тут менша, ніж у бореальних областях, але видовий склад більш різноманітний. Із риб характерні різні акуліві, скати, летючі риби, зрослощелепні (іжак-риба), тунці тощо. Тільки в межах цих областей поширені колоніальні корали, що складають цілком специфічні літоральні біоценози. Особливо характерні вони для

Індотихоокеанської області. Із ссавців у Тропіко-Індотихоокеанській області специфічні – малий кашалот, дельфінові, у Тропіко-Атлантичній – ламантини, серед птахів – фаєтони й фрегати [15].

Арктична область характеризується постійно низькою температурою води, крижаним покривом, відносно малою солоністю. Склад фауни та флори бідний, продуктивність організмів невелика. Лише влітку біля крижаного узбережжя розвивається рясний фітопланктон; відповідно, виникають умови й для розвитку зоопланктону та інших тварин. Нині тут багато різних видів риби, з'являються тюлені, китоподібні, моржі, білі ведмеді. Центральна частина Арктичної області завжди покрита кригою та найбільш бідна за видовим складом і біомасою.

Контрольні питання

- 1. Охарактеризуйте рельєф дна Світового океану.*
- 2. Яка будова земної кори під Світовим океаном?*
- 3. Охарактеризуйте підводні окраїни материків та шельф.*
- 4. Охарактеризуйте материковий схил та материкове підніжжя.*
- 5. Дайте характеристику перехідних зон океану.*
- 6. Назвіть серединно-океанічні хребти.*
- 7. Охарактеризуйте ложе океану.*
- 8. Поняття «солоність» та інші важливі фізичні властивості морської води.*
- 9. Водний баланс Світового океану.*
- 10. Термічний режим океану.*
- 11. Поверхнева циркуляція Світового океану.*
- 12. Хвильові рухи в океані.*
- 13. Назвіть типи водних мас.*
- 14. Які основні компоненти біосфери в океані?*
- 15. Охарактеризуйте біогеографічні області Світового океану.*

§ 3. Типи континентальних водних об'єктів та їх характеристика

Континентальні водоймища, розміщені в заглибленнях суші, можуть бути природними й штучними. Перші переважно представлені річками, озерами, болотами, лиманами, другі – каналами, водосховищами й ставками. Континентальні водоймища

здебільшого прісні, іноді вони бувають солонуватими, солоними (деякі безстічні озера) [5; 7].

1. Загальна характеристика річок. Умови життя. Річки – водойми, водна маса яких переміщається від витoku до гирла внаслідок різниці їх положення над рівнем моря, під впливом сили тяжіння. Річки за умовами протікання бувають рівнинними, напівгірськими та гірськими; за розміром басейну – великі, середні, малі. Річки, які виносять свої води в океани, моря або озера, називаються *головними* а ті, що впадають у них – *притоками*. Сукупність усіх річок, які скидають свої води через головну річку, утворюють *річкову систему*. Частина суші, зайнята річковою системою та відокремлена вододілами від інших ділянок, утворює *річковий басейн*, а поверхня, із якою вона збирає води, – *водозбірну площу*. Річки зазвичай течуть у вузьких пониженнях – *долинах*, у яких розрізняють найбільш знижену частину – *ложе*, поглиблення в ложі – *корінне русло*, яким вода тече в період між повеннями, або в *межень*, і *заплавне русло*, або *заплава*, – частина дна (ложа) долини, якою вода тече в повінь. У напрямі від витoku до гирла розрізняють *верхню*, *середню* й *нижню течії* річок. Для верхньої течії характерні відносна маловодність, значна крутизна ухилу та, відповідно, висока швидкість потоку води. Із переходом до середньої й нижньої течій ухил русла зменшується, річка стає багатоводнішою за рахунок приток, швидкість руху води вповільнюється. У верхів'ях річок, де швидкості течії високі, переважно відбувається розмив ложа та надходження у воду продуктів його руйнування. Тому дно річки в її верхів'ї представлене материнськими породами, що утворюють корінні ґрунти. Лише в небагатьох затишних місцях, де відбувається осадження, або *седиментація*, зваженого у воді матеріалу, корінні ґрунти прикриваються зверху наносними. У середній течії річки процеси розмиву й намивання приблизно врівноважують один одного й ґрунт, що змивається в одних місцях, відкладається в інших, дно річки тільки зрідка представлене материнськими породами, здебільшого ж покрите наносними ґрунтами. У нижній течії річок наносні ґрунти (пісок, мул) стають єдиними [10; 15].

Рух води в річках викликає розмив, або *ерозію*, її ложа в глибинному й бічному напрямках. Ґрунт, що змивається в одних місцях, переноситься течією та відкладається в інших, унаслідок чого конфігурація ложа в горизонтальному й вертикальному

напрямах безперервно міняється. У річках Північної півкулі, що течуть у широтному напрямі, правий берег під впливом сил Коріоліса розмивається та стає крутим, лівий наливається й має пологі форму (у Південній півкулі – навпаки). У результаті бічної ерозії річка в її середній течії часто міняє контури берегів, ніби блукає долиною, або *меандрує*, утворюючи петлі, чи *меандри*. Річки є посередниками в процесах водообміну між сушею й Світовим океаном. Через них в океан повертається та вода, що випаровується з нього, яка випадає на сушу у вигляді опадів. Кількість води, що виноситься річками, або їх *стік*, досягає близько 42 тис. км³ на рік. Разом із водним стоком формується *твердий стік* – винесення річковими водами всіляких твердих компонентів, *стік розчинених речовин і біостік*. [10; 15].

Найбільше значення для мешканців річок серед абіотичних чинників мають рівневий і паводковий режими, швидкість течії, прозорість, температура й сольовий склад води, а для мешканців дна, окрім того, ще й характер ґрунтів.

Рівневий режим визначається співвідношенням надходження й витрати води. Живлення річок може бути дощовим, сніговим, льодовиковим і підземним. Здебільшого живлення змішане, причому співвідношення його окремих форм змінюється в різних ділянках і в різний час року. Дощове живлення річок переважає в місцевостях із морським кліматом, снігове – там, де континентальний клімат, льодовикове – у високогірних районах, підземне – у посушливий час і взимку, коли річки покриті льодом, що виключає інші форми живлення. Підвищення рівня річки відбувається в результаті різкого посилення дощового, снігового або льодовикового живлення в ті або інші сезони, у край різні в окремих районах. Рівень води під час паводків може підніматися на 10–15 м. Швидкість течії залежить переважно від ухилу ложа, коливань рівня й величини перерізу річки. Із просуванням від витоку до гирла швидкість течії поступово сповільнюється. У придонних шарах течія слабша, ніж у товщі води або на поверхні. Там, де русло, розширюючись і заглиблюючись, утворює плесо, течія слабшає, а в місцях звуження або зменшення глибини – на перекатах – зростає. Потік води в річках має не ламінарний (лінійний), а *турбулентний характер*, коли утворюються всілякі завихрення, що обумовлюють енергійне перемішування водної маси та вирівнювання всіх гідрологічних градієнтів (температурних, сольових, газових й ін.).

Температура залежить від характеру живлення річки, клімату

району, де вона протікає, і різних гідрологічних особливостей. Великі річки, що протікають у широтному напрямі, несуть теплі води у високі широти й холодні – у низькі. Оскільки вода в річках інтенсивно перемішується, її температура в різних ділянках потоку схожа. Сезонні коливання температури в річках вкладаються в амплітуду 0–30°C, добові досягають 10–20°C у витоках гірських річок й 1–1,2°C – у рівнинних [10; 15].

Світло швидко згасає в річковій воді, якщо в ній багато завислих речовин, і доходить до дна, коли прозорість достатньо висока. Прозорість до дна спостерігається в гірських річках, що протікають породами, які не розмиваються, і бідних планктоном. У рівнинних річках прозорість сильно змінюється з переходом від паводкового періоду (найбільша каламутність) до меженого.

Завислі речовини в найбільшій кількості наявні у воді, коли швидкість її течії велика й ложе складається з м'яких порід. Крім завислих частинок, річкова вода може переміщувати по дну крупніший матеріал – гравій, гальку.

Мінералізація води змінюється за сезонами року, помітно знижуючись під час паводків. Уміст біогенів у річках залежить від їхнього характеру та сезону року. Кількість фосфатів у рівнинних річках виражається, десятими й сотими долями міліграма на літр, помітно менше їх у гірських потоках. Концентрація солей азоту вища, ніж фосфатів. Розчинені органічні речовини трапляються в річковій воді в різних кількостях залежно від характеру живлення. Перманганатна окисленість води в річках льодовикового живлення зазвичай не перевищує 1–2 мг / л O_2 , при сніговому й дощовому живленні може підніматися до 15–20 мг / л O_2 (наприклад у Волзі). Особливо велика та, що окисляється в річках із болотяною водою – до 64 мг / л O_2 (у деяких притоках р. Об) під час рясного дощу з поверхні суші (паводки) окисленість річкових вод помітно підвищується.

Газовий режим річок, коли вони не вкриті крижаним покривом, зазвичай сприятливий для життя. Із моменту льодоставу концентрація кисню у воді поступово падає і її мінімум спостерігається перед льодоходом. У річках із водою, що швидко окислюється в зимовий час, коли надходження кисню з атмосфери практично виключається, газовий режим різко погіршується й нерідко спостерігаються замори. Вуглекислоти в річковій воді влітку небагато, узимку її концентрація помітно зростає, особливо в

річках із водою, що швидко окислюється. Сірководень у річкових водах практично відсутній, якщо вони не забруднені великою кількістю різних побутових і промислових стоків [1].

2. Загальна характеристика озер та боліт. Умови життя.
Озеро – природна западина на земній поверхні різної величини і форми, заповнена прісними або солоними водами з уповільненим водообміном. За походженням озерної улоговини розрізняють озера *тектонічні*, утворені в результаті зрушень і розломів у земній корі (Байкал, Танганьїка та ін.), *реліктові* (наприклад Каспійське й Азовське моря – залишки моря Сармата, що відокремилися від Чорного моря після підняття суші), *льодовикові*, такі, що виникли при відступі льодовиків у плейстоценовий час (численні озера Скандинавії, Карелії тощо), *карстові* або *провальні*, *еолові*, *вулканічні*. Для зони вічної мерзлоти характерні *термокарстові* озера. У долинах річок численні *заплавні* озера – відділені ділянки колишнього русла. Біля морського узбережжя трапляються озероподібні водойми – *лагуни* й *лимани*. Перші з них – відділені морські затоки, другі виникають у результаті загачування річок піщаними косами [10; 12].

За характером водного живлення розрізняють озера *безстічні*, що отримують воду з джерел та атмосферних опадів, *стічні* – із тим самим характером живлення, що й попередні, але такі, що мають стік, *проточні*, або *річкові*, – що мають притік і стік, та *гірлові* – такі, що мають притік, але позбавлені стоку. Якщо притік вищий за стік і різниця компенсується випаровуванням, в озерах, особливо гірлових, може відбуватися осолонцювання води [8; 12].

Улоговина озера зазвичай утворена *підводною терасою*, що характеризується поступовим слабким пониженням суші, далі йде *схил*, крутіший кут пониження, що переходить у *котловину*, яка займає велику частину озерного дна. Відповідно до названих ділянок в озерній бенталі прийнято виділяти *літораль* – прибережне мілководдя, *сублітораль*, яка тягнеться до нижньої межі розповсюдження донної рослинності, і *профундаль*, що охоплює решту площі озерного дна (є тільки в дуже глибоких озерах). Пелагіаль озера ділиться на прибережну, лежачу над підводною терасою, і власне пелагіаль, розміщену над схилом та котловиною. По вертикалі водна маса озер розділяється на верхній шар – епілімніон, у якому температура зазнає різких сезонних і добових коливань, нижній, або *гіполімніон*, де температура

протягом року міняється слабо, та проміжний, або *металімніон*, – шар температурного стрибка.

За біологічною класифікацією, прісноводні озера поділяються на *евтрофні*, *мезо-*, *оліго* й *дистрофні*. До **евтрофних** належать неглибокі (до 10–15 м) рівнинні озера з рясним надходженням біогенів. Улітку в них у масовій кількості розвивається фітопланктон, зокрема синьо-зелені водорості та, відповідно, рясні бактеріо- й зоопланктон, зообентос і риби. Ґрунти мулисті, прозорість води низька, її колір – від зеленого до буро-зеленого, літораль добре виражена, сильно заростає макрофітами. Водна маса гіполімніону, порівняно з епілімніоном, мала, бідна киснем, а на початку літньої й зимової стагнації зовсім позбавляється його. Водна товща прогрівається до дна [18; 19].

Оліготрофні озера характеризуються слабким надходженням біогенів, тому фітопланктону в них мало й, відповідно, кількісно бідні бактеріо- та зоопланктон, зообентос і риби. Зазвичай вони розміщені на кристалічних породах, глибокі (понад 30 м), гіполімніон за об'ємом перевершує епілімніон, багатий киснем. Поглинання останнього відбувається слабо й навіть до кінця літньої стагнації насиченість води киснем досягає 60–70 %. Прозорість води висока, гумінових речовин дуже мало, літораль розвинена слабо, донні відкладення бідні органікою. До **мезотрофних** належать озера, що займають проміжне положення між оліго- й ефтрофними озерами. **Дистрофні** озера є неглибокими водоймами із сильногуміфікованою водою, часто заболочені, із торф'янистими відкладеннями на дні, що виключають контакт води з ґрунтом, тому вода слабомінералізована та, зокрема, бідна біогенами. Планктон і бентос дистрофних озер дуже бідні, часто вони безрибні.

До провідних чинників абіотичного середовища в озерах належать рух води, температура, світло, розчинені у воді речовини й характер ґрунтів. Рух води може виявлятися у формі течій, хвилювань, турбулентного перемішування. Градієнтні течії обумовлюються різною щільністю водних мас. Найбільше значення мають течії, що викликаються вітровою денівеляцією. Біля навітряного берега рівень води внаслідок нагону підвищується, і вона, опускаючись углиб, утворює глибинну течію в бік підвітряного берега. Тут вода в місцях згону піднімається вгору, звідки під дією вітру переміщається до навітряного берега. Виникає

циркуляція, здатна охоплювати всю водну масу озера.

Коливальні рухи виявляються у формі хвиль і *сейш* (стоячих періодичних коливань усієї водної маси озер). Хвилі утворюються в результаті тертя повітря об воду. Сейші виникають, коли після раптового припинення вітру, що зганяє воду в один кінець озера, починається зворотна течія до підвітряного берега й рівень води стає тут вищим від нормального. Потім вода рухається у зворотному напрямі, що викликає підвищення рівня біля підвітряного берега тощо [10].

Температурний режим озер залежить від їх географічного положення та особливостей вертикальної циркуляції вод й переважно залежить від температурних контрастів в атмосфері, властивих цій кліматичній зоні. Велику роль у перемішуванні води відіграє вітрова діяльність, залежна від рельєфу місцевості.

У більшості озер помірних широт улітку й зимою спостерігається різко виражена температурна дихотомія (різниця температури поверхневих та придонних водних мас) та, відповідно, стратифікація води. У результаті цього вертикальна циркуляція води порушується та у водоймищі настає період застою, або стагнації. Навесні холодна поверхнева вода нагрівається до 4°C і, стаючи найбільш щільною, починає занурюватись углиб, а на її місце знизу піднімається менш щільна вода. У результаті такої циркуляції в водоймищі настає гомотермія, коли температура у всій масі води стає однаковою, рівною 4°C . Із подальшим підвищенням температури поверхневі води, стаючи менш щільними, не занурюються вглиб і поступово прогріваються все більше, так що температурна дихотомія посилюється. Наступає літня стагнація. Восени поверхневі води, охолоджуючись та стаючи щільнішими, починають опускатись углиб, і процес перемішування відбувається до тих пір, поки не наступить нова, осіння гомотермія. Коли поверхневі води почнуть охолоджуватися нижче 4°C , вони як менш щільні, не занурюються вглиб і у водоймищі знову встановлюється температурна дихотомія. Наступає зимова стагнація [10].

У 1892 р. Ф. Форель за особливостями температурного й циркуляційного режимів виділив три типи озер: *помірні* (повна циркуляція весною та осінню), *тропічні* (циркуляція зимою, на поверхні завжди $T > 4^{\circ}\text{C}$) і *полярні* (циркуляція влітку, завжди $T < 4^{\circ}\text{C}$).

Світло проникає на значну глибину тільки в оліготрофних

озерах, прозорість води яких може досягати 40 м. У решті озер прозорість рідко перевищує 2–3 м, і світло поглинається в самому поверхневому шарі. Особливо малопрозорі дистрофні озера з темною, сильно гуміфікованою водою. Із чистотою води пов'язаний її колір, що визначається спектральним складом променистого потоку, що йде з водоймища. Оскільки молекули води найбільше розсіюють сині й блакитні промені, вони переважають у світловому потоці, що виходить із водоймища – і тому чисті озера здаються яскраво-синіми. Завислі частинки розсіюють довгі промені, вода каламутних озер на додаток до синього кольору набуває жовтуватих або коричневих тонів.

Переважає більшість озер належить до *прісних*, менша частина – до *солонуватих*, *солоних* або пересолених. Залежно від складу солей розрізняють *хлоридні*, *содові* й *сірчані озера*. Осолонцювання озер може слабшати або посилюватися у зв'язку з коливаннями клімату та умов водообміну. З іонів, присутніх у воді прісних озер, найбільше значення мають ті, які утворюються при розчиненні карбонатів (близько 60 %), сульфатів, хлоридів, нітратів, сполук кремнію, заліза, марганцю, фосфору. Іноді трапляються озера, солоність яких різко міняється в горизонтальному (оз. Балхаш) або вертикальному (оз. Могильне) напрямках.

Газовий режим цілком сприятливий для гідробіонтів в оліготрофних озерах, де кількість кисню звичайна у всій товщі води близька до нормального й немає сірководню. В евтотрофних озерах кисневий режим сприятливий навесні та восени, коли має місце гомоксигенія. Узимку та влітку, під час стагнації води, уміст кисню в гіполімніоні може різко знижуватися, а поблизу дна – падати майже до 0. Розподіл вуглекислого газу має протилежний характер: біля поверхні його мало, на глибині може в багато разів перевищувати норму. У придонному шарі часто трапляється сірководень. У мезотрофних озерах газовий режим близький до того, який спостерігається в оліготрофних озерах, але кисню в товщі води менше [13].

Озерні ґрунти діляться на *автохтонні* й *алохтонні*. Перші утворюються в самому озері в результаті відкладення на дні продуктів руйнування берегів і залишків відмерлих організмів. Другі приносяться річками (мул, пісок, гравій, галька, валуни), вітром (пісок, пил) та іншими агентами. **Алохтонні ґрунти** характерні для прибережної зони озер, **автохтонні** – для

субліторалі й особливо – профундалі. Кількість органічної речовини в ґрунтах озер зазвичай вища, ніж у річкових осадах. Озерні ґрунти з високим умістом органічної речовини за відсутності кисню іноді перетворюються в м'яку колоїдну масу, багату жирними, азотистими речовинами – *сапропель*.

Болото – надмірно зволожена земельна ділянка із застоюючим водним режимом, яка має шар торфу не менше 30 см. вкрита специфічною рослинністю. **Заболочені землі** – це надмірно зволожені ділянки земної поверхні із шаром торфу не менше 30 см. Загалом болота поділяються на дві великі групи: *заболочені землі* (торфові болота арктичної тундри, очеретяні та осокові болота лісостепу, засолені болота степу, заболочені тропічні ліси, тощо) і *торфові болота*, які за характером водно-мінерального живлення, формою поверхні та складом рослинності поділяються на три типи: *низинні* (мають ввігнуту або плоску поверхню із застійним характером водного режиму, розповсюджені на місцях колишніх озер або в заплавах річок, для них характерними є евтрофна рослинність – чорна вільха, береза, очерет, осока тощо), *верхові* (мають опуклу або плоску поверхню з інтенсивнішим накопиченням торфу у центральній частині болота ніж по краях, переважно оліготрофну рослинність – сфагновий білий мох, пухівка, журавлина, тощо), *перехідні* (проміжні болота між низинними і верховими з мезотрофними рослинами – береза, осока, сфагнові мохи та ін). Характерними елементами поверхні болота є *пасма* (витягнуті в довжину підвищені ділянки, відокремлені одне від одного мочарами), *купини та між купинні зниження* (накопичений торф з нерівномірною густиною рослинного покриву), *внутрішньо болотні струмки, озера, мікроозера, трясовини*. Нерідко болота з'являються в результаті заболочування озер, коли від берегів на їх вільній поверхні наростає рослинний килим, що лежить на воді [5; 10].

У болотному масиві виділяють два основних горизонти: *верхній активний шар болота* (шар активного водообміну з періодичним коливанням рівня ґрунтових вод, високою водопроникністю та водовіддачею, великою кількістю аеробних бактерій та мікроорганізмів що сприяють процесу торфоутворення) *інертний шар болота* (постійна кількість води протягом року, повільним вологообміном із підстилаючою поверхнею, яка складена торф'яними відкладами, з відсутністю доступу повітря в пори торфу та аеробних бактерій). Термічний режим боліт залежить від клімату, водно-теплових властивостей торфу та мінеральних ґрунтів. Чим більший

вміст води у торфі тим більша його теплоємність і тим повільніше він нагрівається і охолоджується [13].

3. Загальна характеристика штучних водойм. Умови життя. Найбільше значення серед водоймищ, що споруджуються людиною, мають водосховища, ставки, судноплавні й зрошувальні канали. Окрім того, існує ще багато відстійників, дренажних споруд, наповнюваних водою рисових чеків, водоймищ іригаційних систем, тощо.

Водосховище – це штучна водойма, яка створена водопідпільною спорудою на водотоці для накопичення, зберігання води та регулювання стоку. Зазвичай водосховища споруджуються на річках та озерах, маючи здебільшого комплексне призначення: для отримання електроенергії, забезпечення судноплавства, зрошування земель, питного водопостачання й ін. За способом заповнення водою водосховища можуть бути *загатними* (вода із власного водотоку), та *наливними* (вода з іншого водотоку). За морфометричними характеристиками розрізняють: **долинні** (частина річкової долини) які поділяються на *руслові* (в межах русла та низької заплави річки) та *заплавно-долинні* (затоплені русла, висока заплава); **улоговинні** (розташовані в природних западинах і пониззях місцевості та у штучних кар'єрах). Річкові утворюються в результаті затоплення русла та долини річки (Київське) і мають витягнуту форму, також, водороздільних просторів і межиріч (Рибінське); озерні водосховища виникають при підпорі озер (Іркутське) та заповненні безстічних улоговин (Куюмазарське). За характером накопичення й витрати води водосховища можуть бути *багаторічного, сезонного, тижневого та добового регулювання*. Водосховища річного регулювання забезпечують збільшення об'єму природного стоку в маловодні роки й тому повинні мати значні розміри (уміщати в собі 20–50 % річного стоку річки). Водосховища сезонного регулювання перерозподіляють стік протягом року, накопичуючи воду під час паводків і знижують рівень у літньо-зимовий період. Тижневе й добове регулювання стоку зазвичай пов'язане зі зміною норм вироблення електроенергії в робочі та вихідні дні, у світлий і темний час доби [12; 11].

Об'єм водосховища поділяється на *корисний*, який може спрацьовуватись, і *мертвий*, випуски з якого неможливі.

Важливими параметрами водосховища є *нормальний підпірний рівень (НПР)*, *рівень мертвого об'єму (РМО)* і *форсований підпірний рівень (ФПР)*, допустимий на короткий час при пропуску дуже високих паводків. Улоговина річкових водосховищ украй асиметрична, оскільки повторює контури колишньої долини. Найбільші глибини спостерігаються в затопленому руслі; із просуванням від верхньої ділянки до пригребельної вони зростають.

Характерна особливість водосховищ – часті й притому значні коливання рівня, пов'язані з особливостями графіка запасання води та її витратами на зрошування, вироблення енергії й інші потреби. У зв'язку з пониженням рівня великі прибережні ділянки звільняються від води та влітку висихають, а взимку промерзають, що супроводжується загибеллю багатьох мешканців узбережжя. Оскільки при порівняльній мілководності площа водосховища дуже велика, під час вітрів тут спостерігається сильне хвилювання та енергійне розмивання берегів. У верхній ділянці водосховища гідрологічний режим ближчий до річкового, а в нижній – до озерного. Характерним показником гідрологічного режиму є *коефіцієнт водовідновлення* – відношення річного стоку з водосховища до об'єму. Чим вищий коефіцієнт водообміну, тим проточніше водосховище та його режим ближчий до річкового.

Виключно важливим моментом, що впливає на гідрологічні та біологічні особливості водосховищ, є врегулювання їх рівня за рахунок скидання придонних вод. Останні впродовж вегетаційного періоду відрізняються зниженими температурами, порівняно низьким умістом кисню та високою концентрацією біогенів. Внаслідок скидання цих вод у водосховищі відбувається накопичення тепла, збіднення біогенами й поліпшення кисневих умов біля дна. Одночасно це викликає пониження температури, погіршення кисневого режиму та збагачення біогенами річки нижче за греблю [12].

Ставки – штучно створені водойми місткістю не більшою ніж 1 млн м³. Ставки споруджуються для риборозведення, водопостачання населених пунктів, поливу полів, водопою худоби й низки інших цілей. Ставки можуть бути огорожені греблями, які утворюються в результаті загачування річок і ярів; *копаними*, що також утворені ґрунтовими водами; *наливними*, наповнюваними водою через спеціальні канали з річок і струмків. У всіх випадках

ставки – малі водоймища з невеликою площею водного дзеркала, що часто спускаються на зиму. Унаслідок мілководості вода в ставках сильно перемішується вітром, підняття часток ґрунту різко знижує її прозорість, обмежуючи проникнення сонячної радіації вглиб. Тому, незважаючи на мілководість, у літній час температура біля поверхні часто на декілька градусів вища, ніж біля дна. Скаламучування ґрунту різко посилює процеси взаємодії між ложем і водною товщею, збільшує надходження в неї біогенів та інших речовин із донних відкладень [11; 12].

Канали й водойми зрошувальної системи. Спорудження каналів відбувається для перерозподілу стоку річок, для зрошування, судноплавства, транспорту питної води та інших цілей. Оскільки вода, що транспортується каналами, може використовуватися різними споживачами, вона повинна задовольняти їх не тільки в кількісному відношенні, але й за своєю якістю.

Зрошувальні системи якоюсь мірою нагадують інвертовані річкові. У річковій системі русло займає нижнє положення, а додаткові водоймища розміщуються вище. Навпаки, головний канал зрошувальної системи міститься вище за інші елементи. У головну річку впадають дрібніші, від головного каналу беруть початок відгалуження, що несуть воду споживачам. У головних частинах зрошувальних каналів вода за своїми характеристиками близька до вихідної (річкова або інша), надалі її температура, прозорість і різні гідрохімічні показники змінюються [12].

4. Загальна характеристика підземних вод. За походженням підземні води поділяються на *ґрунтові* (проникаючі з поверхні землі), *ювенільні* (утворюються на великих глибинах з іонів водню та кисню і піднімаються з магматичних й метаморфічних зон), *седиментаційні* (води стародавніх морів та інших водоймищ, похоронені подальшими відкладеннями в глибоких шарах осадових порід). Серед *ґрунтових* розрізняють води *інфільтраційні*, (просочуються із землі на поверхню, через рихлі породи – проникаючі вниз по тріщинах і порожнечах), та *конденсаційні* – (утворюються з пари). У рідкій фазі вода представлена в ґрунтах гігроскопічною, плівковою, капілярною й гравітаційною (вільною). Вільна вода заповнює крупні капіляри та інші порожнечі в породах і таким чином на різних глибинах формуються *водоносні*

горизонти. Кожен такий горизонт підстиляється водотривким шаром. Гравітаційні води горизонту, що залягає на першому водотривкому шарі, називаються *грунтовими*, між двома водотривкими – *між пластовими* [10]. Грунтові води – безнапірні, міжпластові можуть бути безнапірними або напірними; напірні грунтові води називаються *артезіанськими*. До підземних вод також належать *грунтові*, що утримуються на поверхні ґрунтових частинок, і такі, що переміщуються між ними. До *мінеральних* підземних вод відносять ті, які пов'язані із зонами тектонічних розривів, частково відрізняються підвищеною температурою, високим вмістом різних газів та іонів. Із усіх перерахованих типів підземних вод найбільше значення для гідробіонтів мають ґрунтові води.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття «річки». Їх класифікація.
2. Назвіть особливості формування живого населення річкових та озерних екосистем.
3. Дайте визначення поняття «озера». Їх класифікація.
4. Гідрологічна характеристика річок.
5. Гідрологічна характеристика озер.
6. Гідрологічна характеристика боліт.
7. Гідрологічна характеристика підземних вод.
8. Гідрологічна характеристика водосховищ і ставків.

§ 4. Абіотичні чинники гідросфери

1. Фізико-хімічні властивості води: хімічний склад, термічні особливості, щільність, в'язкість, рух води й водні маси. Вода як фізико-хімічне тіло не лише є середовищем існування, а й задовольняє фізіологічні потреби організмів (як і у мешканців суші), служить їм опорою, приносить кисень та їжу, відносить метаболіти, переносить статеві продукти й самих гідробіонтів. Тому властивості води – найважливіший чинник абіотичного середовища водного населення, особливо для бентосних організмів [13].

Хімічний склад і будова води. Молекула води складається з двох атомів водню й одного атома кисню, але, оскільки перші

мають три ізотопних форми, а другі – шість, то може існувати 36 різновидів води, із яких у природі трапляються дев'ять. Ядра водню та кисню, що входять до складу молекули води, утворюють рівнобедрений трикутник і мають дипольний характер. Молекули, дотичні один з одним своїми різнойменними полюсами, утворюють шари. Кожна з них пов'язана з трьома, що належать тому ж шару, і з однією – із сусіднього. При такій структурі виникають численні порожнини розміром більше молекули води, тому щільність льоду – менша за 1. При таненні льоду частина водневих зв'язків руйнується, молекули, що відірвалися, розміщуються в порожнинах початкових агрегатів, щільність води зростає. Після $+ 4^{\circ}\text{C}$ теплове розширення починає переважати над ущільненням, продовжується розрив водневих зв'язків, щільність води починає знижуватися. Розрив усіх зв'язків відбувається тільки під час переходу води в пару [1].

Термічні особливості води. Порівняно з ґрунтом і повітрям, вода відрізняється набагато більшою термостабільністю, що сприятливо для існування життя. Збереженню температурної постійності води сприяє її незвичайно висока теплоємність, рівна $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг. Вода поволі охолоджується й нагрівається при зміні сезонів року, а також часу доби, відіграючи роль важливого регулятора температури. Максимальні її коливання у Світовому океані не перевищують $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$, тоді як у ґрунті та на повітрі вони можуть досягати $110\text{--}120^{\circ}\text{C}$. Підвищенню термостійкості води в природних умовах сприяє її аномальна властивість зменшувати свою щільність із пониженням температури від 4 до 0°C (для прісної води). Розширюючись при замерзанні, вода перетворюється на лід, який, є легшим за воду, плаває на її поверхні й утворює теплоізоляційний шар. Узимку підлідні холодні води не занурюються вглиб, плаваючи на тепліших; улітку прогріті води не опускаються до дна, де містяться холодніші й тому щільніші води. Шаруватість, що утворюється, або температурна *стратифікація*, улітку попереджає прогрівання до дна навіть порівняно мілких водоймищ, а взимку – охолодження всієї водної маси нижче $+ 4^{\circ}\text{C}$. Термостійкості води сприяють у край висока теплота пароутворення ($2,26 \cdot 10^6$ Дж / кг, або 539 кал / г при 100°C) і плавлення льоду ($3,35 \cdot 10^5$ Дж / кг, або 80 кал / г). Коли надходження тепла у водоймища посилюється й вода починає нагріватися, випаровування зростає, унаслідок чого підвищення температури сповільнюється [1; 13].

Щільність води. При $+ 4^{\circ}\text{C}$ вона рівна 1. Щільність прісної

води може підвищуватися за рахунок розчинення в ній різних солей до 1,347 г / см³. Помітно із підвищенням температури міняється щільність води.

Температура, °C	0	+4	+10	+20	+30
Щільність	0,99986	1,00000	0,99972	0,99823	0,99567

Значення щільності води як екологічного чинника пов'язано з її тиском на організм, який на глибинах, вимірюваних кілометрами, виражається сотнями атмосфер. Із поглибленням на 10,3 м у прісну і на 9,986 м у морську воду тиск зростає на 1 атм (ГПа) і в океанічних глибинах може досягати понад 1000 атм (ГПа).

Організми, здатні існувати в широкому діапазоні тиску води, називаються *еврибатними*, а ті, що не витримують великих коливань цього чинника, – *стенобатними*. Наприклад, деякі види голотурії трапляються на глибинах від 100 до 9000 м. Найбільш стійкі до підвищення гідростатичного тиску еврибатні форми витримують 1130 атм (ГПа). Середня стійкість у літоральних донних видів вища, ніж у планктонних. Реакція на підвищення тиску схожа у всіх гідробіонтів: спочатку – збудження й посилення рухової активності, потім – інактивація й загибель.

У багатьох гідробіонтів, зокрема в личинок ракоподібних, головоногих двостулкових молюсків і реброплавів, підвищення тиску викликає рух вгору та позитивний фототаксис, а зниження – зворотну реакцію; очевидно, тиск – важливий чинник, що визначає характер розподілу життя в товщі води. Величина тиску лімітує гідробіонтам глибину занурення – і вони можуть її регулювати, керуючись баричним градієнтом. Особливо важливе значення це має для форм, що регулярно здійснюють значні вертикальні переміщення в товщі води (міграції й ін.). Тиск значною мірою впливає на біологічну структури та метаболічні реакції. Крім порушення рівноваги реакцій, зі зміною тиску спостерігається й інший ефект – іншими стають швидкості реакцій організму.

Органами сприйняття гідростатичного тиску в гідробіонтів служать різні газові камери (плавальні міхури риб, газові включення в цитоплазмі найпростіших, повітроносні порожнини в підошві деяких медуз, у раковинах головоногих і червононогих молюсків та ін.). Зміна тиску в повітряних камерах, що

сприймається різними рецепторами, вказує глибину занурення організму [1; 13].

В'язкість води. Порівняно з іншими рідинами, вода має порівняно малу в'язкість. Мала в'язкість води полегшує організмам плавання, оскільки на подолання внутрішнього тертя шарів води, що приводяться в рух, витрачається порівняно невелика сила. Підвищення температури супроводжується пониженням в'язкості води.

Температура, °C	+10	+20	+30
В'язкість	1,31	1,1	0,87

Зі збільшенням солоності в'язкість води дещо зростає. В'язкість гальмує рух організмів тим більше, чим ближче змістяться один щодо одного шари води. Для дрібних організмів вони розміщуються на дуже невеликих відстанях і тому подолання сил тертя вимагає значних енергетичних витрат. Зміна в'язкості з підвищенням температури й солоності води має істотне значення в житті водного населення, особливо для його дрібних представників, відчутно впливаючи на швидкість їх пересування. Величезний вплив в'язкості води робить на швидкість занурення організмів. В'язкість води полегшує організмам ширяння в її товщі, тому в багатьох гідробіонтів виробилися спеціальні адаптації, направлені на збільшення сил тертя з водою, особливо в літній час, коли її в'язкість у зв'язку з підвищенням температури знижується [1; 13].

Рух води й водні маси. Природні води перебувають у безперервному русі під впливом сили тяжіння, вітру, життєдіяльності гідробіонтів тощо. Рух води виявляється здебільшого у формі течій, хвилювань і турбулентного перемішування.

Велике екологічне значення для водного населення має ступінь перемішування води. У водоймищах завжди виникають вертикальні й горизонтальні градієнти в розподілі температури, солоності, щільності, вмісту кисню та ін. Важливу роль у перемішуванні води відіграють самі гідробіонти. Вони створюють різні турбулентні струми при живленні й диханні, перемішують воду під час активного руху. *Рух води для гідробіонтів має пряме та непряме значення. У*

першому випадку йдеться про перенесення пелагічних організмів у горизонтальному напрямі, переміщення їх після вертикалі й вимивання бентосних форм із ґрунту, їх знесення, що часто супроводжується потоками води, як, наприклад, це спостерігається в струмках і річках. Непрямий вплив руху води на гідробіонтів позначається через принесення поживних речовин і кисню, віднесення метаболітів, вирівнювання температурних та інших гідрологічних градієнтів, через дію на формування ґрунтів. [12].

Хвилі, які переважно викликаються взаємодією водних і повітряних мас, мають особливо велике значення для мешканців узбереж. Життя в зоні прибою вкрай збіднюється, тут існує лише небагато форм, що пристосувалися до ударів хвиль.

Для сприйняття рухів води в гідробіонтів існують різні рецептори. Риби оцінюють швидкість і напрям руху за допомогою *органів бічної лінії*, ракоподібні – *антенами*, молюски – *рецепторами* у виростах мантиї. У дуже багатьох безхребетних є віброрецептори, розміщені в різних частинах тіла, що сприймають коливання води.

2. Фізико-хімічні властивості ґрунтів. З окремих фізико-хімічних властивостей ґрунтів найбільше екологічне значення для донного населення мають розміри частинок, щільність їх прилягання одна до одної й стабільність взаєморозміщення, ступінь змиву течіями та темп акумуляції за рахунок осідання завислого матеріалу. Фізичні властивості ґрунтів насамперед характеризуються їх *механічним* або *гранулометричним*, складом, під яким розуміють розмір зерен донних відкладів.

Дрібнозернисті ґрунти називаються **м'якими**. До них належать глини (*пеліти, алеврити*) і пісок, що мають розмір зерен, відповідно, менше 0,01 мм, 0,01–0,1 і 0,1–1,0 мм. **Жорсткі** ґрунти представлені гравієм (0,1–1 см), галькою (1–10 см), валунами (10–100 см) і глинами (більше 1 м) [13].

Дрібнозернисті ґрунти, залежно від умісту в них тонких фракцій (частинок дрібніше 0,01 мм), поділяються на пісок, мулистий пісок, піскуватий мул, мул і глинистий мул (тонких фракцій, відповідно, до 5, 10, 30, 50 і більше 50 %). Якщо в ґрунті присутні декілька різнорозмірних фракцій, то його називають **змішаним**. Привабливість ґрунтів для гідробіонтів визначається не тільки їх гранулометричним складом, а й багатьма іншими якостями.

Дрібнозернисті ґрунти, особливо мулисті, мають різний ступінь ущільнення й у верхніх шарах лежать більш рихло, ніж у нижніх. У міру ущільнення ґрунтів проживання в них стає скрутнішим, – організми закопуються на меншу глибину. З іншого боку, дуже м'які, напіврідкі ґрунти стають недостатньо опірними й тому несприятливі для існування донних організмів.

Умовами руху всередині ґрунту з різним гранулометричним складом пояснюється різниця в розмірах організмів, що мешкають у піску морських пляжів. Наприклад, у пісках із середнім розміром піщинок більше 0,4 мм зазвичай переважають дрібні й середні інфузорії, що не мають, як правило, явних морфологічних пристосувань до життя в піску; для пісків із розмірами піщинок 0,12–0,4 мм характерні крупні повзаючі інфузорії, зазвичай із витягнутою стрічкоподібною або ниткоподібною формою тіла; у дуже щільних пісках із розміром частинок менше 0,1 мм інфузорії, переважно відсутні.

Украй несприятлива для існування донного населення недостатня стабільність ґрунтів: осідання частинок, знесення поверхневих шарів струменями води й переміщення частинок один щодо одного. У першому випадку мешканці ґрунту засипаються шаром наносів, у другому – вимиваються та відносяться течією, у третьому – перетираються, не можуть укорінитися [13].

Перемішування ґрунтів може викликатися не тільки рухом води, а й діяльністю самих організмів. Наприклад, поліхети *Arenicola* в популяціях із щільністю 40 екз / м² щодня пропускають через свої кишківники 1,5 кг ґрунту, а за рік – близько 0,25 м³, тобто переміщують ґрунт у шарі завглибшки 20–30 см (рис. 1.1).

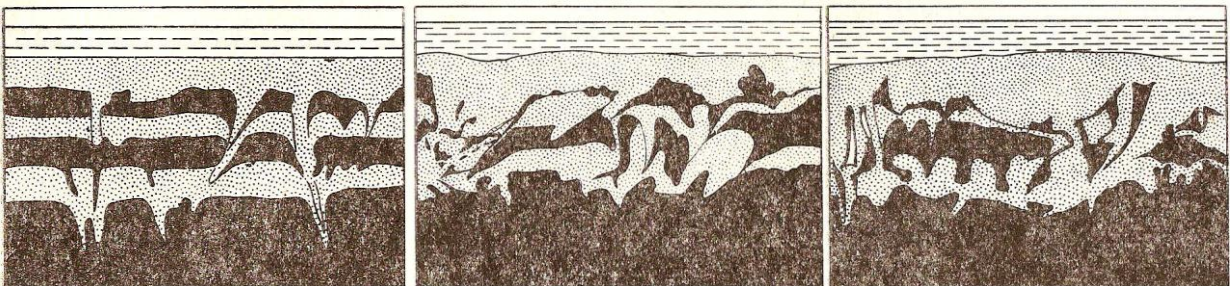


Рис. 1.1. Зміна шаруватості ґрунту, викликана зариванням поліхети

Багато донних тварин харчуються за рахунок пропускання через свої кишківники ґрунту, і тоді важливого екологічного

значення набуває вміст у ньому органічної речовини, яка утворюється в результаті потрапляння в ґрунт залишків організмів на тих або інших стадіях розкладання. Тому для екологічної оцінки ґрунту важливо знати не тільки вміст у ньому загальної кількості органічної речовини, але й склад. Так, мертва органічна речовина океанічних відкладів іноді на 30–35 % представлена гуміновими кислотами та бітумами, які тварини як харчовий матеріал практично не використовують. Так само не доступні для них хітин, клітковина й деякі інші компоненти органічної речовини відкладів [13; 18].

Донні відкладення тісно взаємодіють із водою. Безперервно з ґрунту у воду поступають різні солі, гази, тверді компоненти та назустріч цьому потоку йде інший, що несе в донні відкладення різні мінеральні й органічні речовини з товщі води. Процеси взаємодії між ложем водоймища та його водною масою мають велике значення для життя гідробіонтів.

3. Речовини, що містяться в природній воді: кисень, сірководень, метан, біогени, водневі іони, розчинені органічні речовини, завислі речовини. Природна вода існує не у вигляді хімічної сполуки, що складається з водню та кисню, а є складним комплексом, до складу якого, крім молекул води, входять найрізноманітніші речовини. Усі вони відіграють ту або іншу роль у житті водного населення. Найбільше екологічне значення для нього мають ступінь насичення води різними газами, концентрація іонів мінеральних солей, водневих іонів та органічних речовин, склад і концентрація завислих речовин [1; 13].

Гази. Кількість окремих газів, присутніх у воді, залежить від їх природи, парціального тиску в атмосфері й стану самої води, зокрема її температури та солоності. Та кількість газу, яка може розчинитись у воді за цих умов, називається *нормальною*. Іноді кількість газу виражається не в абсолютних показниках (об'ємних або вагових), а у відсотках від нормального вмісту (ступінь насичення води газом). З окремих газів найбільше значення для водного населення мають кисень, *вуглекислий газ*, *сірководень* і *метан*.

Кисень. Збагачення води киснем відбувається переважно за рахунок його *інвазії* (вторгнення) з атмосфери й виділення фотосинтезуючими рослинами. Спад газу спостерігається в результаті його виходу з води в атмосферу та споживання на окислювальні процеси, зокрема дихання. Іноді вміст кисню у

водоймищах може істотно змінюватися за рахунок надходження вод із вищою або нижчою концентрацією газу. Кисневий режим водоймищ і їх окремих зон залежить від багатьох чинників. Інвазія кисню з атмосфери відбувається лише через поверхню води а зона фотосинтезу розміщується у верхньому шарі, тому верхній шар, як правило, більш насичений киснем, ніж товща води, що залягає нижче. Процеси перемішування води, які протікають неоднаково в окремих водоймищах і в різний час, можуть вносити до вказаної схеми розподілу кисню помітні зміни. Рівномірний розподіл кисню у всій водній масі називається **гомоксигенією**. *Гомоксигенія* спостерігається під час енергійного перемішування, що охоплює всю водну масу. **Киснева дихотомія** виникає в період стагнації (*застою*) водоймищ, коли відсутня вертикальна циркуляція водних мас.

Для водного населення, на відміну від наземного, кисень є вирішальним чинником. На суші кількість кисню відносно велика – близько 210 мл в 1 дм³ повітря, тобто у 20–30 разів вища за нормальний уміст у воді. У воді відбувається вирівнювання концентрацій кисню через дифузію, але дифузія тут відбувається приблизно в 320 тис. разів повільніше, ніж у повітрі, та й водні течії мають менші швидкості, ніж атмосферні. У водному середовищі значна частина тварин населяє глибини, де світла для існування фотосинтезуючих рослин недостатньо. Отже, дихати доводиться за рахунок кисню, що поступає ззовні, часто в умовах його гострого дефіциту. Забезпеченість киснем знижується самими гідробіонтами в результаті їх нормальної життєдіяльності, що супроводжується диханням [1; 13].

Наявність кисню O₂ є необхідною умовою життя для більшості гідробіонтів. При нормі кисню в атмосфері 21 O₂ мл / дм³, при температурі 0°C, солоності 0 ‰ в 1дм³ води розчиниться 10,29 мл газу. Із підвищенням температури та солоності кількість кисню у воді знижується. Потужним джерелом кисню є діяльність хлорофільних рослин на світлі. При їх сильному розвитку відбувається перенасичення води киснем. Перенасичення в Азовському морі досягає 300 %, в озерах Нової Зеландії – 322 %. В океанічних водах перенасичення спостерігається рідко та у невеликих кількостях. На глибинах у континентальних водоймах та внутрішніх морях кількість кисню зменшується й нерідко на дні

можуть виникати безкисневі зони. В океанічних водах зі збільшенням глибини кількість кисню спочатку знижується, а потім на глибині 1500 м – знову зростає. Ці глибинні, багаті на кисень води приносять течії з вищих широт [1; 13].

Стосовно кисню організми діляться на *еврі-* й *стеноксидні* форми, здатні відповідно жити в межах широких і вузьких коливань цього чинника. У тих випадках, коли адаптація гідробіонтів до існування в умовах дефіциту кисню виявляється недостатньою, настає загибель організмів. Якщо вона набуває масового характеру, то це явище називається *замором*.

Вуглекислий газ. Збагачення води вуглекислим газом відбувається в результаті дихання водних організмів, за рахунок інвазії з атмосфери та виділення з різних сполук, передусім солей вугільної кислоти. Зниження концентрації вуглекислого газу у воді здебільшого відбувається в результаті його споживання фотосинтезуючими організмами та утворенням солей вугільної кислоти.

Коефіцієнт абсорбції CO_2 при температурі 0°C рівний 1,713. Отже, в умовах нормального вмісту газу в атмосфері ($0,3 \text{ мл/дм}^3$) і температурі 0°C в 1 дм^3 води може розчинитися $0,514 \text{ мл CO}_2$. Із підвищенням температури й солоності нормальний уміст CO_2 у воді знижується. Невелика частина молекул CO_2 , реагуючи з водою, утворює вугільну кислоту, яка потім дисоціює [1].

У високих концентраціях CO_2 отруйний для тварин, і з цієї причини багато джерел із водою, пересиченою вуглекислою, позбавлені життя. Тільки деякі двостулкові молюски й веслоногі рачки можуть порівняно довго витримувати високі концентрації вуглекислоти, нейтралізуючи її через розчинення вапна зі своїх раковин у целомічній рідині. Для рослин, які споживають CO_2 , його високі концентрації нешкідливі. Іноді виникають ситуації, коли вміст вуглекислоти у водоймищах знижується до ступеня, лімітуючого фотосинтез рослин [13].

Сірководень. У водоймищах він утворюється майже виключно біогенним шляхом за рахунок діяльності різних бактерій. Для водного населення він шкідливий як побічно – через зниження концентрації кисню, що йде на окислення S^{2-} до S , так і безпосередньо. Для багатьох гідробіонтів він смертельний навіть у найменших концентраціях. Утворення великих кількостей

сірководню може викликати замори, як це нерідко спостерігається влітку в Каспійському й Азовському морях, Тилігульському та Хаджибейському лиманах під час штилів. Достатньо шторму перемішати воду, щоб кисень, наситивши водну товщу, окислив сірководень і заморні явища припинилися [1; 13].

У морях сірководень утворюється майже виключно за рахунок відновлення сірки сульфатів гетеротрофними десульфуючими бактеріями, які, мешкаючи в анаеробних умовах, використовують сульфати як акцептор водню при метаболічному окисненні. Кількість H_2S у морях, що виникає в результаті діяльності десульфуючих бактерій (переважно *Desulfovibrio*), іноді буває настільки великою, що ним насичуються придонні шари води завтовшки в десятки й сотні метрів. У Чорному морі від сірководню вільний тільки тонкий поверхневий шар у 150–250 м, решта всієї товщі води містить цей газ і тому малообжита. Значною мірою насичені сірководнем глибини Каспійського моря та норвезьких фіордів, відокремлених від моря більш-менш високими бар'єрами, що перешкоджають обміну води. Так, у Міюфіорде поблизу Бергена H_2S починає траплятися з глибини 60 м.

Важливе значення для утворення сірководню в прісних водоймищах мають гнильні бактерії, оскільки саме тут на дні часто скупчується багато білкових речовин, що розкладаються. Значні кількості сірководню (до 787 мг / л) відмічені на дні водоймищ під час їх стагнації [1; 13].

Звільнення води від сірководню відбувається за рахунок окислення, що протікає як абіогенно, так і біологічним шляхом у результаті життєдіяльності бактерій, переважно сірчаних. Крім бактерій, H_2S окисляють фотосинтезуючі пурпурні й деякі зелені водорості, що використовують сірководень як донора водню.

Метан. Метан, або болотяний газ, утворюється переважно за рахунок розкладання клітковини відмерлих організмів у ґрунтах і придонному шарі води багатьох озер, ставків, рідше – у морях. У великих кількостях – до 80–90 % – він міститься в бульбашках газу, що піднімаються з дна в багатьох стоячих водоймищах. Висока активність метанотворення відзначена в ґрунтах тропічних морських мілководь. Подібно до сірководню, метан отруйний для більшості організмів.

Йони мінеральних солей відіграють у житті гідробіонтів важливу роль. Частина з них використовується рослинами для побудови тіла й отримала назву *біогенів* (серед них найважливіші

PO_4^{4-} , NO_3^- , NO_2^- , і NH_4^+), які мають значний вплив на фізіологію гідробіонтів та процеси обміну речовин.

Від сумарної кількості йонів, що визначає *солоність* води, залежить осмотичний тиск у середовищі, до якого вкрай чутливі майже всі гідробіонти [1]. Щодо солоності гідробіонти поділяються на *еврігалінні*, що пристосовані до значних коливань солоності, та *стеногалінні* – що не витримують великих змін концентрації солей. Суттєве значення також має те, що з підвищенням солоності знижується точка замерзання води (приблизно на 10°C із підвищенням солоності на 17 ‰).

Велике екологічне значення для гідробіонтів має не тільки сумарна кількість йонів, але і їх склад та співвідношення.

Водневі йони. Концентрація водневих йонів у природних водах досить стійка, оскільки вони завдяки присутності карбонатів є сильно буферною системою. За відсутності карбонатів рН води може знижуватися до 5,67, при повному насиченні вуглекислим газом. У сфагнових болотах рН може знижуватися до 3,4, оскільки у воді мало карбонатів та наявна сірчана кислота. Під час інтенсивного фотосинтезу рН може підніматися до 10 і більше внаслідок майже повного зникнення з води вільної CO_2 (споживаної рослинами) та підлужнення середовища карбонатами. У морських водах рН зазвичай рівний 8,1–8,4. Природні води з рН від 3,4 до 6,95 називаються *кислими*, із рН від 6,95 до 7,3 – *нейтральними*, а з рН $> 7,3$ – *лужними*. В одному й тому самому водоймищі рН протягом доби може коливатися на дві одиниці й більше: уночі вода підкислюється вуглекислим тазом, що виділяється в процесі дихання, удень – відбувається підлужнення в результаті споживання CO_2 рослинами. У ґрунтах озер і боліт рН зазвичай нижче 7, у морських осадах – вище 7. Наприклад, рН червоної глини, одного з найбільш поширених океанських ґрунтів, рівний 7,05–7,41 [1].

Розчинені органічні речовини. Органічна речовина що розчинена у воді, представлена переважно *водним гумусом*, що складається з важкорозчинних *гумінових кислот*. У набагато менших кількостях трапляються цукри, амінокислоти, вітаміни та інші рухомі фракції органічної речовини, багато з яких виділяється у воду в процесі життєдіяльності гідробіонтів. У морській і океанічній воді розчинено в десятки й сотні разів більше органічної речовини, ніж міститься в живих організмах. Приблизно така ж картина спостерігається і в прісних водах. Мірою вмісту у воді

розчиненої органічної речовини є здатність до *окислення* – кількість кисню, що використовується на окислення органіки перманганатом (*перманганатна окисленість*) або біхроматом (*біхроматна окисленість*) [1].

Унаслідок своєї хімічної стійкості основна маса розчиненої у воді органіки більшістю гідробіонтів у їжу не використовується, і лише небагато організмів, зокрема бактерії, становлять щодо цього виняток. Легкозасвоювані органічні речовини – цукор, амінокислоти, вітаміни та інші – мають значення для набагато більшої частини гідробіонтів. У гідробіонтів високорозвинена здібність до виявлення розчинених органічних речовин за допомогою різноманітних хеморецепторів, із допомогою яких вони здійснюють пошук та апробацію їжі, знаходження особин свого вигляду й інші рухові реакції.

Завислі речовини. Із певним ступенем умовності завислі речовини можуть бути поділені на *завислий осад ґрунту*, що містить невелику кількість органічної речовини, і *детрит*, у якому його порівняно багато. *Завислий осад ґрунту* утворюється в результаті ерозії ложа водоймищ під час руху води, особливо в річках, водосховищах, дрібних озерах та ставках. *Детрит*, що міститься у воді, складається з мінеральних й органічних частинок, що об'єднуються в складні комплекси, оскільки будь-яка мінеральна частинка адсорбує на своїй поверхні органічну плівку, яка, зі свого боку, заселяється бактеріями. У формуванні детриту беруть участь мінеральна суспензія, відмерлі організми та їх частини, а також органічна речовина розчинена у воді. Кількість детриту, зваженого у воді Світового океану, приблизно рівна 1011 т; на його частку доводиться до 8–10 % усієї органічної речовини, зосередженої у воді. За рахунок завислого у воді детриту в тій або іншій мірі харчується багато коловерток, ракоподібні, молюски, голкошкірі й інші тварини. Опускаючись на дно, детрит стає основною їжею організмів епіфауни, а після поховання в ґрунт служить кормом для тварин інфауни [1; 13].

Наявність у воді великої кількості завислих частинок має на гідробіонтів найрізноманітніший вплив. Наприклад, зниження прозорості води в результаті підняття донних відкладів, з одного боку, погіршує умови освітленості рослин, з іншого – супроводжується збільшенням концентрації біогенів.

4. Температура, світло й інші коливальні явища. Температура, світло, звук та інші коливальні явища впливають на

водне населення або безпосередньо, або відіграють роль умовних сигналів.

Температура в природних водах коливається від $-7,5^{\circ}\text{C}$ у деяких сильномінералізованих озерах до $+96,3^{\circ}\text{C}$ у гарячих ключах. Термічний режим окремих водоймищ визначається їхнім географічним положенням, глибиною, особливостями циркуляції водних мас і багатьма іншими чинниками. Надходження тепла у водоймище залежить переважно від проникнення сонячної радіації й контакту з більш нагрітою атмосферою. Охолодження води відбувається в результаті випаровування, випромінювання, контакту з менш нагрітими шарами атмосфери та берегами, за рахунок надходження холодних опадів і поглинання тепла під час танення льоду. Останніми роками тепловий режим багатьох водоймищ зазнає істотних зміни під впливом надходження підігрітих вод з охолоджуючих контурів теплових й атомних електростанцій. У результаті цього температура у водоймищах-охолоджувачах підвищується на декілька градусів. У помірних широтах вони взимку зазвичай не замерзають [13].

Надходження сонячної радіації у водоймища, що переважно визначає їхню терміку, здебільшого залежить від їхнього географічного положення. Як правило, під час просування із низьких широт у високі водоймища стають холоднішими й менш термостабільними. У найвищих широтах коливання температури води знову зменшуються. У межах одного водоймища помітні зміни температури простежуються із зануренням у глибину. Влітку поверхневий шар води тепліший, ніж глибинний, узимку – навпаки. Різниця в температурі верхніх і глибинних шарів може виражатися десятками градусів (у тропічній зоні Світового океану) [13].

Види гідробіонтів, що адаптувалися до існування в широкому температурному діапазоні (більше $10-15^{\circ}\text{C}$), називаються *евритермними*, у вузькому – *стенотермними*. Останні можуть бути теплолюбивими, або *термофільними* й холодолюбивими, або *кріофільними*. Чим різноманітніші термічні умови в цьому місцепроживанні, тим евритермніші гідробіонти. Зазвичай морські організми менш евритермні, ніж мешканці континентальних водойм, де температурні коливання виражені різкіше.

Діапазон температур, при яких можливе життя у водному середовищі, великий. У морських басейнах організми перебувають в активному стані при температурі $-3,3^{\circ}\text{C}$, а в гіпергалінних

водоймах – навіть при $-7,5^{\circ}\text{C}$. У гарячих джерелах деякі бактерії й синьо-зелені водорості існують при температурі $+89,5$ та $+93^{\circ}\text{C}$. Отже, дві крайні величини $-7,5^{\circ}\text{C}$ і $+93^{\circ}\text{C}$ – визначають загальний температурний діапазон життя у водному середовищі.

Вплив температури на життєдіяльність гідробіонтів. У житті водних організмів температура середовища відіграє важливу роль. Вона впливає на розвиток, розмноження, обмін речовин, біологічні цикли й інші процеси життєдіяльності.

За типом теплообміну гідробіонти, як і наземні тварини, поділяються на гомойотермні та пойкилотермні. *Гомойотермні* мають комплекс морфологічних і фізіологічних механізмів регуляції теплообміну, завдяки чому температура їхнього тіла мало залежить від зовнішнього середовища (водні ссавці). У *пойкилотермних* тварин температура тіла зазвичай мало відрізняється від температури довкілля й зміна останнього призводить до зміни температури тіла. До пойкилотермних належить більшість гідробіонтів (безхребетні, риби). Зміна температури середовища викликає в пойкилотермних організмів зміну інтенсивності обміну речовин. Це у відомих межах підкоряється правилу Вант-Гоффа, згідно з яким швидкість хімічних реакцій із підвищенням температури на 10°C зростає у 2–3 рази.

Під впливом температури змінюється хімічний склад тіла уміст жиру, білків й інших компонентів. Наприклад, жирність зоопланктону зменшується від високих широт до низьких і найменшою є в тропіках.

Морські водойми. Залежно від розподілу температури у верхньому шарі до 200 м Світового океану розрізняють *п'ять кліматичних зон температури води*: *тропічна*; на північ від неї – *бореальна*; на південь – *нотальна* й два приполярних – *арктична* в Північній і *антарктична* в Південній півкулі. Межі між цими типами виражені нечітко, тому виділяють перехідні області: дві *субтропічні* – між тропічними та помірними ; *субарктичну й субантарктичну* – між приполярним та помірним кліматом. Межі між основними температурними областями мають складні контури, що зумовлено взаємодією систем холодних і теплих течій [9].

Тропічна зона – площа складає близько 53 % загальної площі Світового океану. Температура води міняється по сезонах на $1-2^{\circ}\text{C}$.

У південній і північній частинах тропічної зони існують дві великі антициклональні області які характеризуються стійкою стратифікацією, а вертикальне перемішування води відбувається лише за рахунок вітру та не глибше 50 м. Характерним є явище апвелінгу, що утворюється біля берегів у відкритому океані.

Специфічною особливістю гідрохімії тропічних вод є режим вуглекислого кальцію. Як відомо, при високих температурах розчинність газів у воді знижується, тому кількості вуглекислого газу CO_2 , що сприяє розчиненню вуглекислого кальцію, недостатня. У результаті поверхневі води перенасичені CaCO_3 . Тварини й рослини з легкістю витягують його з води, використовуючи для побудови скелетів. Після відмирання організмів величезна кількість органічного CaCO_3 накопичується в мілководних районах тропічного моря. Наприклад, на коралових рифах щорічно відкладається до декількох кілограмів на 1 м^2 .

Населення тропічної області океану відрізняється видовою різноманітністю й багатством. Тут мешкає декілька десятків тисяч видів рослин і тварин. Серед особливостей тропічних організмів слід відзначити значне, порівняно з іншими областями, число отруйних форм. Дуже небезпечні отруйні перидінеї та синьо-зелені водорості, деякі види кишковопорожнинних і голкошкірих.

У бенталі тропіків розвинені специфічні біотопи, невідомі для інших зон океану. Особливою своєрідністю відрізняються серед них *коралові рифи* – масові поселення організмів із вапняними скелетами. Домінують, окрім мадрепорових коралів, червоні й зелені водорості, численні губки, поліхети, молюски та інші організми. Вапняні водорості відрізняються високим темпом зростання й обміну речовин. Рифоформуючі корали особливо сильно розвинені в Тихому океані, де займають майже таку територію, як Австралія. Нескінченне переплетіння колоній та окремих гілок коралів утворює багато місць для прикріплення сидячих тварини. Дуже численними є свердлярчі організми: водорості, губки, черви й ін. Колонії деяких видів коралів досягають висоти 4 м., діаметр диска актиній іноді перевищує 1 м. Дуже своєрідна іхтіофауна - риби мають яскраве, строкате забарвлення і химерну форму [13].

Іншим специфічним біотопом бенталі тропіків є *мангри*, що представляють «літоральні ліси тропічного побережжя». Мангри (чагарники й дерева) розвиваються в місцях, захищених від

прибою, особливо в гирлах річок на мулистих ґрунтах та мають складну систему повітряного коріння. Населення цього біотопу складається з морських, солонуватоводних, прісноводних і наземних форм, особливо тут багато амфібійних організмів (краби, риби, мулисті стрибуни й ін.). Дуже різноманітне населення ґрунту, але ще багатша фауна на стовбурах і повітряному корінні мангрів.

Біполярна та бореальна зони. Біполярним називається такий тип розповсюдження, коли представники роду, близьких видів або одного й того ж, мешкають у помірних областях обох півкуль, але відсутні в тропічній та приполярних областях. Біполярне розповсюдження мають багато водних і наземних тварин та рослин. У морських басейнах до них належать пелагічні й донні організми, прикріплені та рухомі, мешканці мілководь й абісальних глибин. Серед безхребетних відомо понад 100 біполярних видів. Із риб до них належать анчоуси, акули й ін. До цієї групи відносять 12 видів ссавців (кити, морські котики). Основну групу фітопланктону складають діатомові водорості. Лише влітку в значних кількостях розвиваються піридинеї й представники інших груп. Для біоценозів помірних і високих широт характерне різке переважання за чисельністю 1–3 видів, тоді як у тропічних співтовариствах буває важко виділити домінуючі види.

Особливістю *Антарктичної* зони є домінування водоростей діатомей, що розвиваються у воді, і в льоді. Ця льодова флора складається з форм, що прикріплюються. Водорості заселяють нижню поверхню криги й проникають у її товщу на 70–100 см. Діатомеї забарвлюють кригу в іржаво-коричневий колір різної інтенсивності, це темне забарвлення сприяє швидкому таненню. При таненні криги величезна кількість водоростей потрапляє у воду й більшість продовжує своє існування як планктонні форми, сприяючи швидкому початку «цвітіння». Дуже своєрідні умови проживання й населення антарктичних вод. На шельфі до глибин 600–700 м переважає принесений айсбергами та льодовиками матеріал. У пелагіалі полярних областей маса зоопланктону в період весняно-літнього максимуму досягає багатьох сотень міліграм у кубометрі (шар 0–100 м) [9; 13].

Материкові водойми. Залежно від температурного режиму й типу циркуляції водних мас континентальні водойми ділять на чотири типи: тропічні, помірних областей, приполярні та високогірні, термальні [3; 13].

Тропічні водойми. Для них характерна постійно висока температура при незначних сезонних коливаннях. Різниця між температурою поверхневих і глибинних вод незначна. Сезонні явища в житті мешканців цих водойм визначаються періодами дощів, які тривають 5–6 місяців. У цей час із суші приноситься велика кількість поживних речовин. Серед населення тропічних водойм спостерігається значна кількість видів морського походження: акули, скати, краби, креветки, устриці й ін. Причиною енергійного розселення морських організмів у прісні води тропіків є сприятливий температурний режим і велика кількість їжі в прибережних районах.

Водойми помірних областей. Для них характерні різкі сезонні коливання температур, а різниця між температурою поверхневих і придонних вод значна, особливо в глибоких басейнах. Незважаючи на схожість фізико-географічних умов у Північній і Південній півкулях, населення їхніх материкових водойм має мало спільного.

Приполярні й високогірні водойми. Більшу частину року ці водойми вкриті шаром льоду, від якого звільняються лише на 1,5–2 місяці, а озера антарктичних оазисів – тільки на 2–3 тижні. Температура поверхневих шарів води влітку не перевищує 10°C, а середня – 3,3–3,7°C. Фауна й флора цих водойм різноманітністю видів поступається помірним широтам. Організми виробили низку адаптацій до існування протягом дуже короткого вегетаційного періоду, до тривалої дії низьких температур та інших несприятливих впливів.

Термальні водойми. Розрізняють відносні термальні, або субтермальні, та абсолютні термальні водойми. До субтермального типу належать водойми, які мають температуру води вищу за середньорічну температуру повітря цієї місцевості, але не більшу ніж +37°C. Ці водойми можуть мати температуру води менше +20°C, тобто бути відносно холодними. Флора й фауна термальних водойм із температурою менше +40°C дуже різноманітна та складається зі звичайних для цієї області форм. Температурною межею для поширення тварин служать температури +50 – +52°C. Основними групами безхребетних у термальних водоймах є комахи, молюски, черви [3; 13].

Світло. Особливо велике екологічне значення світло має для фотосинтезуючих рослин. Через його нестачу вони повністю відсутні в багатокілометровій товщі глибинних океанічних вод.

Рідше спостерігається картина, коли рослини страждають від надлишку світла й відсутні в поверхневому шарі води, коли його освітленість стає для них надмірною.

Більшості тварин світло потрібне для розпізнавання середовища та орієнтації рухів, часто воно має сигнальне значення, що визначає поведінку гідробіонтів. Під контролем світлового чинника відбуваються грандіозні міграції зоопланктону й багатьох риб, коли кожен добу мільярди тонн живих організмів переміщуються на сотні метрів із поверхні в глибину та назад. Значною мірою залежить від світла забарвлення гідробіонтів, яке в низки тварин може навіть мінятися, забезпечуючи маскування на тому або іншому фоні. На життєдіяльність гідробіонтів впливає не тільки сила світла, але і його якість. Стосовно світла розрізняють *еври-* та *стенофотні* форми, а серед останніх – *оліго-*, *мезо-*, *поліфотні* (тінелюбні, віддають перевагу середній освітленості, й світлолюбні). До поліфотних форм належать організми нейстону, до олігофотних – багато мешканців дна, особливо що живуть на нижній поверхні каменів [3; 13].

Орієнтуючись на світло, гідробіонти знаходять для себе найбільш вигідне положення в просторі. Особливо велике значення це має для морських планктонних організмів, які, здійснюючи регулярні добові міграції, уночі піднімаються до поверхні води, а вдень опускаються на глибину 100–200 м. Значну роль відіграє світло й у прояві вертикальних міграцій у бентосних форм, коли вони спливають у товщу води заради розселення, розмноження та інших потреб. Величезне значення має світло як джерело інформації про середовище, а також для орієнтації рухів. У зв'язку з цим у гідробіонтів добре розвинені різні фоторецептори. Багато морських форм володіють здібністю до свічення, або *біололюмінесценції*.

Сприйняття світла гідробіонтами. У більшості риб ближня межа різкого бачення лежить у межах від 0,1 мм до 5 см, хоча вони можуть налаштовувати свої очі на нескінченність. Ще більш короткозорі безхребетні тварини. Низька освітленість зумовила здатність гідробіонтів розрізняти дуже слабоосвітлені предмети. У глибоководних риб, що володіють величезними, так званими телескопічними *очима*, здатність до сприйняття слабких світлових подразників ще вища. На глибинах понад 6 км зрячі тварини відсутні. Зоровий індекс (відношення зрячих форм до загального числа видів) для населення океанів зменшується з глибиною; на

широті 60° пд. ш. однакова кількість сліпих і зрячих форм спостерігається на глибині 150–500 м, у тропіках – на глибині 1200–1400 м [3; 13].

Деякі водні тварини здатні розрізняти поляризоване світло й орієнтувати свої рухи відповідно до площини поляризації. Наприклад, молюски чітко реагують на зміну площини коливання поляризованого світла.

Світлові умови у воді. Як відомо, сонячне світло складається з хвиль різної довжини. Видимі промені сонячного спектра мають довжину хвилі від $8 \cdot 10^{-7}$ м до 1 мм (від червоних до фіолетових). У невидимих променів, інфрачервоних та ультрафіолетових, довжина хвилі коливається від $4 \cdot 10^{-7}$ м до $2 \cdot 10^{-7}$ м. Із видимої частини спектра найенергійніше поглинаються водою червоні промені. У чистій воді на глибину 10 м проникає 2 % червоних, 8 % оранжевих, 32 % жовтих і 75 % синіх променів. На глибині понад 500 м присутні фіолетові промені, які розповсюджуються до глибини 1500 м. Невидимі промені поглинаються водою особливо швидко [3; 13].

Світло прямо або побічно є однією з обов'язкових умов існування водних організмів. Хлорофілоносні рослини поглинають найсильніше червоні та синьо-фіолетові промені. Вода дуже швидко поглинає червоні й сині промені. Тому розповсюдженість рослин обмежена поверхневими шарами до глибини 150–200 м. Короткохвильові ультрафіолетові промені, на відміну від видимих, несуть багато енергії та володіють сильною бактерицидною дією.

Світло, що падає на поверхню води, частково відбиваючись від неї, проникає в глибину, де поглинається й розсіюється молекулами води, а також частинками, що містяться в ній. Якщо гладкість водної поверхні порушується (хвилювання), ступінь віддзеркалення падаючої радіації помітно зростає. Поглинання проникаючого світла водою неоднакове для променів із різною довжиною хвилі. У природних водах, які містять велику кількість різних завислих частинок, коефіцієнт поглинання всіх променів значно підвищується. Паралельно поглинанню світла в товщі води відбувається його розсіювання, тобто відхилення променів на всі боки від первинного напрямку молекулами води й іншими частинками.

У тварин світло впливає на обмін речовин, дозрівання статевих продуктів. З освітленням водойм пов'язана будова тварин, розвиток

органів зору, дотику, забарвлення й ін. Водні тварини мешкають при різних світлових режимах [3; 13].

Світлові зони водоймищ. У морських басейнах залежно від розподілу світла в товщі води виділяють три світлових зони: евфотичну, дисфотичну й афотичну.

Евфотична зона. У цій області водойми, завдяки хорошій освітленості, відбувається фотосинтез рослин. Нижня межа цієї зони, залежно від прозорості води та інших чинників, у морських басейнах розміщується на різній глибині: у пелагіалі – до 50–100 м, у бенталі – до 200 м.

У прісних водоймах, завдяки їхній меншій прозорості, фотосинтезуючі рослини зазвичай не розповсюджуються глибше 30 м. Проте різноманітність континентальних водойм викликає значні коливання цих меж. У гірських прозорих озерах рослини опускаються до глибин 70–75 м, а в Байкалі діатомеї виявлені на глибині 115 м.

Дисфотична, або сутінкова, зона поширена до глибин 1000–1500 м. Рослини тут практично відсутні, але на глибинах понад 1000 м у низці районів Світового океану встановлено, що вони можуть давати річної продукції не менше ніж водорості евфотичної зони [14; 34].

Афотична зона, або область вічної тьми. Видовий склад, чисельність і маса тварин зі збільшенням глибин стають усе біднішими. Різко зменшується кількість тварин м'ясоїдних (медузи, креветки, риби й ін.). До глибин 6000–7000 м основну частину населення складають веслоногі та мізиди, а далі збільшується роль поліхет.

Колір води [3; 13], як і її прозорість, залежить від вибіркової поглинання й розсіювання різних променів, визначаючись відношенням світлового потоку, що виходить із води, до падаючого на її поверхню. Від кольору води відрізняють колір поверхні водоймищ, який, на відміну від першого, залежить від погодних умов (хмарність, вітер, хвилювання). Чиста вода розсіює переважно короткохвильові промені, а тому, відповідно до спектрального складу світлового потоку, що виходить із неї, здається синьою. Зі збільшенням у воді кількості завислих речовин, уключаючи дрібні організми, зростає розсіювання довгохвильових променів, і її колір набуває жовтуватого або коричневого відтінку. Отже, за кольором води часто можна судити про її багатство

планктоном. Наприклад, синій колір зазвичай характерний для «водних пустель».

5. Звук, електрика й магнетизм. На відміну від інших, розглянутих вище чинників, звук, електрика та магнетизм відіграють у житті гідробіонтів здебільшого сигнальну роль (засоби спілкування, орієнтації й оцінки середовища). Сприйняття звуку у водяних тварин розвинене відносно краще, ніж у наземних. Якщо світло у воді згасає в багато разів швидше, ніж у повітрі, то звук, навпаки, швидше і далі розповсюджується у воді. Деякі гідробіонти можуть уловлювати інфразвукові коливання, завдяки чому «чують» звуки, що виникають від тертя хвиль об повітря (8–13 Гц). Тому, наприклад, медузи заздалегідь дізнаються про наближення шторму й відпливають від берегів, де б могли постраждати від ударів хвиль. У багатьох гідробіонтів добре розвинена *ехолокація*. Кити з її допомогою розшукують скупчення кормового планктону, дельфіни здатні знаходити зграї риб навіть на відстані до 3 км. Ехолокація використовується водними ссавцями не тільки для пошуку корму, з її допомогою тварини прокладають свій курс, уникаючи мілин, тримають зв'язок.

Значну, але поки що маловивчену роль відіграють у житті водного населення електричні й магнітні поля. Їхні параметри на Землі випробовують закономірні річні, сезонні та добові коливання. Тому зміни цих полів не тільки істотно відбиваються на стані гідробіонтів, але й можуть служити для них надійним показником часу. Здатність до сприйняття електромагнітних дій виявлена в багатьох гідробіонтів. Позитивний електротаксис виявляє багато морських риб, негативний – прісноводі, що використовуються при організації електролову. Негативний електротаксис червів, молюсків і ракоподібних використовується для попередження їх осідання на днища кораблів та інші об'єкти, що охороняються від обростання. Багато гідробіонтів для орієнтування в каламутній воді або в темноті користуються слабкими електричними розрядами різної частоти. Цей механізм не радар: сприймаються не відображені імпульси, а зміни електричного поля в навколишній воді [3; 13].

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте фізико-хімічні властивості води.
2. Проаналізуйте фізико-хімічні властивості ґрунтів.

3. Назвіть речовини, що містяться в природній воді.

4. Охарактеризуйте температуру, світло та інші коливальні явища у воді.

5. Проаналізуйте сприйняття звуку гідробіонтами, електрику й магнетизм.

§ 5. Екологічні чинники життєдіяльності гідробіонтів

1. Взаємозв'язок між гідробіонтами та розчиненими у воді солями. У прісних водоймах (до 0,5 ‰) найважливішими є розчинені речовини, карбонати й сульфати. Велику біологічну роль відіграє кальцій. Інколи він стає обмежуючим фактором, оскільки для багатьох організмів (молюски, ракоподібні) він необхідний для побудови раковини чи панцира. *Тверда вода* - якщо в 1 дм³ міститься більше 25 мг кальцію, *м'яка* – якщо його кількість не досягає 9 мг. Водойми, солоність яких не перевищує 0,005 ‰, – сфагнові болота.

Однією з найбільш характерних особливостей населення прісних водойм є видова бідність. У прісних водоймах відсутні голкошкірі, губки, кишковопорожнинні, проте поширені веслоногі, ракоподібні, амфібії. Переважають у цих водоймах коловертки, олігохети, молюски. Прісноводні водорості й безхребетні характеризуються великим географічним поширенням, тому у видовому складі не спостерігається помітних відмінностей. Більшість із цих організмів адаптувалися до пасивного розселення, зимівлі, переживання посушливих періодів у вигляді цист, внутрішніх бруньок. Стадія спокою в них може тривати 1–2 роки й більше [3; 13].

До **солонуватих водойм** (0,5–30 ‰) належать лимани, широкі морські області поблизу впадання великих річок, багато внутрішніх морів. Солонуваті води характеризуються непостійністю сольового режиму що є протилежністю прісним і морським басейнам із їх постійною солоністю. В одних водоймах зміна солоності відбувається поступово, наприклад у Балтійському морі, в інших вона проявляється різко. Населення солонуватих водойм складається з трьох груп: морських, прісноводних, специфічних солонуватоводних організмів. Представники морської групи здатні

витримувати пониження солоності до 5–8 ‰, наприклад двостулкові молюски, діатомові водорості. Інколи морські води становлять основу населення солонуватих басейнів у Балтійському та Азовському морях. Деякі організми прісноводного походження здатні існувати при солонуватості 6–8 ‰. Специфічні солонуватоводні організми – це, наприклад представники оселедцевих і бичкових. У видовому відношенні населення солонуватої води значно бідніше фауни й флори морських і прісноводних басейнів. Розповсюдженню морських та прісноводних організмів у солонуватих водах перешкоджає зміна складу солі [3; 13]. Для морських видів несприятливим є зменшення глибини водойми, нестійкість температурного режиму. Населення солонуватих водойм, незалежно від видової бідності, нерідко характеризується високою кількістю, оскільки види, що тут проживають, не мають конкурентів у їжі та місцезнаходженні.

Морські водойми (30–40 ‰) характеризується стабільним і складним хімічним складом. Заселення морських басейнів, на відміну від водойм інших типів, характеризується багатством. Із 63 відомих класів тварин в океані нараховується 52 представники. Виключно морських – 31 клас.

Населення пелагіалі. Межі розповсюдження різних представників планктону в океанічній пелагіалі виражені не різко в горизонтальному й вертикальному напрямках. Існують широкі перехідні області, у яких одні організми поступово змінюються іншими. Найбільш чітко виражені дві вертикальні зони, продукуюча – до глибини в середньому 200 м, де зосереджений фітопланктон, та споживаюча, що охоплює решту товщі води.

У морському фітопланктоні за кількістю видів і масовістю розвитку переважають діатомові, менше значення мають коколітофори та синьо-зелені водорості. У зоопланктоні велика кількість веслоногих. Велике значення мають молюски, амфіподи, кишковопорожнинні. Поверхневі горизонти заселені переважно видами, які живляться фітопланктоном [3; 13].

Населення бенталі. Одна з найпродуктивніших зон дна океану – це літораль. До складу її заселення входять тисячі видів тварин і рослин. Серед рослин домінують багаторічні фукоїди та деякі червоні водорості. Виділяють від трьох до восьми поясів заселення безхребетними, основу заселення кожного з них становлять лише 1–3 види.

Для нижньої зони субліторалі характерна майже повна відсутність рослин. У субліторалі, переважно у верхній її підзоні, зосереджені основні промислові запаси риби, безхребетних і рослин. У зоні бенталі відбувається зміна видового складу фауни й зменшення її кількості. У багатьох районах Світового океану верхня бенталь є продуктивною областю, де є багато видів риб. За кількістю видів у фауні бенталі чільне місце посідають голкошкірі, голотурії. Серед мешканців ультраабісали нині відомо приблизно 900 видів, це втричі менше, ніж в абісали. Серед них близько 60 % – ендеміки. На глибинах більше 9 км відомо лише 70 видів багатоклітинних тварин, а глибше 10 км – приблизно 16 видів, де ендеміки становлять 88 %.

Пересолені водойми (більше 40 ‰). Залежно від походження котловини водойми поділяють на морські та материкові. Морські являють собою від'єднані частини моря. Прісна вода в них не надходить, є велике випаровування – тому солоність підвищується. Солоність водойм помітно коливається сезонно: у періоди, багаті на опади, вона понижується в 1,5–2,0 рази, у посушливі пори року – підвищується через випаровування. **Розсоли** – це розчини солей, близькі до насичених – **ропи**. Подекуди ропа має рожевий чи червоний колір, що свідчить про наявність бактерій *солінарій* та ін. Солоні озера мають велике господарське значення, в них добувають різноманітні мінеральні сполуки. Залежно від хімічного складу розсолів ці водойми поділяють на три групи: *хлоридні, карбонатні та сульфатні*. Водойми морського походження із солоністю на 70 ‰ заселені евригалінними морськими видами. У континентальних водах із солоністю до 100 ‰ мешкають небагато форм прісноводного походження. Це деякі гіллястовусі ракоподібні та комахи [3; 13].

При солоності, вищій 100 ‰, у водоймах, незалежно від їх походження, мешкає один і той самий комплекс видів, що утворює групу галобіонтів, прісноводного походження. У пересолених водоймах, де солоність перевищує 270 ‰, трапляється артемія партеногенетик та рослинні організми.

2. Процеси осморегуляції в гідробіонтів. Усі водянні тварини, залежно від характеру своїх реакцій на зміну зовнішньої солоності поділяють на дві групи – *пойкілоосмотичні та гомойоосмотичні*.

У перших внутрішнє середовище перебуває у відносній рівновазі із зовнішнім. До них належить більшість морських безхребетних, а також деякі хребетні. Для всіх цих організмів

характерний невеликий ступінь гіпертонії відносно зовнішнього середовища.

До другої групи відносять тварин, які підтримують тиск внутрішнього середовища на рівні, протилежному тиску із зовнішнього середовища. Регуляція тисків контролюється спеціальними клітинами, які розміщені в покриттях, зябрах та окремих частинах кишківника або в стінках видільних каналів. Серед цих тварин, залежно від співвідношення величини тиску внутрішнього й зовнішнього середовищ, розрізняють гіпертоніків і гіпотоніків.

У гідробіонтів *гіпертоніків* концентрація внутрішнього середовища вища, ніж зовнішнього. До цієї групи належать усі прісноводні тварини та багато мешканців солонуватих басейнів. Діяльність їхніх життєвих організмів направлена на те, щоб перешкоджати обезводненню тканин. Тварини здатні направляти різні адаптації для утримання солі й поновлення її запасів у своєму тілі, що досягається зниженням проникнення через покриття іззовні.

До гідробіонтів *гіпотоніків* відносять низку морських тварин (деякі безхребетні, кісткові риби, плазуни, ссавці, а також усі мешканці пересолених водойм). Фізичні сили внутрішнього середовища спрямовані на зневоднення організму, тому життєво важливі системи працюють як опріснювачі, а надлишки води й розчину солей виводяться органами виділення. Здатність до саморегуляції в гіпотоніків також обумовлена малою проникністю через покриття для води та солі. Більшість гоморегулятивних організмів і багато полірегулятивних – *евригалінні*. Деякі гоморегулятивні види здатні, залежно від зовнішньої солоності, переходити з одного виду саморегуляції в інший або ж зупиняють діяльність саморегулятивних механізмів. У полірегулятивних тварин немає добре розвиненого апарату саморегуляції, а зовнішні покриття легкопроникаючі для води й солі, тому вони не здатні зберігати незалежність від зовнішнього середовища саморегулятивного тиску внутрішньої рідини. Але організм цих тварин здатний до нормального забезпечення життя в умовах значних змін в концентрації внутрішньої рідини. Окрім загальної саморегуляції, концентрації гідробіонтів відчують дію співвідношення іонів зовнішнього середовища [3; 13].

3. Біогенна міграція елементів. Міграція хімічних елементів, яка здійснюється в результаті життєдіяльності організмів, утворюючи біосферу, називається **біогенною міграцією елементів**.

Взаємодія в біосфері живих та мінеральних елементів прослідковується в біогенній міграції елементів під час харчування, дихання, розмноження, смерті, розкладання живих організмів, а також при складній взаємодії різнорівневих організмів. У біогенну міграцію втягнуто багато різноманітних мінеральних елементів, серед яких провідна роль належить вуглеводам, вуглекислому газу, кисню, фосфору, сірці. Нарівні із ними живі організми використовують калій, кальцій, залізо, мідь, марганець, кобальт. Протягом геологічного часу маса біосфери зростає. Жива речовина у формуванні хімічного складу всіх трьох зовнішніх оболонок Землі відіграє головну роль. Особливо важливе значення гідросфери, де міститься 9/10 усієї живої речовини.

Як відомо, солі у водах океану містять понад 70 елементів. Гідробіонти мають виключну здатність поглинати й концентрувати у своїх тілах різні елементи, наявні у воді в малих кількостях. Деякі мікроелементи виявлені спочатку в організмах, а лише потім у воді. Організми мають вибіркову здатність при концентрації хімічних елементів: одні об'єднуються й накопичуються, а інші легко проціджуються, майже не затримуються в організмі. Кількість хімічних елементів у гідро біонтах інколи в сотні тисяч разів більша, ніж у навколишньому середовищі [3; 13].

Залежно від кількості наявних хімічних елементів в організмі, В. І. Вернадський розділив гідробіонти на дві групи:

– перша – організми, які накопичують елементів більше 10 % маси всього тіла. Сюди належать діатомові водорості, радіолярії, червоні водорості, голкошкірі, молюски;

– друга – організми, у яких концентрація окремих елементів у десятки разів менша, ніж у представників першої групи, але в сотні тисяч разів більша від середньої концентрації цих елементів – губки, корали.

У результаті діяльності бактерій, фітопланктону, планктону й бентальних безхребетних із морської води виділяють залізо, марганець, кобальт, нікель, молібден – близько 35 елементів які залягають у покладах залізо-марганцевих руд на дні океанів.

Вивчення біогенної міграції елементів має велике практичне значення. Води океанів являють собою невичерпне джерело

хімічних ресурсів. Нині з морської води добувають низку елементів та сполук: хлорид і сульфат натрію, солі магнію, металевий магній, солі колю та бромю. Переробка малонасичених розчинів природних водойм складає серйозні технічні труднощі, тому добувають елементи, яких в океанічній воді мало у вигляді «живої руди». Наприклад, в 1 т сухих бурих водоростей міститься 170 кг калію, 9 кг фосфатів, 3 кг йодистого калію.

4. Адаптація гідробіонтів. Для нормального процесу дихання організмам необхідний постійний контакт із добре аерованим середовищем. Більшість гідробіонтів здійснюють *рух (переміщення) у довкіллі*: організми з в'їчастим покривом (інфузорії, губки) безперервно працюють цими придатками; молюски, що мають зябра, покриті епітелієм; у нижчих та вищих ракоподібних у постійному русі перебувають кінцівки, на яких є зябра. Деякі тварини, наприклад олігохети, створюють струм води рухами свого тіла та ін.

Гідробіонти, як і мешканці суші, залежно від необхідності кисню, поділяються на *аероби* та *анаероби*. Обмін речовин *аеробних організмів* здійснюється в результаті окиснення наявних у складі їхнього тіла білків, жирів і вуглеводів. В *анаеробів* у результаті процесу бродіння відбувається розщеплення вуглеводів, використання білків та жирів досить незначне. Енергетичний ефект процесу анаеробного розщеплення в десятки разів нижчий, ніж при окислювальних процесах.

У гідробіонтів виробляється *ланцюг адаптацій, що забезпечує дихання*. Воно в мешканців води відбувається за рахунок поверхні тіла або за допомогою спеціальних органів – зябер, трахей, легенів. Дифузне дихання поверхнею тіла – дуже повільний процес, що властивий для організмів із великою поверхнею тіла. При дефіциті кисню деякі тварини з дифузним диханням переходять на інший спосіб. Велике значення при дифузному диханні має товщина поверхні тіла, через яку відбувається газообмін: зазвичай покриви гідробіонтів дуже тонкі. Спеціальні органи дихання являють собою вирости тіла та утворюються за рахунок інших органів тіла: кінцівок – у ракоподібних, відділів кишечника – у личинок коників, черв'яків, голотурій [3; 13]. *Багато гідробіонтів здатні поєднувати дихання розчиненим у воді та атмосферним киснем.* Це явище спостерігається в рослин із плаваючим і зануреним

листям. Плаваючі листки поглинають кисень атмосфери, занурені листки не мають продихів, але їхні покриви в 5–20 разів тонші, ніж у наземних рослин, які дають змогу проникати газам.

У багатьох тварин *комбіноване дихання* є пристосуванням до умов життя в середовищі. Двоякодихальні риби дихають зябрами та легенями. Здатність дихати атмосферним повітрям дає змогу деяким гідробіонтам здійснювати перехід із водного середовища в повітряне для живлення й розселення.

Гідробіонти мають низку пристосувань, які дають їм змогу витримувати *тимчасовий дефіцит кисню*, переживати анаеробні умови протягом великого часу. При повній відсутності кисню організм впадає в *стан анабіозу*. У цей період у гідробіонтів відбувається розщеплення глікогену з утворенням молочної кислоти. В анаеробних умовах засвоєння резервного глікогену в організмі проходить приблизно в 10 разів швидше, ніж в аеробних умовах.

У багатьох гідробіонтів регуляція обміну забезпечується зміною розмірів тіла й ритму коливальних рухів.

При наближенні вмісту кисню у водному середовищі до верхньої межі гідробіонти за допомогою різних пристосувань починають використовувати кисень із повітря. Риби хапають із поверхні води бульбашки повітря, яка залишається в ротовій порожнині для збагачення киснем води, що поступила через зябра. Стійкість різних гідробіонтів до дефіциту кисню різна. Здебільшого на концентрацію кисню впливає температура. Із її підвищенням прискорюються процеси обміну, відповідно – зростає потреба організму в кількості кисню.

Заморами називаються явища масової загибелі жителів водойм у зв'язку з дефіцитом, або повною відсутністю кисню у воді, а також у результаті накопичення отруйних газів: вуглекислого газу, метану, сірководню. Збільшення концентрації цих газів пов'язане зі зменшенням кисню. Замори можуть виникати у будь яких водоймах. В одних басейнах вони можуть повторюватись із року в рік, а в інших виникають рідко. При заморах великі збитки несе рибне господарство. Замори бувають літні й зимові, літні виникають із максимальним розвитком фітопланктону та в солонуватих водоймах [3; 13]. Головна причина зимових заморів – поглинання кисню при мінералізації органічних речовин донних

відкладів. Замори, як правило, виникають у кінці зими. Найбільш витривалі до нестачі кисню водяні жуки. Замори, як літні, так і зимові, виникають у результаті сильного забруднення водою промисловими та побутовими відходами та ін.

Адаптація гідробіонтів до сприйняття світла. У складновлаштованих органах зору найважливішою частиною є зорова клітина, що сприймає світло. Форма очей різноманітна: плоскі (у деяких медуз); келихоподібні (у деяких медуз, хітонів); складні келихоподібні фасетні очі (у ракоподібних).

У низки організмів, що мешкають в абісальних і підземних водоймах, відбувається деградація органів зору: очі стають непомітними, кришталік відсутній. У багатьох безхребетних і риб, які мешкають у сутінковій зоні, очі збільшуються, порівняно з організмами, що мешкають у добре освітлених горизонтах. Розміщуються органи зору на різних частинах тіла, наприклад : по краях дзвону в медуз; на кінцях променів у морських зірок. Кількість очей коливається від 1–2 до багатьох сотень [3; 13].

Забарвлення гідробіонтів, як адаптація до водного середовища. Залежно від забарвлення гідробіонтів поділяють на три основні групи: перша – форми, що мають покривне забарвлення, або гомохромію; друга – організми, здатні змінювати колір і малюнок відповідно до умов середовища водою, активна гомохромія; третя – види, забарвлені в колір, який доповнює умови водного середовища.

Забарвлення тіла міняється в результаті зміни форми пігменту у клітинах, а також його розподілу в них. Наприклад, у головоногих молюсків активна гомохромія досягається за допомогою дотику: нащупуючи своїми присосками субстрат, вони приймають його забарвлення.

На великих глибинах багато тварин забарвлено в колір, додатковий до тієї частини спектра, яка проникає на цю глибину, унаслідок чого вони набувають захисного забарвлення здаються чорними. Відсутність освітлення надає низці тварин сірого забарвлення або його відсутності. Таке ж явище спостерігаємо в організмів, що закопуються, свердлять, та в мешканців підземних вод.

Контрольні питання

1. Назвіть основні чинники життя в гідросфері.
2. Дайте коротку оцінку впливу екологічних чинників водного середовища на гідробіонтів.

3. Установіть взаємозв'язок між гідробіонтами та розчиненими у воді солями.

4. Охарактеризуйте життя в різних за ступенем солоності водних об'єктах.

5. Охарактеризуйте біогенну міграцію елементів.

6. Охарактеризуйте адаптацію гідробіонтів до переміщення у водному середовищі.

7. Охарактеризуйте пристосування гідробіонтів до дихання атмосферним киснем.

8. Охарактеризуйте адаптацію гідробіонтів до життя у воді.

9. Охарактеризуйте пристосування гідробіонтів до дефіциту кисню.

Основна використана література до розділу I

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 296 с.

2. Атлас вчителя / В. В. Молочко, Ж. Е. Бонк, І. Л. Дорогушевська [та ін.]. – К. : ДНВП «Картографія», 2010. – 328 с.

3. Березина Н. А. Гидробиология / Н. А. Березина. – М. : Легкая и лесная промышленность. – 1994. – 360 с.

4. Березина Н. А. Практикум по гидробиологии / Н. А. Березина. – М. : Агропромиздат, 1989. – 207 с.

5. Винберг Г. Г. Общие основы изучения водных экосистем / Г. Г. Винберг. – Л. : Наука, 1979. – 273 с.

6. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1977.

7. ГОСТ 17.1.1.02–77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1977.

8. Жизнь пресных вод / под ред. В. И. Жадина. – М. : Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 3. – 319 с.

9. Жуков Л. А. Общая океанология. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 376 с.

10. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.

11. Іваненко О. Т. Практична гідро екологія: навчальний посібник / О. Т. Іваненко, В. В. Белов, О. М. Гриб. – К. : 2009. – 190 с.
12. Кононенко Г. Д. Гідрологія ставків і малих водоймищ України / Г. Д. Кононенко. – К.: Наукова думка, 1991. – 350 с.
13. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высш. шк., 1979. – 480 с.
14. Ковальчук І. П. Гідроекологічний моніторинг / І. П. Ковальчук, Л. П. Курганевич. – Львів, 2010. – 235 с.
15. Леонтьев О. К. Физическая география Мирового океана / О. К. Леонтьев. – М. : Изд-во МГУ, 1982. – 200 с.
16. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 636 с.
17. Михайлов Л. Е. Гидрогеология / Л. Е. Леонтьев. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 263 с.
18. Романенко В. Д. Основи гідроекології / В. Д. Романенко. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
19. Яцик А. В. Гідроекологія / А. В. Яцик, В. М. Шмаков. – К.: Урожай, 1992. – 192 с.

РОЗДІЛ 2

Водна екосистема як складова гідробіосфери

Гідробіосфера – одна із складових компонентів біосфери, розташована у межах водної оболонки Землі. Без сумніву, вважаємо, що структурно-функціональними елементами її є водні екосистеми. **Водна екосистема** – це історично сформований комплекс живих істот (гідробіонтів), пов'язаних між собою трофічними зв'язками, та неживих компонентів водного середовища їх існування, які залучаються в процесі обміну речовин і енергії. Дамо інше визначення цього поняття. **Водна екосистема** – екологічна система водного об'єкта, в якій нерозривно поєднуються завдяки обміну речовин та енергії неживе середовище (абіотичні компоненти) та біота (біотичні компоненти).

До водних екосистем відносимо море, річку, озеро, водосховище, ставок, канал. У водній екосистемі нерозривно поєднуються неживе середовище (абіотичні компоненти – вода,

донні відкладення та фізико-хімічні чинники водного середовища) та біота, що включає багатокomпонентний комплекс угруповань, сформованих з популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів.

Для оцінки стану водних екосистем важливу інформацію дає характеристика біоти за трофічними (особливості утилізації речовин й енергії), систематичними (таксономічна спорідненість видів та груп організмів) та топічними (приуроченість до біотопів) ознаками.

Структура біоти є відображенням функціонального стану водних екосистем і в той же час визначає цей стан. Вона впливає на процеси трансформації речовин і потоку енергії, формування якості води та біологічну продуктивність водойм. Розглянемо водні екосистеми на надорганізмених рівнях – популяційному, біоценотичному та екосистемному.

§ 6. Популяції гідробіонтів

1. Чисельність та біомаса популяцій гідробіонтів.

Популяція гідробіонтів – це сукупність деякої кількості особин одного виду, які заселяють певну частину акваторії. Вона має екологічну, просторову, статеву, вікову, динамічну структуру, біомасу та міжорганізменні відносини. Основні параметри популяції – чисельність і біомаса. **Чисельність популяції гідробіонтів** – кількість екземплярів одного виду, що припадає на одиницю об'єму водної маси або поверхні води чи дна та виражається кількістю особин на 1 дм^3 , 1 м^3 або 1 м^2 . Чисельність – змінна величина, оскільки популяції гідробіонтів у водному середовищі розміщуються вкрай нерівномірно й динамічно в часі.

На розміщення в просторі планктонних популяцій впливають течії, коливання рівня води, зміна температури, освітленість, прозорість та каламутність водних мас, погодні умови, поширення заростей макрофітів і багато інших чинників. Просторове розміщення бентонтів зумовлюється рельєфом донного ґрунту, його замуленістю, структурою донних відкладень й іншими особливостями дна водойм як життєвого середовища. Динаміка та зміна чисельності популяції в часі зумовлені власними життєвими циклами, упродовж яких популяції змінюють біотопи, мігруючи з

одних частин акваторії в інші, а в річках і каналах та інших дотичних екосистемах виносяться з верхніх ділянок у нижні.

Отже, чисельність популяції – відносна величина, яка для одного біотопу змінюється впродовж навіть короткого часу в досить широких межах [6, 10, 13].

Біомаса популяції гідробіонтів – це сума індивідуальних мас усіх її співчленів угруповання (фітопланктону, зоопланктону, фітомікробентосу чи зообентосу), що входять до його складу. Вона визначається як добуток чисельності на біомасу представників кожного окремого виду й виражається для планктону в міліграмах на кубічний дециметр води ($\text{мг} / \text{дм}^3$) або в грамах на кубічний метр чи на одиницю площі водного дзеркала ($\text{г} / \text{м}^2$). Біомаса бентосу та окремих популяцій і біоценозу загалом розраховується на 1 м^2 площі дна, також вона може бути виражена у ($\text{г} / \text{кг}$). Наприклад, біомаса перифітону на вищих водяних рослинах, а при дослідженні великих водойм – на 1 га ($\text{кг} / \text{га}$).

Біомаса популяції гідробіонтів, як і чисельність, змінюється в часі й просторі. Вона має відносне значення, указуючи на провідну чи другорядну роль цієї популяції в складі співугруповання.

Для визначення чисельності та біомаси гідробіонтів використовуються методи кількісного обліку, завдяки яким визначаються провідні види (домінанти, або лідери), субдомінанти, проміжні види (адомінанти) й другорядні (аутсайдери) у структурі біоценозів і показується відносна роль кожної популяції в угрупованні.

2. Регуляція чисельності популяції. Основним кількісним параметром популяції гідробіонтів є число особин та їх біомаса незалежно від площі (або об'єму води), яку вона займає. Прямої залежності між чисельністю й біомасою не існує: біомаса популяції, складеної з великої кількості дрібніших форм, може бути значно меншою, ніж популяція – із малочисленних, але більших за розмірами особин. Популяції одного виду, які мешкають у різних екологічних умовах, можуть істотно відрізнятися як за чисельністю, так і за біомасою. У великих водоймах трапляються численніші групи популяцій зі стійким генофондом, що забезпечує широкі можливості адаптації до змін умов середовища. За наявності екстремальних умов у невеликій водоймі малочисленні групи популяції повністю зникають,

натомість у значно більшої за розміром водойми зберігається частина популяції, яка поступово відновлює свою чисельність.

Одним із механізмів регуляції чисельності популяції гідробіонтів є **конкуренція**, унаслідок якої кількість особин скорочується. Проблема мінімальної життєздатності популяції, тобто визначення найменшої чисельності особин, яка б гарантувала їх існування протягом досить тривалого часу, є важливою. Зниження чисельності особин нижче певного рівня несе в собі небезпеку кінцевого витіснення такої нечисленної популяції іншими. Потрібно зауважити, що кожна популяція входить до складу угруповань гідробіоценозів, а їх стабільне існування можливе лише за умови певних кількісних співвідношень усіх його компонентів.

Динаміка чисельності популяцій визначається основними показниками – *народжуваністю та смертністю*. Проте між ними існує кореляція на видовому рівні. Так, у гідробіонтів, яких знищують численні хижаки, мало шансів пройти через усі стадії їхнього розвитку – від народження й до фізіологічно обумовленого періоду смерті, тому в них еволюційно закріпилася висока плодючість. Наприклад, самиці комара-пискуна впродовж весняно-літнього сезону відтворюють до трьох поколінь від 200 до 300 особин у кожному. Місяць-риба відкладає до 300 млн пелагічних ікринок, більшість яких виїдається тваринами багатьох видів. Натомість акули відкладають за сезон розмноження лише кілька яєць, укритих міцною оболонкою, що зберігаються до самого виходу з них личинок. Отже, видові параметри плодючості відображають середній рівень смертності, який характерний для кожного виду впродовж тривалого часу.

У процесі еволюції гідробіонтів чітко сформувалися законно-мірності регуляції чисельності популяцій, де спостерігається зв'язок ендогенних й екзогенних складників адаптації популяції до змін умов середовища. Серед екологічних чинників, таких як температура води, солоність, світловий період, можуть істотно змінювати не тільки спрямованість метаболічних процесів, а й характер розмноження гідробіонтів. У багатьох безхребетних може відбуватися перехід від безстатевого розмноження до статевого. При статевому розмноженні плодючість, як правило, знижується, натомість підвищується життєстійкість нащадків [15].

На зміну таких умов середовища, як тривалість світлового періоду або солоність води, коловертки та інші безхребетні реагують зміною характеру розмноження, що слід розглядати як екологічну адаптацію. Залежно від умов середовища співвідношення статей у популяціях при двостатевому розмноженні можуть бути різні.

За сприятливих температурних умов і достатнього забезпечення кормом у популяціях безхребетних розмноження відбувається лише партеногенетично, тобто без участі самців – *(ациклічно)*. Якщо за рік у безхребетних популяцій відбувається партеногенетичне й статеве розмноження, воно називається *моноциклічним*. У випадку, коли впродовж року одна самиця відкладає при статевому розмноженні кілька кладок яйцеклітин, розмноження називають *поліциклічним*. У пересихаючих водоймах відтворення популяцій відбувається переважно статевим способом.

Наприклад, за сприятливих умов у середовищі коловертки та деякі ракоподібні розмножуються партеногенетично, тобто без участі самців. При дефіциті корму або за несприятливих умов середовища в популяції з'являються самці й популяція переходить до статевого розмноження. Цей спосіб менш продуктивний і стримує розвиток популяції внаслідок відсутності кормової бази. Якщо ж партеногенетичні самиці відкладають яйця, із яких виходять знову самиці, то й далі продовжується партеногенез. Із появою несприятливих умов середовища з'являються так звані «міктичні» самиці, що відкладають яйця, із яких виходять самці, або яйця, які тривалий час можуть перебувати в неактивному стані. У результаті чисельність популяції не збільшується. Це один зі шляхів регуляції чисельності популяції. Він притаманний для гіллястовусих ракоподібних із родів «дафнія», «церіодафнія», «моїна» та більшості інших, а також для коловерток. У природних умовах статеве й партеногенетичне розмноження гідробіонтів цих популяцій може відбуватись одночасно або чергуватись залежно від забезпеченості кормами та зміни інших умов середовища. При погіршанні умов середовища переважає статеве розмноження й ріст популяції призупиняється.

Одним зі шляхів регуляції чисельності прісноводних ракоподібних є фільтраційний тип живлення. Ракоподібні не здатні відокремлювати органічні частинки від неорганічних і заковтують їх залежно від розміру. Тому підвищення каламутності води може

призвести до надходження в травну систему раків неорганічних речовин, які різко порушують процес травлення, унаслідок чого популяція втрачає здатність до відтворення. При хімічному забрудненні фільтратори накопичують отруйні речовини, зменшується їхня плодючість і, зрештою, вони гинуть від отруєння. Отже, ракоподібні є індикаторами чистоти водойм.

Вплив умов середовища, зокрема солоності води, на плодючість проявляється в зяброногих ракоподібних: артемії партеногенетики, що може проживати у високомінералізованих водах (до 200 ‰). Так, плодючість артемії залежить від коливань солоності води. При солоності 115 ‰ у водоймі виявляється до 72 % самиць, які виношують яйця або ембріони. При збільшенні солоності до 140 ‰ таких самиць залишається лише 49 %, а зі збільшенням солоності до 180 ‰ – не більше 15 %.

Отже, популяції гідробіонтів самі регулюють свою чисельність і тим самим адаптуються до змін умов середовища через репродуктивні процеси. Збільшення популяції відбувається завдяки народжуваності та міграції з інших місць. Мігруючі організми, що поповнюють популяцію того ж виду, – явище досить поширене, причому найлегше адаптуються до такого переходу – мальки мігрантів. Стабільна популяція формується при збалансованому співвідношенні народжуваності й смертності. Динаміка чисельності популяції засвідчує тісний зв'язок особливостей біології виду та умов його середовища. Вона є інтегральним показником ефективності всіх форм взаємодії виду з абіотичними чинниками середовища [13].

3. Інформаційно-функціональні зв'язки в популяціях гідробіонтів. Популяція як біологічна система надорганізованого рівня виконує різноманітні функції, які відбуваються в складних динамічних умовах середовища, зберігаючи свою самобутність у часі й просторі. Цілісність популяції та її самобутність у водному середовищі поруч із численними організмами інших популяцій можна зберегти завдяки функціональним відносинам між окремими організмами однієї популяції. Отже, популяція гідробіонтів – це така просторова сукупність особин, які тісно пов'язані між собою функціональними та інформаційними взаємозв'язками.

Відносини між окремими організмами в популяціях здійснюються через візуальні, звукові, вібротактильні та метаболічні контакти. Важливу роль у такому спілкуванні відіграють хімічні речовини – *феромони*, що утворюються в організмі гідробіонтів, виділяються у

воду й виконують сигнальну функцію. Завдяки їх розчинності у воді, вони швидко поширюються на значні відстані, сигналізуючи про статевий або міграційний стан особин. Феромони виділяють такі гідробіонти, як риби, ракоподібні, олігохети тощо. Так, самці риб завдяки феромонам підходять до місць нересту самиць і поливають ікру молоком. Специфічну роль феромони відіграють і під час утворення міграційних скупчень риб, баянусів та інших гідробіонтів. Також існують феромони й з іншими властивостями, що забезпечують внутрішньопопуляційні відносини.

Крім синальної функції, у відносинах між гідробіонтами популяції значну роль відіграють інформаційні контакти про місце перебування окремих особин або їх груп. Добре відоме таке явище, як світіння багатощетинкових *морських поліхет палоло*. У період дозрівання статевих продуктів у самиць поліхет розвиваються світільні органи, а в самців значно загострюється зір. Ці зміни в організмі пов'язуються із фазами Місяця та морськими припливами. Тому в цей період самиці спливають ближче до поверхні, унаслідок чого поверхня моря освітлюється й це служить сигналом для самців.

Інформаційні контакти в гідробіонтів також можуть здійснюватися за допомогою генерації електричних розрядів у риб або посилення ультразвукових сигналів у дельфінів. У безхребетних добре розвинуті системи контактів, пов'язані з відчуттям механічних коливань води. Варто зауважити, що гідробіонти володіють різноманітними механізмами попередження про небезпеку – це так звані звукові та зорові сигнали, які своєчасно інформують, наприклад, про наближення хижаків, що викликає реакцію переляку.

Спілкування гідробіонтів у межах однієї популяції здійснюється двома шляхами: 1) через знаходження інформації про окремі особини або їхні групи; 2) спадково закріплений стереотип поведінки, який стимулює їх до пошуку й підтримання контактів. Уся сукупність сигналів, які подаються організмами однієї популяції гідробіонтів, називається *сигнальним полем*. Завдяки йому організми шукають контакту один з одним у популяціях. Наприклад, виметування ікри рибами здійснюється переважно в тих місцях, де риби того ж виду вже відклали ікру. Рухливі личинки *морського жолудя (Баянус)* осідають найчастіше в місцях морського дна, де вже оселилися подібні їм організми. Завдяки такому притяганню формуються колонії одновидових організмів, створюється загальна просторова структура популяції [15].

Такі внутрішньопопуляційні угруповання організмів, які перебувають у найближчому сусідстві й безпосередньо пов'язані між собою певними формами сигналів, можна розглядати як елементарну структурну одиницю популяції. У зв'язку з тим, що популяція може займати досить значний ареал, а окремі її організми можуть перебувати на досить великій відстані, тому саме внутрішньопопуляційні групи забезпечують стійкість популяції загалом.

4. Щільність популяції гідробіонтів. Параметр щільності популяції гідробіонтів у її розвитку може мати як позитивне, так і негативне значення. У гідробіонтів, які ведуть поодинокий (відокремлений) спосіб життя, збільшення чисельності негативно впливає на їх розвиток, натомість зграйні риби та інші гідробіонти краще себе почувають у співтоваристві із собі подібними. Вони легше забезпечують себе кормом і менше витрачають енергії на його пошуки, перебуваючи в зграї. Наприклад, риба-жовтокрилка в акваріумі не виявляє пошукової активності щодо корму й упродовж кількох днів може зовсім не їсти. У співтоваристві 10 рибок їхня активність різко зростає і вони поїдають упродовж доби від 400 до 600 мг корму. Гольяни, омулі та деякі інші зграйні риби за високої щільності популяції є більш активними в пошуках корму.

Збільшення щільності популяції гідробіонтів, які ведуть зграйний спосіб життя, дає позитивні результати тільки в межах певного фізіологічного оптимуму, який характерний для кожного виду. Перенаселення, навпаки, негативно впливає на стан популяції. Отже, між щільністю популяції й природними умовами середовища повинна бути узгодженість. Популяція може мати генетично закріплену високу відтворювальну здатність, але її зростання стримується відсутністю достатніх кормових ресурсів.

Для оцінки узгодженості цих чинників уведено спеціальний термін *ємність середовища*. Він характеризує швидкість відновлення необхідних ресурсів для виявлення потенційних можливостей популяції – утворення нею продукції впродовж певного проміжку часу. Цей показник може істотно відрізнитися в окремих групах організмів однієї популяції, які перебувають у дещо відмінних умовах середовища. Наприклад, розвиток коловерток у водоймі може не відповідати потенційним можливостям виду та абіотичним

умовам середовища лише тому, що в нього було вселено велику кількість риб, які інтенсивно виїдали цих безхребетних [15].

Ємність середовища – це фактично його потенційні ресурсні можливості для відтворення біологічної продукції. Відтворювальними вони називаються тому, що при вилученні з водойм певної кількості організмів популяція має відновлюватися за рахунок розмноження тих особин, які залишились. Установлення відтворювальних можливостей популяції є важливим показником для науково обґрунтованого планування промислового лову риб та інших гідробіонтів. На відновлення біологічних ресурсів впливає не тільки інтенсивність їх вилучення, а й погіршення екологічних умов середовища.

На зменшення чисельності популяції гідробіонтів також впливають *метаболіти* – речовини їхньої життєдіяльності, що потрапляють у водне середовище. Їх концентрації, досягаючи критичного рівня, різко гальмують розвиток популяції. Значна їх частина може навіть загинути. Установлено, що шкіра видів риб, таких як миньок, балтійська мінога, виділяє речовини пептидної природи, що пригнічують активність ферментів, пов'язаних із репродуктивним процесом.

Під час збільшення щільності коропів у акваріумах без підсилення проточності води спостерігалось спадання активності дихальних ферментів, зменшення тканинного вмісту макроергічних фосфорильованих сполук і швидкості їх росту. При досягненні певної щільності в культурі дафній, моїн та інших ракоподібних призупинявся їх подальший розвиток і популяція починала знижувати свою чисельність. Отже, це також один із механізмів регуляції чисельності популяції в природних умовах.

Контрольні питання

1. *Дайте визначення популяції гідробіонтів.*
2. *Що таке чисельність популяції? Назвіть механізми її регуляції.*
3. *Що таке біомаса популяції гідробіонтів? Назвіть методи її обчислення.*
4. *Якими основними показниками визначається динаміка чисельності популяцій?*

5. Охарактеризувати інформаційно-функціональні зв'язки в популяціях гідробіонтів.

6. Як здійснюється спілкування гідробіонтів у межах однієї популяції?

7. Що таке щільність популяції гідробіонтів?

8. Як ви розумієте ємність середовища?

§ 7. Гідробіоценоз як складова частина водної екосистеми

1. Компоненти та функціонування гідробіоценозу.

Гідробіоценоз – структурно-функціональна частина водної екосистеми, до складу якої входять популяції різних видів систематичних груп рослин, тварин, мікроорганізмів, взаємопов'язаних між собою та акватопом, що його заселяють. На думку С. С. Трушевої, **гідробіоценоз** (від грец. біос – життя та кайнос – загальний) – це історично сформоване угруповання популяцій водних організмів, які зв'язані між собою різноманітними взаємовідносинами та населяють певний біотоп [18]. Гідробіоценози, на відміну від популяцій, складених з особин одного виду, – угруповання гідробіонтів різних систематичних груп. Їх об'єднує не тільки належність до певної акваторії, а протікання метаболічних процесів, представлених, передусім, трофічними взаємозв'язками впродовж тривалого часу.

Для гідробіонтів середовище їх існування є одночасно і їхнім внутрішнім середовищем, із якого вони отримують кисень, біогенні елементи та в яке виділяють продукти життєдіяльності (екзо-метаболіти). Між гідробіонтом і розчиненими у воді речовинами постійно здійснюється метаболічний зв'язок. Саме він і визначає цілісний характер гідробіоценозу. Отже, термін «гідробіоценоз» відображає міжпопуляційні взаємозв'язки гідробіонтів різних трофічних рівнів в умовах водного середовища. Сама назва визначає, що гідробіоценоз об'єднує три складові частини такої системи: «гідро» (водне середовище), «біо» (біота) і «ценоз» (угруповання).

Кожна екосистема, в т. ч. і водна, складається з двох основних компонента: абіотичний та біотичний. До складу абіотичної частини входять такі компоненти:

– **неорганічні сполуки** (вуглекислий газ, кисень, азот, вода, сірководень тощо), які включаються у біогенну (тобто за участю живих істот) міграцію речовини;

– **органічні сполуки** (відмерлі рештки рослин і тварин, продукти життєдіяльності організмів), які зв'язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозу;

– **мікроклімат** (пересічна температура, вологість, рельєф місцевості тощо), який визначає умови існування організмів.

– Біотичну частину біогеоценозу складають різні екологічні групи популяцій організмів, поєднані між собою трофічними та просторовими зв'язками:

– **продуценти** (від лат. *producentis* – той, що виробляє, створює) – популяції автотрофних організмів, здатних синтезувати органічні

– сполуки з неорганічних (водорості, зелені джгутикові, вищі рослини);

– **консументи** (від лат. *consumo* – споживаю) – популяції гетеротрофних організмів, які споживають інші організми або мертву органічну речовину (фітофаги, хижаки, паразити, сапротрофи);

– **редуценти** (від лат. *reducentis* – той, що повертає, відновлює) – популяції організмів, які живляться органічною речовиною залишків чи продуктів життєдіяльності організмів, розкладаючи її до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, тварини-детритофаги) [8, 18].

Функціонування гідробіоценозу пов'язане з перетворенням енергії. Енергія гідробіонтами витрачається на процеси росту, розмноження, рухову активність тощо. Гідробіоценози є відкритими системами. Вони потребують постійного надходження речовин й енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фотосинтезуючі організми вловлюють і перетворюють на енергію хімічну синтезованих органічних речовин. При цьому лише близько 1% світлової енергії, що падає на рослину, переходить в потенціальну енергію органічних речовин. Решта розсіюється у вигляді тепла. Коли тварини з'їдають рослини, то більша частина енергії, що міститься в кормах, витрачається на різні процеси життєдіяльності, перетворюючись при цьому на тепло і розсіюючись. Лише 1/10 енергії кормів переходить у

новозбудовану речовину тіла тварин. Те саме спостерігається при поїданні трав'янистих тварин хижаками [3, 18].

Отже, в природі не існує такого виду організмів, який би не був пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми отримують енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення.

2. Трофічна структура гідробіоценозу. Трофічні ланцюги в гідробіоценозі забезпечують автотрофні (*продуценти*) та гетеротрофні (*консументи*) організми. Перші з них (фітопланктон, вищі водні рослини) створюють органічну речовину, так звану первинну продукцію, яка стає джерелом живлення організмів інших трофічних рівнів. Другі (зоопланктон, деякі види риб) є споживачами перших. Консументи, зі свого боку, поділяються на *первинні* – рослиноїдні тварини (*фітофаги*) та *вторинні* – хижаки (*зоофаги*), які споживають первинних (рис. 2.1). У трофічному ланцюзі встановлюються складні взаємини між продуцентами й консументами. Гідробіонти, використовуючи спільний життєвий простір, постійно впливають на нього.

Варто зауважити, що гідробіоценоз може розглядатися як жива надорганізмена біологічна система тоді, коли всі її елементи будуть входити в єдиний взаємопов'язаний трофічний ланцюг кругообігу речовин й енергії. У водному середовищі існує два типи трофічних ланцюгів: *випасний та детритний (розкладання)*. Основу першого становлять водорості, потім рослиноїдні тварини, які поїдають водорості (консументи I порядку – зоопланктон, риби-фітофаги), потім риби – споживачі зоопланктону (консументи II порядку), далі хижаки (консументи III порядку).

Другий тип ланцюга починається від напіврозкладеної маси (детриту) рослинних і тваринних залишків в результаті життєдіяльності сапротрофних організмів-редуцентів (бактерій, грибів, мікроорганізмів тощо).

У будь-якому гідробіоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємопереплетені, тому що один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Ланцюги живлення, що переплітаються формують **трофічну мережу**. Її існування забезпечує стійкість гідробіоценозу, оскільки якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, то легко змінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність біоценозу залишається сталою [2, 18].

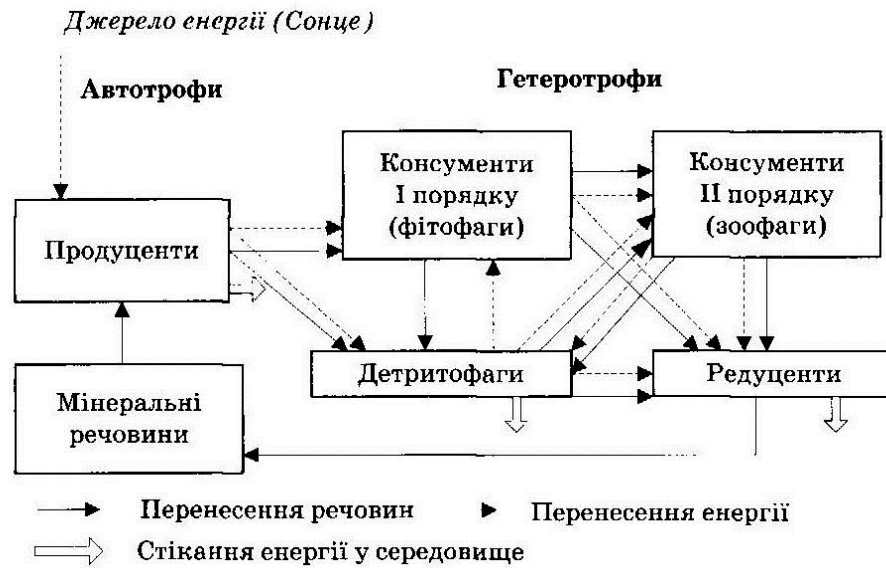


Рис.2.1. *Схема функціональної структури гідробіоценозу*

Унаслідок наявності таких ланцюгів живлення речовина й енергія у водному середовищі передаються в певній послідовності. Частина органічних і мінеральних речовин під впливом сонячної енергії бере участь у своєрідному кругообігу: *сонячна енергія + абіотичні чинники (мінеральні речовини) → первинна біологічна продукція й консументи → бактеріальне розкладання відмерлої продукції й консументів → мінеральні речовини* [7].

Залежно від кількості елементів, що входять до складу гідробіоценозу, визначається його наповненість та складність, структурованість й упорядкованість. Завдяки багатокomпонентності та багатофункціональності гідробіоценозів, вони функціонують як єдина система, підпорядкована специфічним закономірностям.

3. Видова структура гідробіоценозу. Гідробіоценози складаються з організмів різних видів, які в умовах конкретних біотопів утворюють окремі популяції. Кількісне та якісне співвідношення різних популяцій формують *видову структуру гідробіоценозу*. До складу структури можуть входити організми, які перебувають у ньому тимчасово. Структурними елементами гідробіоценозів є всі компоненти біоти (мікроорганізми, водорості, вищі водяні рослини, безхребетні, риби, хребетні тварини).

Видова структура гідробіоценозу оцінює значення окремих видів організмів у функціонуванні водної екосистеми. Не всі співчлени гідробіоценозу відіграють однакову роль. Одні з них є *домінантами*, що представлені значною кількістю особин і великою біомасою. Інші

– *субдомінанти* – у функціонуванні екосистеми відіграють меншу роль. Також виділяються особини, що відіграють другорядну роль – другорядні, або *адомінанти* та *випадкові* особини, що випадково віднесені до гідробіоценозу. Співвідношення окремих видів популяцій та їх домінуюча роль у трансформації речовин й енергії визначаються *чисельністю, біомасою та витратами* енергії на обмін речовин. Кожен гідробіоценоз має свої, притаманні лише йому особливості, свою структуру доміinantних форм гідробіонтів й енергію їх метаболізму.

Тому роль окремих видів як доміinantів оцінюється не тільки кількісним показником особин, а й трансформацією енергії. Отже, серед доміinantних видів у гідробіоценозах виділяються *види-едифікатори*, тобто такі, які в процесі своєї життєдіяльності найбільше впливають на стан водного середовища й на інших членів гідробіоценозу. Так, наприклад, масовий розвиток молюска дрейсени, утворюючи багаторусні обростання, істотно змінює умови середовища для інших гідробіонтів, які розвиваються на розмежуванні фаз вода – твердий субстрат.

Охарактеризувати гідробіоценози можна за такими поняттями, як *видове різноманіття* та *коефіцієнт видової спільності*, або *видової подібності гідробіоценозів*.

Видове різноманіття гідробіоценозу – це кількісне співвідношення окремих видів гідробіонтів, які входять до його складу. Воно оцінюється за індексом К. Шенона:

$$N = \sum_{i=1}^m \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N}{N_i}, \quad (2.1)$$

де N_i – чисельність кожного i -го виду; N – загальна чисельність усіх видів у співугрупованні; m – число груп. Для розрахунків індексу можна використовувати й біомасу гідробіонтів.

Індекс Шенона характеризує видовий склад і чисельність гідробіонтів – компонентів гідробіоценозу й досить адекватно відображає його різноманіття.

Водні екосистеми з низьким біотичним різноманіттям, що живуть за рахунок легкодоступної зовнішньої енергії, можуть бути досить стійкими в часі й способі протистояння зовнішнім негативним чинникам, якщо надходження поживних речовин іззовні зберігається на достатньому рівні впродовж тривалого часу.

У цьому випадку навіть гідробіоценози з низьким показником видового різноманіття можуть бути оптимальними.

За сприятливих умов середовища чисельність видів гідробіоценозів зростає, однак у кількісному відношенні кожен із видів представлений меншою кількістю особин. І, навпаки, у несприятливих умовах зменшується видове різноманіття, проте чисельність кожної популяції вища. Видове різноманіття гідробіоценозів залежить від часу їх існування. Видів особин гідробіоценозів, що давно сформували водні екосистеми, значно більше, ніж молодих. Наприклад, у штучно створених водоймах-накопичувачах і рибних ставках після їх спуску більшість гідробіонтів гине, а після заповнення водою процес відновлення видового складу та чисельності популяцій відбувається досить повільно [10, 15].

Для оцінки ступеня видової подібності гідробіоценозів використовують *коефіцієнт видової спільності*, або видової подібності, який показує відсоткове відношення числа спільних видів до загальної кількості видів. Для обчислення коефіцієнтів застосовують індекси, запропоновані Жаккаром, Серенсенем і Константиновим.

Індекс Жаккара:

$$K = \frac{c}{(a + b) - c} \quad (2.2)$$

Індекс Серенсена:

$$K = \frac{2c}{a + b} \quad (2.3)$$

де a і b – число видів, виявлених у кожному гідробіоценозі, що порівнюються, c – кількість спільних для них видів.

Індекс Константинова:

$$K = \sum_{i=1}^N \min(a_i^1, a_i^2) \quad (2.4)$$

де a_i^1 і a_i^2 – відповідно, найменша чисельність i -го виду в частці від загальної чисельності в першому й другому порівнюваних гідробіоценозах; N – загальне число видів у порівнюваних гідробіоценозах [15].

Із вищесказаного випливає, що гідробіоценози складаються не тільки з видів, які представлені досить численними популяціями домінантами, а й із представників малочисленних видів –

аутсайдерів, які є резервом для поповнення та заміщення видів-домінантів.

Отже, чим більше видове різноманіття гідробіоценозу, тим він стійкіший до змін умов середовища.

4. Роль течій у формуванні структури гідробіоценозу. Течії відіграють вагомую роль у функціонуванні водних екосистем, зокрема в обміні між окремими ділянками біотопу, перерозподілі тепла, кисню, переміщенні гідробіонтів, розбавленні забруднюючих речовин, які надходять зі стічними водами тощо. З течіями також пов'язано переформування берегів, замулення окремих ділянок річкового русла та дна водойми.

Залежно від переважання того чи іншого типу течій у водному об'єкті формується певна структура біоценозів. Власне розрізняють біоценози річкові, що складаються з *реофільних* видів, і озерні, до складу яких входять *лімнофільні* організми.

Реофільні організми – це гідробіонти, що пристосувались до життя в проточних водоймах. Вони здатні протистояти сильній течії, мають добре розвинені органи кріплення, закопуються в донні ґрунти, ховаються в спеціальних притулках-будиночках, що збудовані ними або добре плавають. До реофільних гідробіонтів відносяться губки, моховатки, личинки деяких комах, деякі види молюсків, ракоподібних і риб.

Озерні біоценози формуються з **лімнофільних** організмів, що пристосувались до існування в стоячій водоймі. Гідробіонти, що входять до складу цих біоценозів, можуть ширяти в товщі води (лімнопланктон), активно пересуватись в ній (лімnoneктон) або жити на дні водойми (лімнобентос). Лімнофільні гідробіонти, на відміну від реофільних, менш вибагливі до концентрації розчиненого кисню у воді. З макрофітів у стоячих водоймах найбільше зустрічаються занурені, плаваючі й напівзанурені рослини.

У річках виникають **стічні течії**, в результаті нахилу водної поверхні, які є постійними. Вони є швидкими в гірських річках і повільними – в рівнинних. Стічні течії у водосховищах (зокрема, дніпровських) залежать від режиму роботи гідроелектростанцій. Найбільша швидкість стічних течій співпадає з максимальним денним навантаженням на гідроелектростанції [9, 14].

Вітрові течії зумовлені переміщенням верхнього шару води під впливом вітру, який може змінювати нахил водної поверхні.

Наганяння водних мас відбувається у напрямі вітру. До вітрових течій відносяться **дрейфові** та **компенсаційні**. Останні виникають в глибинних або придонних шарах води. Дрейфові течії утворюються у поверхневому шарі води та пов'язані безпосередньо з її переміщенням у водних об'єктах під впливом вітру. Швидкість дрейфових течій здебільшого у континентальних водоймах не перевищує 5–10, а під час шторму може сягати 100 см/с. З урахуванням можливих вітрів, швидкість дрейфових течій в Канівському, Дніпродзержинському і Запорізькому водосховищах становить 7–10, а в Київському, Кременчуцькому і Каховському – 10–17 см/с.

Унаслідок дії сили тяжіння у водоймах відбувається вертикальне **конвективне перемішування водних мас** – важчих шарів води з більш легкими. Це зумовлено різною густиною водних шарів, що залежить від температурного, сольового та вітрового чинників. У результаті конвективних процесів в озерах, водосховищах і ставках відбувається досить швидке перемішування холодних і теплих вод ранньою весною – після танення криги та восени – при її утворенні. З конвективним перемішуванням пов'язані процеси самоочищення водних екосистем, перенесення поживних речовин та екзометаболітів.

Припливні течії – це течії, що виникають у морях та океанах внаслідок сили тяжіння Місяця та Сонця. Останні зумовлюють періодичні коливання рівня моря, що поширюються з відкритого океану в затоки, естуарії та гирлові ділянки річок, де відбувається змішування річкових і морських вод. Під час відпливу деякі з гідробіонтів можуть закопуватись у донний ґрунт, інші (наприклад, молюски) – закривати стулки і в такому стані знаходитися до його закінчення.

Для річок Чорноморського басейну і Приазов'я властиві згінно-нагінні явища, що зумовлені вітром. Якщо вітер дме з моря, значні маси води рухаються з Чорного моря в Дніпровсько-Бузький, Дністровський лиман і приморську частину дельти Дунаю. При сильному вітрі солоні морські води можуть проникати у пониззя Дніпра. У випадку, коли вітер дме з суші на море, навпаки, фіксується значне поширення річкових прісних вод вглибину моря і зменшення солоності морської води. Такі зміни гідрологічного і гідрохімічного режиму зумовлюють значну видову різноманітність

флори і фауни (морську, солонуватоводну, прісноводну) в естуарних екосистемах [16, 17].

5. Гідробіоценози перехідних екологічних зон (екотонів). Між гідробіоценозами завжди існує перехідна зона. Її розмір становить від кількох метрів до декількох сотень метрів. Перехід від одного гідробіоценозу до іншого може бути повільним або різким.

Основні біоценози морів і континентальних водойм. Межу між екотопами гідробіоценозів при переході один від одного провести не можливо, бо біота кожної водойми є цілісною системою. Так, наприклад, біотоп пелагічних співтовариств виділяється завдяки існуванню рухомих тварин, вертикальними й горизонтальними міграціями гідробіонтів, уходженням особин однієї популяції в різні біоценози, нечіткою вираженістю меж між окремими водними масами. Натомість для виявлення в межах усієї водойми найбільш крупних співтовариств і тих, із яких вони самі складаються, керуються біотопічним, географічним й іншими принципами. Згідно з принципом виділення гідробіоценозів, що використовуються, вони називаються або за біотопічною ознакою (біоценози скель, піску, літоралі тощо), біономічною – за домінуючими видами або життєвими формами (наприклад біоценоз мангрових чагарників, сестонофагів тощо), або географічним районом (наприклад центральний баренцевоморський, східний баренцевоморський тощо).

Біоценози Світового океану. Функціонально повноправні біоценози існують у Світовому океані на шельфі та в епіпелагалі. На глибинах океану у зв'язку з відсутністю фотосинтетиків, населення представлено функціонально неповноправними біоценозами, що існують за рахунок надходження алохтонної органіки. Біоценози найбільших глибин океану внаслідок виникнення труднощів у їх вивченні ще слабо досліджені.

Біоценози шельфу. Прибережні райони Світового океану вирізняються надзвичайною строкатістю умов середовища та, відповідно, украй складним біоценотичним розчленуванням, що є характерним для літоралі. Структура біоценозів визначається характером ґрунтів, хвилями, особливостями водних і повітряних мас. На відкритих океанічних мілководдях із піщаним або дрібнокам'янистим ґрунтом існують лише прикріплені та ті організми, що зариваються або дуже рухомі. Присутність скель

створює сховища від штормових хвиль, зумовлюючи таким чином підвищення видової різноманітності населення й появи біоценозів різко іншого складу. Напівзакриті та закриті прибережні райони характеризуються біоценозами, багатшими у видовому різноманітті, ніж у прибіжній зоні, де відсутні притулки.

Як правило, у шельфових біоценозах спостерігається різке домінування за чисельністю й біомасою одного або небагатьох видів. Ці домінуючі організми стають найважливішим елементом біотопу для інших гідробіонтів, надаючи їм, зокрема, притулки та їжу, завдяки чому видова різноманітність і біомаса біоценозів різко зростають. Наприклад, на устричних і мідієвих банках, у чагарниках ламінарієвих і фукусових водоростей трапляється до ста й більше представників макробентосу з біомасою до 20–30 кг/м² і більше. Отже, чим менше видів має домінуючий біоценоз шельфу, тим вищі його видова різноманітність і біомаса.

Для більшості рослин спостерігається «живонародження», коли насіння проростає на дереві, проростки якого мають добре розвинене коріння, що падає у воду та вкорінюється в ґрунті. Серед коріння чагарників містяться численні нори крабів. Інфауна внаслідок насичення мулу сірководнем практично відсутня. Відмерле листя мангрів відіграє важливу роль у трофічних ланцюгах співтовариства гідробіоценозів.

На мілководдях теплих морів поширені коралові споруди, що складаються з мадрепорових коралів та вапнякових червоних водоростей (литотамнії), які утворюють так звані берегові, бар'єрні рифи й атоли. Перші прилягають безпосередньо до берега, створюючи широкі мілководні тераси. Бар'єрні рифи складаються з коралових гряд, що простягаються на деяку відстань від берегової лінії й відокремлені від неї лагуною. *Атоли* – коралові острови з лагуною всередині. Коралові рифи є високопродуктивною, добре збалансованою екосистемою із сильнорозвиненими симбіотичними зв'язками.

Коралові рифи дають притулок численним ракоподібним, голкошкірим, червам. Зграї яскраво забарвлених риб «пасуться» на водоростях і коралах, харчуються сестоном. Глибше тримаються акули й мурени. Уночі активні лангусти та інші ракоподібні, безхребетні, що вдень ховаються в міжгір'ях. Загалом коралова екосистема вирізняється високим ступенем збалансованості.

Співвідношення дихання й фотосинтезу в цьому виключно продуктивному співтоваристві близьке до 1, тобто воно перебуває в стані, дуже близькому до зрівноваженого [6, 10].

Біоценози літоралі характеризуються великою різноманітністю видів. Цьому сприяє наявність твердих ґрунтів літоралі, а з іншого боку – великі можливості отримання їжі для нерухомих тварин, що пов'язано з високою концентрацією їжі у воді та її значною рухомістю (припливно-відпливні явища), завдяки чому забезпечується транспорт харчових частинок до ловецьких органів нерухомих тварин. Більшість бентосних організмів літоралі харчується детритом, який міститься в придонному шарі води, на ґрунті й усередині нього. Зокрема, на опуклих елементах рельєфу, що розмиваються водою, детрит переважно перебуває в завислому стані. На рівних поверхнях він сконцентровується в ґрунті, а в западинах – усередині нього. У зонах, де багато завислого детриту, переважно живуть так звані сестинофаги. Там, де він скупчується на поверхні, – організми, що збирають корм на ґрунті. У місцях підвищеного вмісту детриту в ґрунті – організми, що харчуються пропусканням ґрунту через кишківник. Отже, у морі ділянкам із різними умовами накопичення осадів відповідають райони поширення біоценозів одного трофічно типу, що називаються *трофічними зонами*.

У чергуванні трофічних зон є певна послідовність, яку схематично можна виразити таким чином. На кам'янистому узбережж найбільш виразною є фауна нерухомих сестинофагів. За нею розміщується зона з перевагою тварин, що збирають детрит на ґрунті, а ще глибше – зона, заселена переважно ґрунтоїдами.

Окраїнні та внутрішні моря характеризуються послабленою гідродинамікою, що створює придатні умови для розвитку сестинофагів, які значно відмінні від особливостей ложа океану. Це зумовлено тим, що органічна суспензія перебуває в завислому стані й переважають процеси її акумуляції. Дно океану заселене детритофагами, які використовують суспензію як корм. Отже, у Світовому океані виділено вузькі шельфи з динамічно активними водами та широкі – із послабленою гідродинамікою вод. Згідно з вищезазначеним, на широких шельфах окраїнних морів або всередині їх спостерігається зона накопичення мулистих відкладень, а на вузьких шельфах, що переходять у зону ложа

океану, – звужена, або зрушена на нижні горизонти схилу, або відсутня зовсім.

Основні біоценози пелагіалі. Пелагіаль Світового океану складається зокремих водних мас, що розрізняються між собою як за походженням, так і за гідрологічними характеристиками (розподіл температури за глибиною, солоність тощо). Кожна водна маса, що існує тривалий час, є біотопом, у єдності з яким може існувати тільки певне співтовариство. Населення пелагіалі складається з невеликої кількості біоценозів, оскільки у відкритому океані стійко існують тільки ті водні маси, які містяться в межах великомасштабних кругообігів; інші кругообіги, що виникають періодично, не можуть забезпечити формування й існування біоценозів через свою нестійкість і бути біотопом. До великомасштабних кругообігів належать ті, які за свою довжину мають межі берегів океанів. У ширину вони лежать симетрично по обидві сторони від екватора. В Атлантичному й Тихому океанах розрізняють два тропічних, два субполярних і два полярних кругообіги. В Індійському океані є відповідні південні кругообіги. Окремі великомасштабні кругообіги здійснюються в різних кліматичних зонах, і тому водні маси, які вони переносять, істотно відрізняються одна від одної за температурою, солоністю й іншими гідрологічними характеристиками, що зумовлюють біотопічну специфіку цих водних мас.

Області великомасштабних кругообігів не змішуються між собою й розділяються більш-менш широкими нейтральними водами, у межах яких можливе існування власних стійких круговоротів. Відповідно до цього у відкритому океані виділяється населення великомасштабних кругообігів – океанське та нейтральних вод. Крім того, існує населення однорідних глибинних вод за своїми властивостями, представлене єдиним біотопом, і різноманітне населення прибережних вод на певних ділянках, що також є самостійним біотопом.

У пелагіалі Світового океану виділяються *біоценози неритичної та океанічної зон*. Перша зона характеризується великою кількістю гетеротопних форм, що мешкають на одних стадіях розвитку на дні, а на інших – у товщі води. Планктонні рослини часто мають зародки, які лежать на дні, а більшість тварин представлено в планктоні лише личинками. Найбільш масові

форми фітопланктону стосуються діатомових водоростей і динофлагелатів.

Фітопланктон неритичних (прибережних) біоценозів у всіх широтних зонах кількісно багатший, ніж океанічних, завдяки змішуванню прибережних вод припливно-відпливними явищами. Вагоме значення для розвитку фітопланктону має винесення біогенів річковими водами у прибережні смуги.

Для зоопланктону біоценозів неритичної зони характерні наявність величезної кількості пелагічних личинок бентосних організмів, висока прозорість і криптичне забарвлення його представників [10, 15].

Біоценози континентальних водойм. Невеликі розміри континентальних водойм, як правило, виключають значну диференціацію їхніх біоценозів. Тільки в дуже великих озерах і річках може спостерігатись істотна зміна умов, зумовлена поділом водойм на різні географічні ділянки. Разом із тим високий ступінь ізоляції континентальних водойм один від одного, своєрідність режиму в кожному з них і велика залежність від умов суходолу створюють істотні відмінності між співтовариствами гідробіонтів навіть у довколишніх водоймах. Так, наприклад, крайньою строкатістю умов існування характеризуються озера різного походження, відповідно до чого вони мають різко відмінне населення. Біоценози річок дуже різноманітні. Різноманітність визначається характером живлення, особливостями водозбірної площі, термічним і гідрохімічним режимом річки. Ще більш варіабельні біоценози різних штучних водойм, що різко відрізняються один від одного низкою окремих чинників. Одні з них, наприклад, піддаються підігріванню (скидання теплих вод), інші – сильному забрудненню, треті – осушенню й промерзанню тощо. Характерне для біоценозів континентальних водойм переважання деструкції органічних речовин над їх новоутворенням. На відміну від Світового океану, континентальні водойми отримують із суші разом із поверхневим стоком відносно більшу кількість алохтонного органічного матеріалу. За рахунок його енергії, що доповнює енергію автотрофів, у континентальних водоймах розвивається додаткова кількість консументів. У результаті біологічне розсіювання енергії в континентальних водоймах переважає над її акумуляцією.

Біоценози річок. Річкам із їхнім біотопічним різноманіттям відповідає значне біоценотичне розчленовування. Істотних змін, зокрема, зазнає планктон річок із просуванням із верхів'я до гирла. Якщо річка бере початок в області вічних снігів або льодовиків, планктон у її витоках майже відсутній. Приблизно те саме спостерігається у витоках річок, що беруть початок із джерел і боліт. Формування річкового планктону починається з моменту надходження його в річку з водойми додаткової системи. Крім цього, планктон починає розвиватися з різних зародків, що потрапляють у річку із суходолу. Оскільки винесення водоростей (що не чинять опір течії) відбувається відносно сильніше, ніж тварин, фітопланктон річок порівняно багатший. Із тварин, наприклад, коловертки жвавіші, ніж ракоподібні, і представлені багатше, ніж останні.

Із просуванням униз за течією річки біоценози пелагіалі піддаються закономірній трансформації. Відповідно до падіння швидкості течії й освітлення води, фітопланктон рівнинних річок збагачується. Кількість першоїжі, що утворюється ними, збільшується. При цьому домінуючого значення набувають ракоподібні. Закономірна зміна пелагічних співтовариств у річці пов'язана з чергуванням у ній плес і перекатів. У плесах, де вода освітлюється, біомаса автотрофного компонента, як у відносному, так і в абсолютному значенні, зростає, натомість у гетеротрофному компоненті підвищується роль рачків-фільтраторів. Подібна картина біоценотичної зміни, спостерігається з переходом від корінного русла до приток, русел і заплав. У рівнинних річках із прозорою водою, у яких ступінь утилізації тваринами продукуюваної автотрофами органічної речовини далекий від максимальної, значна кількість водоростей і продуктів їх розпаду надходить на дно. Це створює сприятливі трофічні умови для існування ґрунтоїдів і детритофагів. У річках або окремих їхніх ділянках із досить каламутною водою біоценози пелагіалі украй бідні продуцентами й макроконсументами, тоді як відносна роль мікроконсументів зростає за рахунок розвитку алохтонної органіки [10].

Диференціація біоценозів на дні річки виражена різкіше, ніж у пелагіалі. На ділянках річок із кам'янистим дном бентос представлений *літореофільними* біоценозами. Значну роль у них відіграють продуценти, представлені мохом, колоніальною зеленою водоростю, багрянкою, бентосними діатомовими й іншими

водоростями. Тварини представлені великою кількістю видів: найпростіші, олігохети, личинки комах, сумарна біомаса яких у біоценозі порівняно велика. Характерна особливість співчленів біоценозу – здатність протистояти течії та вловлювати їжу, привнесenu течією. У місцях із піщаним дном під впливом течії формуються *псамореофільні* біоценози, оптимальні умови для них – пісок із розміром зерен від 0,25 до 1 мм. Продуценти в псамореофільних біоценозах, як правило, представлені слабо, часто – це діатомові, такі, що прикріплюються до піщинок клейкими ніжками. Біомаса консументів не дуже велика, їх видовий склад відрізняється невеликою різноманітністю й представлений формами, що пристосовані до життя в рухомому піску. Там, де ложе річок утворене глинами, виникають *аргілореофільні* біоценози, представники яких мешкають у норах або прикріплюються до поверхні субстрата. Аргілореофільні біоценози на біомасу та видову різноманітність порівняно бідні, поступаються лише літофільним і псамофільним співтовариствам.

Продуценти в нижній течії річок відсутні, а консументи представлені детритофагами й ґрунтоїдами. *Фітореофільні* біоценози утворюються чагарниками водних рослин, у яких міститься велика кількість продуцентів і консументів. До перших належить більшість видів макрофітів й одноклітинних водоростей, що селяться на них, серед інших переважають ті, що мешкають на макрофітах сестонофагів. Біомаса та видова різноманітність фітореофільних біоценозів характеризуються високими показниками. Характерна межа цих біоценозів – сезонність існування (відмирання до зими макрофітів).

Отже, автотрофний компонент у річкових біоценозах, зазвичай, значно поступається гетеротрофному за кількістю трансформованої енергії. Різке, іноді багатократне переважання деструкції над продукцією пов'язане з надходженням у річку алохтонної органіки з водозбірної площі [15].

Біоценози озер. На відміну від річок, в озерах автотрофний компонент біоценозів значною мірою представлений фітобентосом, особливо в прибережній смугі водойм, де часто утворюються могутні чагарники вищих рослин. У результаті відмирання макрофітів утворюється величезна кількість детриту, який накопичується в ґрунті літоралі, субліторалі й частково поступає в профундаль. Відповідно до цього в харчовій мережі озерних

співтовариств добре виражені детритні ланцюги живлення. Висока прозорість озерної води та присутність у ній достатньої кількості біогенів забезпечують високий ступінь розвитку іншого автотрофного компонента – фітопланктону. У результаті співтовариства біоценозів озер вирізняються високою біомасою, хоча за видовою різноманітністю часто поступаються річковим.

Зазвичай в озерах виділяють біоценози профундалі, що займає основну западину озера, біоценози літоралі та біоценози водної товщі озера. У профундалі відсутні вищі рослини, ґрунт мулистий і в більшості озер тут формується порівняно небагатий однорідний за видовим складом пелофільний біоценоз на великій площі. Основний компонент біоценозу – олігохети й личинки хірономід. У нижній літоралі озер найбільш поширені пелопсамофільний і фітофільний біоценози. Перший біоценоз складається з личинок хірономід, одноденок і джерельників, різноманітних молюсків (горошинки, шарівки, беззубки, перлівниці), черв'яків, придонних рачків (хідориди, веслоногі, черепашкові). Фітофільний біоценоз нижньої літоралі включає дрібні хірономіди й олігохети, що селяться на макрофітах. У верхній літоралі формуються біоценози найрізноманітнішого складу залежно від типу озер і біотопічного розчленування узбережжя. Для всіх біоценозів відкритої частини озер характерне типове переважання деструкції над продукцією – результат надходження в кругообіг додаткової органіки алохтонного походження. Чим дрібніше озеро й, відповідно, більша його площа мілководдя, тим більшу роль відіграють біоценози літоралі, у яких продукція є вищою за деструкцію та, відповідно, підвищується трофність усієї водойми [15].

Біоценози водосховищ. Водосховище характеризується властивостями як озер, так і річок, для яких поширений розвиток реофільних і лімнофільних біоценозів. Перші біоценози зберігаються у верхів'ях водосховищ після зарегулювання стоку річок, другі – найбільш виражені в пригребельних ділянках.

Серед реофільних співтовариств частіше за інших зберігаються пелореофільні, у менше – псамо- й літореофільні (рис. 2.2). За своїм видовим складом і трофічною структурою вони близькі до відповідних річкових біоценозів. Характерні для водосховищ лімнофільні співтовариства значно відрізняються від озерних слабкою або майже повною відсутністю прибережних чагарників – макрофітів, що зумовлено постійним розмиванням берегів

водосховищ, обсиханням обширних прибережних смуг під час літньої обробки рівня й промерзання в зимовий час. Інша відмінність лімнофільних співтовариств водосховищ від озерних полягає в меншому розвитку автотрофного компонента в товщі води внаслідок високої каламутності, зокрема в прибережних середніх ділянках. Після шторму вода на міліні стає каламутною, що не сприяє розвитку планктону. У зв'язку з цим у водосховищах практично відсутній мікрофітобентос. Тому автотрофний компонент у біоценозах водосховищ виражений значно слабше, ніж в озерних. Натомість фітопланктон у багатьох водосховищах на рівнинних річках розвивається так бурхливо, що влітку спостерігається цвітіння води.

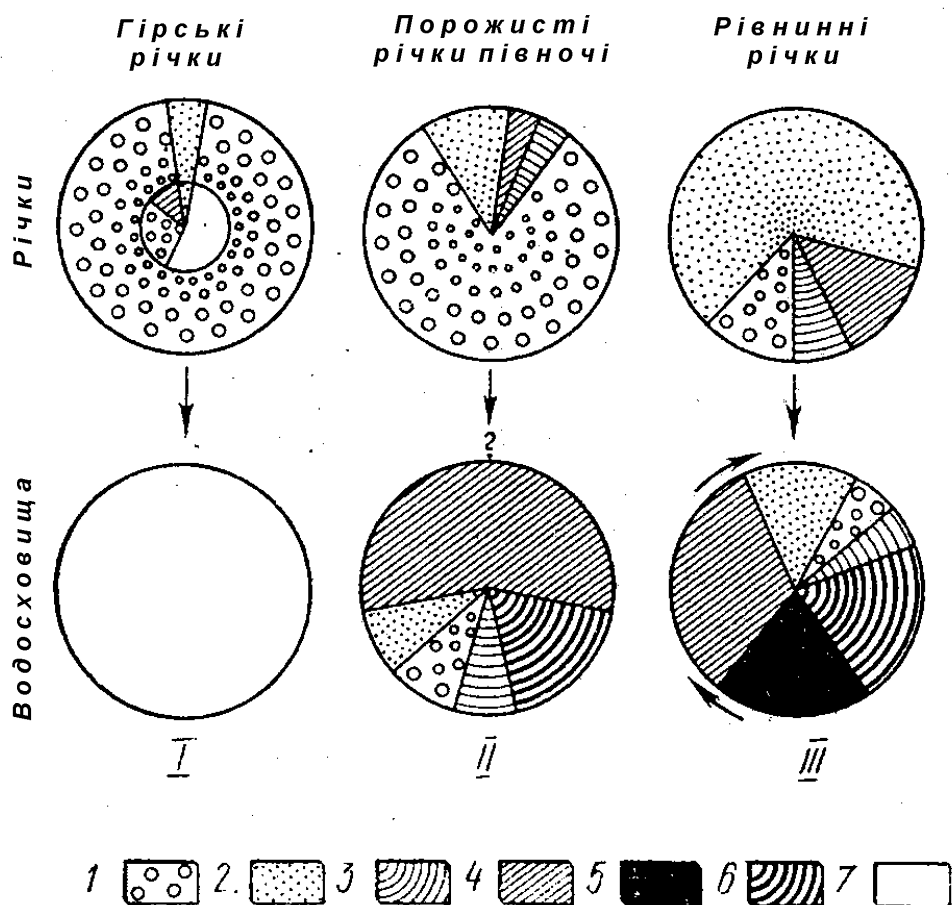


Рис. 2.2. Схема формування донної фауни у водосховищах на річках різного характеру (I, II, III) (за Жаднюгом, 1950) [10]. Біоценози: 1 – літоральний, 2 – псамофільний, 3 – фітореофільний, 4 – пелореофільний, 5 – пелофільний, 6 – фітофільний, 7 – фауна відсутня.

У водосховищах слабо представлений гетеротрофний компонент, порівняно з автотрофним. З одного боку, це – наслідок слабого розвитку фітобентосу, у якому трофічний потенціал донних біоценозів низький, якщо не врахувати алохтонної органіки, яку використовують переважно бактерії й гриби, з іншого – це нестабільність ґрунту, що негативно позначається на існуванні донних співтовариств. Так, після шторму на обширних мілководних площах водосховищ вода навіть візуально відрізняється за своїм кольором через присутність у ній великої кількості замуленого матеріалу [10].

У цей час у прибережних районах під час розмиву й подальшого осідання ґрунту відбувається справжнє спустошення донних співтовариств. До певної міри страждають від цього й біоценози центральних районів водосховища. Часто біоценози дна є недостатньо насиченими, бо початковий біофонд – реофіли річок – має обмежені можливості процвітання в змінених умовах, а поповнення новими формами відбувається мимоволі.

Отже, навіть наявний дуже високий трофічний потенціал водосховищ у донних співтовариствах часто недовикористовується. Тому акліматизаційні роботи відносно донних безхребетних дуже часто й зі значним біологічним успіхом проводяться саме на водосховищах. Переважання деструкції над продукцією в співтовариствах водосховищ (часто в десятки та сотні разів) виражене сильніше, ніж в озерних і річкових біоценозах.

6. Міжпопуляційні відносини в гідробіоценозах. Популяції, що входять до складу певного гідробіоценозу перебувають у постійному контакті та досить складних взаємних відносинах. Останні можна поділити на *антагоністичні, позитивні та нейтральні*.

При *антагоністичних* взаємозв'язках (конкуренція, хижацтво, аменсалізм, паразитизм) кожна із взаємодіючих популяцій зазнає негативного впливу іншої.

Конкуренція – це відносини між організмами популяції одного виду (внутрішньовидова), або різних (міжвидова) видів, за яких використання певного ресурсу водного середовища (корм, біотоп тощо) одними із них зменшує його доступність для інших. Форми конкурентних взаємодій можуть бути найрізноманітнішими – від прямої боротьби до опосередкованого впливу (наприклад, спільне споживання певної їжі). Найгостріше конкуренція

відбувається між особинами одного виду або різних видів з подібними екологічними потребами [12].

Існує **правило конкурентного витіснення Гаузе**: популяції двох видів з однаковими екологічними потребами не можуть тривалий час існувати в одному гідробіоценозі: або один вид витіснить інший, або ж їхні екологічні ніші стануть менш подібними. Більш конкурентноспроможним, як правило, є той вид, який швидше пристосується до змін навколишнього середовища. Так, в Україні останнім часом має місце витіснення широкопалого річкового раку довгопалом, який виявився витривалішим щодо зростаючого антропогенного впливу на річкові екосистеми: цей вид менш вибагливий до забруднення водойм, вмісту кисню у воді і плодючіший за широкопалого рака [11, 18].

Хижацтво характеризується виживанням одних організмів за рахунок поїдання інших. Воно може набувати різних форм. Особливістю хижацтва є те, що в цих стосунках один вид витрачає багато енергії і кмітливості, щоб схопити та з'їсти жертву, а інший вид – щоб втекти. Перший і другий у процесі тривалої еволюції екологічно адаптувалися: хижак розвинув такі якості, як гострота органів чуття, блискавична реакція і швидке плавання тощо, а жертва, в свою чергу – захисне забарвлення, панцирі, шипи, голки, отруйні викиди тощо.

Співвідношення особин популяцій хижака і жертви, зазвичай, є таким, що забезпечує безмежно тривале співіснування видів, а отже, і біологічну регуляцію популяцій. Хижаки є санітарами популяцій, якими вони живляться, регуляторами їх чисельності. Чисельність хижаків у десятки й сотні разів менша, ніж їх жертв. При відсутності хижака відбувається різке збільшення чисельності деяких популяцій, яке часто має форму вибуху [18].

Хижаками бувають також і рослини. Так, на вільчастих листках пухирника розміщені пухирці, які мають вхідний отвір, що закривається клапаном. Оскільки листя занурене у воду, через такий отвір у пухирці заходять личинки риб і, не маючи можливості повернутися назад, гинуть, а продукти розкладу тіла засвоюються цією рослиною. Листя іншої рослини – альдрованди пухирчастої – вкрите тонкими волосинками, під час дотику до яких листя скручується, утворюючи камеру, де ховються дрібні личинки риб та деякі безхребетні, а продукти їх розкладу засвоюються рослинами.

Аменсалізм – це одностороння негативна дія однієї популяції на іншу без будь-якої користі для себе. Аменсалізм досить широко поширений у водних рослин. Так, наприклад, щорічно біля берегів Флориди під час “червоного припливу” гинуть мільйони риб від токсичних виділень червоних водоростей. Таке явище полягає в гальмуванні росту одного виду (*аменсала*) продуктами виділення іншого, відоме лише у рослин і називається *алелопатією*. Це, по суті, відповідає поняттю прямої конкуренції, антагонізму чи антибіозу. Виділення антибіотиків та отруйних речовин є «хімічною зброєю» гідробіонтів у боротьбі за існування [12].

Паразитизм – це форма відносин двох різних організмів, які належать до різних видів, коли один з них (*паразит*) живе за рахунок іншого (*живителя*). Він характеризується більш складним, ніж хижацтво, антагоністичним характером зв'язків. Один із видів (*паразит*) використовує іншого (*живителя*) як середовище перебування й джерело живлення, покладаючи на нього регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем. Стосунки в паразитичних системах між партнерами побудовані за принципом нестійкої рівноваги, порушення якої може призвести до загибелі одного або двох партнерів. Зокрема, паразити істотно впливають на чисельність популяції живителя та можуть визначати спрямованість мікроеволюційних процесів. Уважається, що антагоністичні відносини між паразитом і живителем визначаються більш тісним, ніж при коменсалізмі, характером зв'язків. Організм живителя часто сприймає паразита як антиген, що викликає утворення антитіл та інші імунобіологічні реакції. Унаслідок цього прояви антагоністичних відносин між партнерами можуть згладжуватися.

Залежно від господаря паразитів поділяють на *облігатних* (обов'язкових) та *факультативних* (необов'язкових). За розміщенням паразитів поділяють на *ектопаразитів*, що існують на поверхні організму живителя, та *ендопаразитів*, що селяться у внутрішніх органах (тканини, клітини, порожнини) живителя.

Серед паразитів риб трапляються представники практично всіх класів найпростіших: джгутикових, кореніжок, споровиків та інфузорій. Джгутикові паразитують на шкірі кишівника, крові. Кореніжки поширені здебільшого в органах травної й видільної систем. Інфузорії вражають зябра та шкіру. Такі інфузорії, як хілодонела й іхтіофтиріус, часто є причиною масової загибелі мальків риб у ставкових рибних господарствах. Також поширені у

водоймах (особливо у водосховищах) такі паразити, як ремнець. Цей паразит локалізується в кишівниках остаточних живителів, якими є рибоїдні птахи (першими господарями є веслоногі рачки, а проміжними – риби).

У водних екосистемах паразитизм – досить поширене явище, оскільки водне середовище сприяє передачі паразитарних організмів від одного виду тварин до іншого. Відомі такі форми паразитарних відносин, коли самі паразити є живителями для інших паразитів. Так, деякі мікроспоридії паразитують у трематодах, цестодах та інших паразитах. Деякі з них викликають загибель акваріумних моллюсків, ракоподібних і риб.

При *позитивних* взаємозв'язках (симбіоз, протокооперація, мутуалізм, коменсалізм) кожен із взаємодіючих видів дістає певну користь.

Симбіоз – це тривале співіснування організмів різних видів, при якому обидва організми (симбіонти) добре пристосовуються до умов середовища. Термін запропонований А. де Барі в 1879 р. У симбіотичних екосистемах можуть виникати трофічні, просторові та інші типи відносин. При *трофічних* зв'язках живлення одного з партнерів відбувається за рахунок невикористаних залишків корму, продуктів травлення або тканинних рідин тіла іншого. При *просторовому* симбіозі один вид гідробіонтів оселяється на поверхні або всередині тіла іншого. До такого симбіозу належить також спільне використання укриття, наприклад, черепашок, нір, будиночків тощо. У симбіотичних відносинах один із партнерів певною мірою покладає на іншого (або один на одного) завдання регуляції своїх відносин із водним середовищем [13].

За характером відносин між партнерами виділяють такі основні типи симбіозу як протокооперація, мутуалізм і коменсалізм.

Протокооперація – це симбіотичні зв'язки організмів двох популяцій, при яких спільне існування не обов'язкове, але вигідне для обох видів. Наприклад, у черепащі рака самітника *Prida* оселяються черв'яки *Nereis*, які звільняють м'яке черево рака від паразитів.

Мутуалізм – така форма взаємовигідного симбіозу організмів різних видів, коли жоден із партнерів не може існувати без іншого. Він розглядається як один із різновидів симбіозу. Прикладом можуть бути водорості, які живуть в організмі зеленої гідри, віддають їй до 30 % продуктів фотосинтезу. Ще більше (до 50 %) віддають органічні речовини інфузоріям (*Парамеціум каудатум*)

зелені водорості, які в процесі свого метаболізму засвоюють вуглекислоту з тіла інфузорій. У тілі турбеллярій Конволюта постійно перебуває зелена водорість Платімонас конволюта, за рахунок якої ця турбеллярія фактично живе.

Коменсалізм – форма відносин між двома видами організмів, коли один із них користується якимись перевагами іншого, не завдаючи йому безпосередньої шкоди. За такої форми співіснування коменсал використовує господаря як місце поселення або засіб пересування, а сам виступає своєрідним санітаром, який підбирає залишки його корму або живиться іншими організмами, що живуть у тілі господаря. Так, джгутикові й амеби, проживаючи в кишківнику риб, живляться бактеріями, які в ньому містяться. Із виду олігохет хетогастер ставковий інколи оселяється в дихальній порожнині деяких двостулкових молюсків, використовуючи їх як укриття.

Постійними мешканцями анемонів є також невеликі за розміром і яскраво забарвлені рибки роду Амфіпріон. Вони вільно плавають серед щупалець цих кишковопорожнинних, живляться залишками їжі анемонів і навіть збирають залишки корму з їхніх щупалець. Зі свого боку, ці рибки приносять свою здобич до щупальцевих заростей анемонів, де з'їдають її, а їх залишки підбирають анемони. Якщо до щупалець анемонів наближаються інші водянні тварини, вони відразу їх схоплюють і вражають спеціальною отруйною рідиною.

Прикладом коменсалізму кишковопорожнинних і риб є постійне перебування мальків пікші, тріски та інших риб під куполом великої арктичної медузи. Вони використовують її як схованку та місцезнаходження корму: об'їдають залишки корму, що прилипли до щупалець [11, 15].

При *нейтральних* взаємозв'язках існування двох популяцій різних видів на спільній території не спричиняє для кожної з них ніяких наслідків.

Нейтралізм – форма співіснування популяцій двох видів, за якої жоден із них не відчуває на собі безпосереднього негативного або позитивного впливу іншого. Наприклад, хижаки, які живляться різними видами здобичі, не конкурують між собою, однак стан їх популяцій опосередковано залежить від стану популяцій рослин, якими живиться здобич.

Одна з форм відносин між популяціями у гідробіоценозі є *стимуляція*, завдяки якій організми одних популяцій стимулюють ріст інших. Як правило, її основою є біохімічна взаємодія між метаболітами, які виділяються організмами, що входять до різних популяцій. Наприклад, для нормального розвитку діатомових водоростей потрібен вітамін В₁₂, що виділяється в процесі життєдіяльності інктерій. Під час перебування в біоценозі бактерії й водорості створюють сприятливі умови, за яких водорості виділяють достатню кількість полісахаридів, необхідних для розвитку бактерій, а останні забезпечують їх вітаміном В₁₂. Завдяки цьому стимулюється ріст і розвиток як бактерій, так і водоростей.

Отже, між популяціями різних видів, які входять до складу певного гідробіоценозу, виникають складні і різноманітні взаємозв'язки, які можуть бути більш або менш тісними. Їхня сукупність забезпечує функціонування гідробіоценозу як єдиної цілісної системи та його саморегуляцію. Чим різноманітніші й розгалуженіші ці взаємозв'язки, тим стабільніший біогеоценоз.

Контрольні питання

1. Дайте визначення гідробіоценозу.
2. Назвати типи трофічних ланцюгів живлення гідробіоценозу та організми, що їх забезпечують.
3. Що таке видова структура гідробіоценозу?
4. Яку роль відіграють домінанти, субдомінанти, адомінанти, випадкові особини у функціонуванні гідробіоценозу?
5. Що таке види-едифікатори? Наведіть приклади.
6. Як Ви розумієте видове різноманіття гідробіоценозу?
7. Із якою метою використовують індекс Шенона?
8. Що використовують для оцінки ступеня видової подібності гідробіоценозів?
9. Які індекси використовують для обчислення коефіцієнтів видової подібності гідробіоценозів?
10. Яку роль відіграють течії у формуванні гідробіоценозів?
11. Охарактеризувати біоценози шельфу.
12. Охарактеризувати біоценози літоралі.
13. Охарактеризувати біоценози пелагіалі.

§ 8. Біологічна продуктивність водних екосистем

1. Біологічна продукція й потік енергії у водних екосистемах.

Водну екосистему, що здатна утворювати певну кількість органічної речовини (біологічної продукції) у вигляді біомаси водяних рослин, безхребетних тварин, риб та інших гідробіонтів називають *біологічною продуктивністю (біопродуктивністю)*. Сам процес новоутворення біомаси називають *біологічним продукуванням*, а новоутворену біомасу – *біологічною продукцією*. Вчення про біологічну продуктивність водних екосистем упродовж декількох десятиліть розвивалося науковою школою Г. Г. Винберга, що поклали початок цієї теорії ще в 30-х рр. ХХ століття [5, 10, 11, 15].

Розрізняють біопродуктивність *первинну* і *вторинну*, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами. При цьому продуценти значну частину синтезованої продукції (40–70 % сумарної) споживають для забезпечення власних процесів життєдіяльності, а та, що залишилась, становить *чисту первинну продукцію* – приріст рослин за одиницю часу. Це той резерв, який можуть споживати консументи і редуценти. Отже, гетеротрофні організми існують завдяки чистій первинній продукції біогеоценозу.

Синтезована органічна речовина продуцентами є основою *трофічної піраміди*, за якою розподіляються потоки енергії у водних екосистемах. Саме органічна речовина автотрофних організмів забезпечує функціонування вищих (наступних) трофічних рівнів – *біотичний кругообіг речовин і потік енергії в екосистемах*. У підсумку формується *біологічна продуктивність водних екосистем*. Залежно від рівня утворення первинної продукції, їх поділяють на *оліготрофні* (малопродуктивні), *мезотрофні* (середньопродуктивні), *евтрофні* (високопродуктивні) і *гіперевтрофні* (надмірно продуктивні) [4].

Схематично основні положення теорії біологічної продуктивності водойм охоплюють два взаємозалежних процеси, а саме: первинний синтез органічної речовини організмами-продуцентами й наступне його перетворення в ряді послідовних трофічних ланок, у яких первинна продукція використовується організмами-консументами (споживачами). Консументи, що харчуються безпосередньо продуцентами, утворюють другий

трофічний рівень. Третій і наступні трофічні рівні – це хижаки, що поїдають організми другого й наступних трофічних рівнів. Організми кожного наступного трофічного рівня використовують енергію, укладену в біомасі організмів попереднього рівня.

Процес передачі енергії через трофічні ланки називається *потокот енергії*. Сукупність трофічних ланок (наприклад: фітопланктон → зоопланктон → планктофаги («мирні» риби) → хижі риби; або: макрофіти → фітофаги (рослиноїдні риби) → хижаки; або: фітобентос і бактерії → зообентос → риби-бентофаги → хижі риби утворюють *трофічну піраміду*. У будь-якій її ланці певна частина спожитої їжі не засвоюється, а із засвоєної частини тільки менша використовується на приріст, або продукцію, а більша – на власний енергетичний обмін споживачів. Встановлено, що продукція кожного наступного трофічного рівня приблизно в 10 разів менше попереднього. Фактично новоутворення органічної речовини відбувається лише на першому трофічному рівні, а його наступне використання включає ряд етапів (деструкцію, трансформацію), перш ніж гетеротрофні організми утворюють вторинну продукцію, тобто органічну речовину тваринних організмів.

У зв'язку з тим, що при утворенні вторинної продукції значна частина енергії розсіюється у вигляді тепла й виходить із екосистеми, можлива тільки обмежена кількість переходів енергії з одного трофічного рівня на іншій. Практично їх буває не більше п'яти, наприклад: мікроорганізми й водорості → зоопланктон (фільтратори) → зоопланктофаги («мирні» риби) → хижі риби → водні або водоплавні птахи. Чим довше трофічний ланцюг, тим менше продукція її кінцевої ланки. Порівняльну оцінку біологічної продуктивності різних водних екосистем можна отримати за величиною первинної продукції [1, 4].

Первинна продукція поділяється на *валову (брутто-продукцію)*, *ефективну й чисту продукцію* фотосинтезуючих організмів. *Первинна продукція* визначає біопродуктивний потенціал водної екосистеми. Брутто-продукція відбиває величину накопичення енергії в екосистемі у вигляді енергії хімічних зв'язків органічної речовини, синтезованої з вуглекислоти, біогенних елементів і води в процесі фотосинтезу й утвореної автотрофними бактеріями в процесі хемосинтезу. До валової продукції зараховується й енергія, витрачена на підтримку основного й

активного обміну гідробіонтів (дихання та інші витрати енергії). Таким чином, *валова продукція* – це вся маса органічної речовини, утвореної фотосинтезуючими й хемосинтезуючими організмами, що дорівнює сумі приросту їхньої біомаси і витрат на всі енергетичні потреби й утворення прижиттєвих екзометаболітів.

Ефективна первинна продукція, або продукція фотосинтезуючих організмів – це органічна речовина, утворена ними протягом певного проміжку часу, з відрахуванням їх власних енергетичних витрат (дихання). Вважається, що звичайно в середньому вона становить 80 % валової продукції.

Чиста первинна продукція – це абсолютний приріст новоствореного за рахунок фотосинтезу органічної речовини. Вона розраховується по валовій первинній продукції, від якої віднімаються витрати на дихання автотрофних організмів, консументів і редуцентів (бактерій), тобто маса органічної речовини, що піддана деструкції. Наприклад, чиста первинна продукція планктону P – це різниця між первинною валовою продукцією фітопланктону A і величиною сумарних витрат на дихання водоростей R_v , зоопланктону R_z і бактерій R_b :

$$P = A - (R_v + R_z + R_b). \quad (2.5)$$

Проміжна біологічна продуктивність водних екосистем формується консументами – споживачами первинної продукції. *Кінцева біологічна продукція* водних екосистем складається з: а) утвореної автотрофними організмами первинної продукції; б) її трансформацій на рівні консументів; в) втрат енергії на кожному трофічному рівні; г) надходження й виносу речовини й енергії із водними масами. Всі ці процеси разом узяті створюють *потік енергії*, і вони повинні враховуватися при визначенні біологічної продуктивності водних екосистем [10, 11, 15].

Найповноціннішу інформацію про функціонування водних екосистем дає енергетичний еквівалент біомаси. Кожний трофічний рівень характеризується не біомасою, а відповідним енергетичним показником – у кілокалоріях або кілоджоулях (1 кДж = 4,1868 ккал). Різні організми мають неоднакову калорійність. Наприклад, в 100 г устриць із раковиною міститься менше енергії, ніж у 100 г м'яса тунця. При перерахунку загальної біомаси гідробіонтів на її калорійність можна одержати інформацію про енергетичний баланс екосистеми загалом на конкретний момент. Але це статична, а не динамічна інформація. Вона не враховує продукційних

можливостей окремих популяцій, що входять до складу екосистеми, і динаміку популяцій загалом. Тому більш повну й об'єктивну інформацію про функціональний стан водної екосистеми дає не маса організмів і навіть не її енергетичний еквівалент, а хімічна енергія, що сконцентрована в створюваній органічній масі та передається за одиницю часу з одного трофічного рівня на інший.

Отже, кількість органічної речовини, що утворюється за одиницю часу, називається *швидкістю продукування*. Мірою інтенсивності продукування є *питома продукція* – кількість синтезованого популяцією органічної речовини за одиницю часу розраховуючи на одиницю біомаси популяції. Під час розрахунків енергобалансу тваринних організмів водних екосистем користуються такими поняттями, як калорійний коефіцієнт поживних речовин і калорійний коефіцієнт O_2 або CO_2 . *Калорійний коефіцієнт поживних речовин* характеризує кількість теплоти, що виділяється при їхньому окисненні, а *калорійний коефіцієнт O_2 або CO_2* – кількість теплоти, утвореної в організмі при використанні $1 \text{ дм}^3 O_2$ або при виділенні $1 \text{ дм}^3 CO_2$ у процесі окиснення органічної речовини [3, 11].

З вищезазначеного випливає, що первинна продукція органічної речовини виражається в різних одиницях: у грамах кисню або вуглецю на одиницю площі (1 м^2 , 1 га) або на одиницю об'єму води (1 м^3); у джоулях чи кілоджоулях за одиницю часу (добу, сезон, рік). При переході від одних одиниць до інших приймається до уваги, що енергетичний еквівалент кисню при окисненні органічних речовин мішаного складу дорівнює $14,2 \text{ Дж / мг } O_2$, а також те, що в органічній речовині міститься 41 % вуглецю від її маси: $2,44 \text{ мг органічної речовини}$ відповідає 1 мг вуглецю .

Отже, *продукція й деструкція органічної речовини* характеризують функціональний стан водних екосистем. Рівень і спрямованість продукційно-деструкційних процесів залежать передусім від ступеня розвитку фітопланктону та умов вегетації. У морських і континентальних водоймах утворення первинної органічної речовини пов'язане із життєдіяльністю планктонних і донних водоростей, макрофітів й епіфітів, які формують автотрофну ланку водних екосистем.

2. Вплив гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних чинників на ефективність первинного продукування.

Новоутворення органічної речовини з мінеральних – це основа усіх продукційних процесів, що відбуваються у водоймах. Тому вірне уявлення про величину первинної продукції і чинників, що її обумовлюють, важливі як одна з основних передумов раціонального пошуку шляхів підвищення біопродуктивності водойм. Вивчення процесів утворення первинної продукції має і самостійне значення: водні рослини є промисловими об'єктами; під час бурхливого розвитку водні рослини сильно ускладнюють експлуатацію водойм і виникає необхідність у розробці спеціальних заходів для боротьби з ними; утворення кисню в процесі первинного продукування має величезне значення для аерації водойм, формування якості питних вод і посилення самоочисної здатності водойм [9].

Первинна продукція водойм у поверхневих освітлених шарах залежить від видового складу рослин, їх кількості й розподілу в товщі води, оптичних властивостей, концентрації біогенів, температури тощо.

Із просуванням у глибину умови освітленості погіршуються в різних водоймах неоднаково, відповідно до їхньої прозорості. Рослини, що містяться нижче визначених горизонтів, випробовують той або інший ступінь *світлового голодування*. Це відсоткове відношення величини фотосинтезу в умовах цього освітлення до тієї, яка спостерігається при оптимальній освітленості. Значна частина водоростей може виноситися навіть за межі евфотичної зони, існуючи за рахунок поживних речовин, доки знову не буде піднятою в більш освітлені шари, або відмирати.

У Світовому океані понад 75 % первинної продукції створюється в поверхневому шарі завтовшки 40–50 м, де освітленість досягає не менше 400 лк; глибше 100–200 м через світлове голодування водоростей первинна продукція фотосинтетиків практично дорівнює нулю.

На величину первинної продукції несприятливо впливають сильне перемішування води й інші чинники, що обумовлюють розсосередження водоростей у значній товщі води. Отже, умови продукування продукції можуть погіршуватись унаслідок слабо-

вираженого стрибка щільності води, що перешкоджає зануренню водоростей у шари з недостатньою освітленістю.

Зі збільшенням кількості водоростей величина первинної продукції зазвичай зростає не лінійно, а по згасаючій кривій, наближаючись до деякої межі. Це, передусім, пов'язано із самозатемненням водоростей при їх високій щільності. Спостерігаються навіть випадки, коли із підвищенням біомаси водоростей їхня сумарна продукція не тільки не підвищується, але навіть спадає внаслідок різкого зниження прозорості води й стоншення трофогенного шару. Прикладом можуть слугувати ставки, що удобрюються біогенними речовинами.

Велике значення на ефективність первинного продукування має забезпеченість водоростей біогенами. Зменшення їх концентрації від оптимальної веде до зниження швидкості продукування. Тому первинна продукція зростає, коли у водойми поступає велика кількість біогенів (P, N та ін.) або вони виносяться течіями в приповерхневі горизонти із більш глибоких. Із дефіцитом азоту й фосфору, зокрема, пов'язана оліготрофність деяких районів Світового океану. Навіть, у районах найбільш інтенсивного апвелінга – узбережжя Перу – фотосинтез лімітований азотом. Первинна продукція ставків й інших водойм зазвичай різко зростає після внесення солей фосфору та азоту.

Оскільки з просуванням у глибину освітленість знижується, а концентрація біогенів зростає, вертикальний розподіл інтенсивності первинного продукування може носити бімодальний характер. Один максимум створюється поблизу поверхні за рахунок оптимального освітлення, другий – на деякій глибині, де є багато біогенів і необхідний мінімум освітлення.

Ефективність використання сонячної енергії в процесі первинного продукування істотно зростає з підвищенням температури. Із вищезазначеного випливає, що швидкість протікання темних реакцій фотосинтезу залежно від температури показано рівнянням Вант-Гоффа.

У зв'язку з цим величина первинної продукції континентальних водойм зростає із просуванням до екватора (табл. 2.1).

**Величина первинної продукції у поверхневих водоймах
різних географічних зон (Likens, 1975) [10]**

Поверхневі водойми	Чиста продукція	
	добова, мг С/м ²	річна, мг/м ²
Озера		
Тропічні	100 – 7600	30 – 2500
Помірної зони	5 – 3600	2 – 950
Арктичні	1 – 170	1 – 35
Антарктичні альпійські	1– 35	1–10
Річки		
Тропічні	1– 450	1– 000
Помірної зони	1– 3000	1– 650

Співвідношення між величиною продукції й сумарної радіації в різних водоймах коливається в дуже широких межах. У процесі первинного продукування в оліготрофних районах Світового океану утилізується близько 0,02 % сонячної енергії, у мезотрофних – 0,1 %, в евтрофних – 0,4 %, в естуаріях – до 1–1,5 %. Пересічно для всієї акваторії Світового океану коефіцієнт утилізації сонячної радіації складає 0,04 %. Значно вищий він у континентальних водоймах, де зазвичай становить 0,1–0,2 %, а в підживлених ставках зростає до 0,7–1 %. Для порівняння відзначимо, що коефіцієнт використання фотосинтетичної активної сонячної радіації (ФАР) природним рослинним покривом суші пересічно складає 0,86 % [10].

Величина первинної продукції в різних водоймах. Величина первинного продукування в різних ділянках Світового океану коливається від декількох міліграм до десятих доль грама вуглецю в день на 1 м², що визначається ступенем перемішування води (винесення в поверхневий шар біогенів). Останній, зі свого боку, залежить від вертикальних градієнтів щільності води. Тому в більшості випадків величина первинної продукції перебуває у зворотній залежності від різниці щільності води по вертикалі, хоча іноді, як зазначалося вище, високе перемішування води може гальмувати розвиток водоростей (винесення за межі фотичного шару).

За модельними розрахунками, найбільша продукція утворюється в тропічних апвелінгах Тихого океану при швидкості

підйому води близько $1,2 \cdot 10^{-3}$ см/с і дуже слабкому турбулентному перемішуванні. За відсутності підйому глибинних вод і великої турбулентності в поверхневому шарі (200 м) первинна продукція різко зменшується внаслідок дефіциту біогенів або значної частини водоростей із зони інтенсивного фотосинтезу. Також величина продукції залежить від ступеня виїдання водоростей. Так, у тропічних апвеллінгах Тихого океану вона максимальна, якщо добове її виїдання сягає 10–15 % від максимального, а мінімальна – вище 50–60 %.

Умови й величина первинного продукування в різних районах Світового океану вкрай неоднакові. Наприклад, І. Райтер виділяє за продуктивністю три зони Світового океану: **відкриті райони, прибережні води й апвеллінги**. Чиста продукція цих вод пересічно становить, відповідно, 50, 100 і 300 г С / м² за рік. Ю. Одум теж виділяє такі ж зони, однак додає райони естуаріїв та рифів (табл. 2.2). Кобленц-Мішке й ін. (1968) називають шість зон: *оліготрофні* води центральної частини субтропічних областей (70 мг С / м² за добу, усього 3,8 млрд т у рік), *перехідні* зони між

Таблиця 2.2

Річна величина первинної валової продукції у різних районах (Одум, 1975, зі змінами) [10]

Райони океану	Первинна продукція		
	площа, млн. км ²	ккал / м ²	сумарна, ккал / м ²
Відкритий океан	326	1 000	32,6
Прибережні води	34	2 000	6,8
Апвелінг	0,4	6 000	0,2
Естуарії, рифи	2,0	20 000	4,0
Разом	362,4	29 000	43,6

субтропічними та субполярними зонами, а також периферії екваторіальних дивергенцій (140 мг С / м², усього 4,2 млрд т у рік), *води екваторіальних дивергенцій та океанічних районів субполярних зон* (200 мг С / м², усього 6,3 млрд т у рік), *прибережні води* (340 мг С / м², усього 4,8 млрд т у рік) і *неритичні* води (1 мг С / м², усього 3,9 млрд т у рік) [10].

Темп продукування органічної речовини значно вищий у континентальних водоймах (річках, озерах), ніж у Світовому океані. В евтрофних озерах світу середньодобова чиста продукція

складає 600–800 мг С / м², у мезотрофних – коливається від 250 до 1000 мг С / м², в оліготрофних – від 50 до 300 мг С / м², в ультраоліготрофних – менше 50 мг С / м².

Високий рівень первинного продукування в континентальних водоймах пояснюється великим надходженням біогенів із суші й перемішуванням води. Завдяки циркуляції, яка часто охоплює в ті або інші терміни всю водну масу озер, відбувається значна мобілізація біогенів із донних відкладень. Тому процеси взаємодії між водною товщею й донними відкладеннями, що протікають в озерах, набагато інтенсивніші, ніж у Світовому океані. Це є додатковим чинником, що сприяє існуванню фітопланктону та збільшенню його продукції. У дуже глибоких озерах первинна продукція зменшується, якщо поверхневий стік невеликий, порівняно зі всією водною масою озера.

У **річках і водосховищах** унаслідок низької прозорості води первинна продукція зазвичай нижча, ніж в евтрофних і мезотрофних озерах. Наприклад, для Рибінського водосховища вона становить 50 г С / м², Волгоградського – 100 г С / м², Київського – 167 г С / м².

3. Вторинна продукція та темп її продукування.. Первинна продукція не завжди є кінцевою ланкою продукційного ланцюга живлення. Більша її частина перетворюється у *вторинну продукцію*, представлену організмами різного трофічного рівня. Для одних випадків тварини можуть харчуватися тільки рослинами, утворюючи продукцію другого трофічного рівня, відокремленого від першого одним ступенем трансформації речовин й енергії. В інших випадках фітофаги поїдаються м'ясоїдними тваринами, утворюючи продукцію третього трофічного рівня. Якщо хижаки поїдають м'ясоїдних тварин, з'являється третій ступінь у каскаді трансформації речовин й енергії з утворенням організмів четвертого трофічного рівня. Оскільки більшість тварин харчуються організмами різних трофічних рівнів (рослинами, фітофагами й зоофагами одночасно), то розмежування останніх стосовно різних компонентів вторинної продукції не завжди можливе.

Темп та ефективність вторинного продукування. Сумарна величина утворення органічної речовини в популяціях тварин прямо пропорційна їх кількості й темпу продукування. Оскільки біомаса зоопланктону та зообентосу в різних ділянках гідросфери

сильно варіює, то можливість вторинного продукування сильно коливається. На величину вторинного продукування не менший вплив чинять відмінності у швидкості росту тварин, що залежать як від особливостей самих організмів, представлених у різних ділянках гідросфери різними формами, так і від умов існування середовища, що постійно змінюється. Найбільш важливі з останніх – температура, газовий і сольовий режим води, ступінь її щільності, забезпечення тварин кормом, а також характер харчових стосунків, що складаються у водоймі.

Вторинна продукція, яка трансформована з первинної, не може бути вищою за коефіцієнт корисної дії (ККД), у ролі якого можна розглядати величину K_1 або K_2 . Насправді продукція первинних консументів зазвичай далеко не сягає цієї межі, оскільки здатність системи до створення й споживання органічної речовини не дуже велика, особливо в малозбалансованих співтовариствах. Приріст кількості споживачів лише з деяким запізненням слідує за збільшенням біомаси продуцентів, і якась частина останніх, інколи значно не використовується консументами. Тому співвідношення між величиною продукції на двох суміжних трофічних рівнях завжди є меншим, ніж величина K_1 . Зазвичай сумарна продукція наступного трофічного рівня не перевищує 0,1–0,2 тієї, яка акумульована в організмах попередньої ланки харчового ланцюга. Наприклад, у Світовому океані, де первинна продукція сягає 550 млрд т, продукція зоопланктону становить 53 млрд т, тобто складає близько 10 % від накопичень у рослинах. Продукція хижого зоопланктону становить пересічно близько 20 % продукції мирного співтовариства. Раціон мирних і хижих форм складає 40 % продукції їхніх харчових організмів [10, 15].

4. Вплив зарегульованості річкового стоку на біологічну продуктивність водойм. Будівництво водосховищ на річці впливає на біологічну продуктивність водойми. Останню визначають такі чинники як кількість сонячної енергії у фотосинтетичному активному діапазоні випромінювання і величина об'єму фотичного шару, завдяки яким утворюється біомаса.

Утворення основної маси первинної біологічної продукції відбувається в достатньо освітленому верхньому шарі води, куди проникає сонячна енергія у фотосинтетичному активному діапазоні. Цей шар називається фотичним. Розміри його

визначаються площею водної поверхні та потужністю (товщиною), що залежить від прозорості води. Отже, великий вплив на біологічну продуктивність водосховищ має площа водної поверхні [7, 14].

У роботі А. В. Яцика й В. М. Шмакова [19] розглянуто гідрологічні чинники об'єму фотичного шару Дніпровських водосховищ – глибини, швидкості течії, прозорості води тощо, як для річкових ділянок до створення водосховищ, так і створених на їхніх місцях водосховищ. Так, при створенні водосховищ в 4,9 разу збільшилася площа водної поверхні водосховищ, і в 20 разів зменшилася швидкість течії води в них. У результаті освітлилася вода від наносів, що осіли на дно, це сприяло збільшенню в 2,11 разів середньої глибини фотичного шару. У зв'язку з такими змінами гідрологічних характеристик водосховищ об'єм фотичного шару, що є одним із головних чинників біопродуктивності 6-ти водосховищ Дніпровського каскаду збільшився після створення водосховищ в 24–37 разів (пересічно в 29,3 рази) [17].

На думку вищезазначених авторів існує інша суперечлива точка зору про вплив розмірів водосховищ на їх біологічну продуктивність. Під час будівництва водосховищ на місці річкових русел збільшується площа, а отже і об'єм фотичного шару. Також зростають поперечні розміри водойми, тобто збільшується довжина розгону хвиль на водосховищах. Відповідно активізується процес замулювання донних наносів і зменшується прозорість води. Це призводить до зменшення надходження кількості енергії до водойми та утворення їх біопродуктивності. Розміри фотичного шару також визначаються морфометрією дна водосховища.

Контрольні питання

- 1. Дати визначення біологічної продуктивності, продукування та біологічної продукції водних екосистем.*
- 2. Що таке первинна й вторинна біологічна продукція? В яких одиницях вона виражається?*
- 3. Що таке первинна валова, ефективна й чиста продукція автотрофів?*
- 4. Розкрити суть потоку трансформації речовин та енергії у водних екосистемах?*

5. Які чинники впливають на ефективність первинного продукування?

6. Які зони біопродуктивності виділяються у Світовому океані різними авторами?

Основна використана література до розділу 2

1. Алимов А. Ф. Общие основы учения биологической продуктивности водоемов / А. Ф. Алимов // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 40–51.

2. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию / А. Ф. Алимов. – Л. : Наука, 1989. – 152 с.

3. Алимов А. Ф. Основные положения теории функционирования водных экосистем / А. Ф. Алимов // Гидробиол. журн. – 1990. – Т. 26, № 6. – С. 7–13.

4. Алимов А. Ф. Подходы к оценке состояния водных экосистем / А. Ф. Алимов, Е. В. Балущкина, А. А. Умнов // Экологическая экспертиза и критерии экологического нормирования. – СПб. : СПбНЦ РАН, 1996. – С. 37–47.

5. Винберг Г. Г. Общие основы изучения водных экосистем / Г. Г. Винберг. – Л. : Наука, 1979. – 273 с.

6. Зернов С. А. Общая гидробиология / С. А. Зернов. – Изд. 2. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. – 587 с.

7. Іваненко О. Г. Практична гідроекологія : навч. пос. / О. Г. Іваненко, В. В. Белов, О. М. Гриб. – Одеса : ТЕС, 2009. – 75 с.

8. Клименко М. О. Гідроекологія : навч. пос. / М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська, О. О. Бедункова. – Рівне : НУВГП, 2008. – 178 с.

9. Ковальчук І. Прикладна гідроекологія: Навчальний посібник. / І. Ковальчук, Я. Каганов, Р. Сливка. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2000. – 228 с.

10. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высш. шк., 1979. – 480 с.

11. Курілов О. В. Гідробіологія : конспект лекцій. Частина II. [Електронний ресурс] / О. В. Курілов. – О. : Одес. держ. еколог. ун-т, 2009. – 202 с. – Режим доступа : www.twirpx.com/file/370886/

12. Кучерявий В. П. Загальна екологія : підруч. / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2010. – 520 с.

13. Некос В. Ю. Загальна екологія та неоекологія : підручник /В. Ю. Некос, А. Н. Некос, Т. А. Сафранов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 596 с.
14. Романенко В. Д., Окснюк О. П., Жукинський В. Н. и др. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты /В. Д. Романенко, О. П. Окснюк, В. Н. Жукинський [и др]. – Киев : Наукова думка, 1990. – 254 с.
15. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підруч. / В. Д. Романенко; наук. ред. Л. П. Брагінський. – К. :Обереги, 2001. – 728 с.
16. Тимченко В. М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья / В. М. Тимченко. – Киев : Наукова думка, 1990. – 238 с.
17. Тимченко В. Экологическая гидрология Днепровских водохранилищ / В. Тимченко // Гидробиологический журнал. – 2006. – Том 42, № 3. – С. 81–96.
18. Трушева С. С. Гідробіологія : Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни [Електронний ресурс] / С. С. Трушева; відпов. за вип. М. О. Клименко. – Рівне : РВЦ Нац. ун-ту водного господарства та природокористування, 2005. – 70 с. – Режим доступа : www.twirpx.com/file/393951/
19. Яцык А. В. Гидроэкология : производственно-практическое издание /А. В. Яцык, В. М. Шмаков. – К. : Урожай. – 192 с.

РОЗДІЛ 3

Антропогенний вплив на водні екосистеми та охорона гідробіонтів

§ 9. Органічне та токсичне забруднення та його наслідки для водних екосистем

1. Органічні речовини та їх кругообіг у водних екосистемах.
Одним із найважливіших компонентів водного середовища, що визначає його екологічну якість, є наявність у воді органічних забруднень.

У процесі життєдіяльності гідробіонти виділяють у воду білки, амінокислоти, вуглеводи, сечовину, пурини, фосфати, амонійні сполуки тощо. Фактично у водному середовщі містяться всі ті органічні речовини, із яких побудовано тіло рослин і тварин. Крім того, органічні речовини надходять у водні об'єкти з атмосферними опадами, із поверхневим стоком, що формується на великих площах суходолу, із боліт, торф'яників, зрошувальних земель, промислових і комунально-побутових підприємств. Усі ці стоки привносять значну кількість різноманітних за своєю структурою й хімічним складом органічних речовин. За походженням органічні речовини поділяються на *алохтонні*, які надходять із площі водозбору, й *автохтонні*, що утворюються в самій водній екосистемі. Найбільшу масу органічної речовини створюють фітопланктон і макрофіти в процесі фотосинтезу [16].

Значну частину автохтонної органічної речовини становить *детрит*, або мертва органічна речовина, яка утворюється внаслідок розкладу залишків організмів рослинного й тваринного походження, містить у т. ч. 4–5 % бактерій. До розчиненої автохтонної органічної речовини належать також продукти життєдіяльності водяних організмів, зокрема амінокислоти, органічні кислоти, сечовина тощо.

Із водозбірної площі можуть надходити речовини, які вимиваються з лісового перегною, торф'яників, заболочених місць, чорноземних ґрунтів тощо: гумінові й фульвокислоти, складні високомолекулярні сполуки типу білків, полісахаридів, ненасичених жирних кислот, амінів та інших, які містяться в розчиненому, завислому та диспергованому станах. Більшість із них є субстратом для масового розвитку бактеріального населення водних екосистем.

Гумінові й фульвокислоти надають воді специфічного забарвлення. Фульвокислоти є високомолекулярними сполуками ароматичного ряду, вони розчинні у воді й легко вимиваються ґрунтовими водами. Гумінові кислоти важкорозчинні у воді, характеризуються більш високим, порівняно з фульвокислотами, вмістом вуглецю й азоту. Вода з великим вмістом таких кислот набуває бурого або чорного кольору.

Найбільш поширені в природних водах вуглеводневі сполуки, які входять до складу всіх живих організмів. У воді морів та океанів основну масу органічних речовин становлять розчинені та колоїдні

форми, які можуть проникати через фільтри з діаметром пор 0,45–1 мкм. Органічні речовини континентальних вод, що містяться в розчиненому стані, мають розмір частинок до 0,001 мкм, у колоїдному – 0,001–0,1 мкм, а з величиною 150–200 мкм належать до завислих речовин [49].

Для Світового океану кількість усієї органічної речовини (живих і мертвих складових) оцінюється у $2\text{--}4 \cdot 10^{12}$ т С, із них 75 % припадає на легкозасвоювані форми й 25 % – на важкорозчинні сполуки (переважно водний гумус).

У морських екосистемах найбільша кількість органічної речовини (30–40 %) синтезується фітопланктоном. Із річковим стоком виноситься у Світовий океан приблизно $6 \cdot 10^8$ т розчиненої органічної речовини, яка осідаючи на дно морів та океанів, разом з відмерлими організмами та іншими органічними речовинами утворюють величезні поклади органічної маси, які оцінюються в $3 \cdot 10^9$ т вуглецю.

Органічна речовина у водному середовищі постійно розкладається на прості органічні низькомолекулярні сполуки, які, зі свого боку, унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів та в процесі хімічного окиснення розкладаються до кінцевих елементів (вуглецю, фосфору, азоту, води). Синтезована автотрофами органічна речовина майже повністю руйнується гетеротрофами в реакціях біохімічного окиснення. Лише незначна її частина переходить з одного стану в інший унаслідок хімічних реакцій. Розклад позаорганізмених процесів відбувається завдяки автолізу й руйнуванню відмерлих гідробіонтів, що призводить до надходження у воду високоактивних сполук – ферментів, вітамінів і навіть цілих блоків біологічних структур, які містять у своєму складі ферментні системи.

При високому рівні насичення води киснем руйнування органічних речовин завершується утворенням вуглекислоти та води, а в анаеробних умовах – ще й утворенням водню й метану. У донних ґрунтах уміст Оксигену буває недостатнім, тому деструкція органічних речовин відбувається з утворенням метану, водню, сірководню та аміаку [49].

Основна роль у руйнуванні органічної речовини у водних екосистемах належить гетеротрофним мікроорганізмам. У загальній деструкції органічної речовини, що утворена фітопланктоном, припадає до 45–50 % в евтрофних водоймах і до

85 % – в оліготрофних. Вони асимілюють до 50–70 % енергії органічної речовини, із якої понад 25 % використовується для біосинтезу мікробних клітин. В евтрофних озерах бактерії засвоюють від 30 до 50 % загального вмісту органічних речовин. Особливо інтенсивно вони утилізують органічну речовину, яка утворюється в процесі фотосинтезу. Із макрофітів ними використовується до 26 % органічних речовин.

2. Сапробність водойм. Сапробність (*sapros – гниучий*) – ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами. Відповідно, розділ гідробіології, що вивчає такі забруднення, називається *сапробіологією*.

Гідробіонти різних систематичних груп мають неоднакову чутливість до вмісту у воді органічних речовин і продуктів їх розкладу. Можливість адаптації гідробіонтів до існування в середовищі з різним рівнем органічного забруднення зумовлюється комплексом фізіолого-біохімічних процесів, які постійно протікають у їхньому організмі. Гідробіонти, які живуть у забруднених органічними речовинами водах і беруть участь у процесах їх розкладу, називаються *сапробіонтами*, або *сапротрофами*. Вони є важливим ланцюгом у біологічному кругообігу речовини й енергії. До цієї групи належать бактерії, актиноміцети, гриби, окремі види водоростей, що здатні засвоювати органічні речовини. Серед гідробіонтів виділяється така група тварин, що може жити у воді з невисоким умістом кисню та харчуватися розчиненими органічними, гнильними залишками, екскрементами, наприклад олігохета трубочник звичайний.

Видова структура угруповань гідробіонтів залежно від їх чутливості до органічного забруднення водойм чітко виявляється на біоценотичному рівні. Виходячи з цього, у 1908 р. німецькі дослідники К. Кольквітц і Р. Марссон запропонували оцінювати інтенсивність забруднення водойм органічними речовинами за наявністю в них представників окремих систематичних груп гідробіонтів із різним ступенем гетеротрофності та оксифільності – *біоіндикатори сапробності*. Вони – засновники санітарно-біологічного аналізу води, або санітарної гідробіології.

За ступенем забруднення органічними речовинами водойми поділяються на *полі-, мезо- й олігосапробні*, а гідробіонти, які в них мешкають, називаються *полі-, мезо- та олігосапробами*. Мешканців

особливо чистих вод називають *катаробами*, або катаробіонтами, а особливо брудних – *гіперсапробами*. Ці організми є показовими щодо відповідних умов сапробності, або біоіндикаторами [43, 53].

Одним з основних показників при оцінці сапробності водних об'єктів чи їхніх окремих зон є кількісна характеристика наявності або відсутності у воді вільного кисню. Чим більший ступінь забруднення органічними речовинами, тим більша кількість кисню O_2 використовується на окиснення й тим менша його концентрація залишається у воді. Ступінь сапробності також визначається, передусім, за видовим складом бактеріо-, фіто- та зоопланктону, бентосу й перифітону [26].

Полісапробні води характеризуються наявністю в них значної кількості білків, поліпептидів, вуглеводів, а також лише слідовими концентраціями кисню та накопиченням у воді діоксиду вуглецю, сірководню й метану. Для таких вод типовий відновний характер біохімічних процесів. Показник біохімічного споживання кисню (BCK_5) тут становить близько $40 \text{ мг } O_2 / \text{дм}^3$. У них живуть переважно гідробіонти-полісапроби, які витримують високий рівень забруднення. Серед них – бактерії *Thiorpolycoccus guser* і *Sphaerotilus natans*, сіркобактерії роду *Beggiatoa*, інфузорії *Paramecium putrinum*, *Vorticella putrina*, джгутикові *Oicomonas mutabilis*, олігохети *Tubifex tubifex*, личинки мух *Eristalis tenax*.

Полісапробні води формуються в річках і замкнених водоймах, у які спускаються господарсько-побутові й стічні води виробництв харчових та інших підприємств, що переробляють органічні речовини. Чисельність видів гідробіонтів, які можуть жити в таких водах, досить обмежена. Ті ж організми, які пристосовуються до умов полісапробності, розвиваються масово, оскільки мають обмежене коло конкурентів. Полісапроби часто утворюють слизові обростання на твердих предметах. У полісапробних водах може траплятися кишкова паличка в досить значній кількості.

У **мезосапробних** водних об'єктах забрудненість менше виражена, оскільки відсутні білки, більше кисню, значно менше діоксиду вуглецю та сірководню. Водночас у воді є слобоокиснені азотисті сполуки, зокрема аміак, аміно- та амідокислоти. У мезосапробних водах живуть організми, які витримують помірно забруднення органічними речовинами. На відміну від полісапробів, мезосапроби більш вимогливі до наявності вільного кисню у воді й

продуктів розкладу білків, а саме амонію та нітратів.

Залежно від рівня забруднення органічними речовинами й присутності представників окремих систематичних груп гідробіонтів мезосапробні води поділяються на α - і β -мезосапробні.

Води α -мезосапробної зони характеризуються наявністю аміаку, нітритів, амідо- й амінокислот. Мінералізація органічної речовини в таких водах відбувається за рахунок аеробного окиснення, особливо за участі бактерій. Показник BCK_5 становить близько 4–12 мг O_2 / $дм^3$. Серед мезосапробних організмів трапляється багато бактерій, деякі гриби, різні види водоростей – синьо-зелені (із роду *Oscillatoria*), зелена нитчаста водорість, деякі евгленофітові; в'їчасті інфузорії, коловертки різних видів, ракоподібні, молюски, личинки двокрилих, олігохети та інші бентосні безхребетні. Ці організми витримують досить забруднене середовище зі значним дефіцитом кисню. У воді трапляється кишкова паличка.

У **β -мезосапробних водах** значно менше амонійного та нітритного азоту, переважають нітрати. Сірководень виявляється лише в слідових концентраціях. Відчувається деякий дефіцит кисню у воді, але він виражений слабо. Органічні речовини мінералізуються внаслідок їх повного окиснення. BCK_5 пересічно становить 1,7–4 мг O_2 / $дм^3$.

Організми-індикатори β -мезосапробних вод представлені різними водоростями (синьо-зеленими, діатомовими, зеленими тощо). Також трапляються представники найпростіших (корене-ніжки, джгутикові, інфузорії, коловертки), в'їчасті черви. Також значне поширення мають молюски, ракоподібні, губки, моховатки. У таких водоймах поширені риби (карась, короп, лин, в'юн тощо). У β -мезосапробній зоні можуть інтенсивно вегетувати вищі водяні рослини.

Олігосапробні води – це води малозабруднених річок, озер, водосховищ, у яких відбувається інтенсивна мінералізація органічних речовин. У таких водних об'єктах унаслідок високої концентрації розчиненого кисню переважають окисні процеси. Зі сполук азоту більше нітратів, мало вугільної кислоти й відсутній сірководень. BCK_5 не перевищує 1,6 мг O_2 / $дм^3$, що свідчить про дуже низький уміст органічних речовин у воді. Серед олігосапробних організмів, що мешкають у чистих або слабо-

забруднених органічними речовинами водах, багато водоростей різних систематичних груп (діатомових і золотистих), безхребетних (коловерток), ракоподібних (дафнія), молюсків, а з риб – форелі, судака, окуня, стерляді. Серед бактерій олігосапробної зони мало сапрофітів (не більше 3 тис. екз. / см³) та організмів, які живляться бактеріями.

Катаробні води – це особливо чисті води за системою сапробності, перенасичені киснем, у яких відсутній діоксид вуглецю й сірководень. Показник БСК₅ дуже низький, що свідчить про мінімальний уміст органічних речовин. Серед мешканців таких вод (зазвичай це найбільш холодні гірські річкові води) добре почувуються форель та інші гідробіонти-оксифіли [43].

3. Природна й антропогенна евтрофікація. **Евтрофікація** – це збагачення води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором, унаслідок чого зростає первинна продукція органічної речовини завдяки фотосинтезу водоростей і вищих водяних рослин.

Уміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватись унаслідок автохтонних процесів (*природна евтрофікація*) – розклад органічних речовин, азотфіксація та перехід у воду біогенних елементів, захоронених у донних відкладеннях – і внаслідок надходження біогенних речовин іззовні, з алохтонних джерел (*антропогенна евтрофікація*) – вимивання з полів, надходження стічних вод тваринницьких комплексів, комунально-побутових та промислових стічних вод, які несуть із собою значну кількість азоту й фосфору.

Причиною прискореної евтрофікації може стати зарегулювання річкового стоку, коли велика кількість біогенних елементів вимивається із затоплених ґрунтів.

За джерелами надходження біогенів можна виділити три типи антропогенної евтрофікації: *урбогенну*, виникає внаслідок скидання неочищених вод сполуками фосфору та азоту міських стічних вод; *агрогенну*, причиною якої є вимивання ґрунтовими водами й зливами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь; *зоогенну* внаслідок забруднення водойм стоками тваринницьких ферм або при багаторазовому водопої та купанні великих черед худоби.

У ставкових рибних господарствах через велику щільність посадки риб евтрофікація може бути наслідком накопичення фосфорних та азотних сполук з екскрементів риб. Крім того, у ставкових господарствах евтрофікацію створюють цілеспрямовано,

через внесення мінеральних добрив для підвищення кількості планктону – основної кормової бази риб [43].

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості), масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на завершальному етапі вегетації – при масовому відмиранні водоростей та інших організмів. Залежно від кількості біогенів, що надходять у водну екосистему, може прискорюватися перехід оліготрофних водойм у мезотрофні й евтрофні.

Водорості та вищі водяні рослини при їх надходженні у водне середовище здатні накопичувати азот і фосфор у значній кількості. У цьому полягає одна з найважливіших особливостей біології водоростей, яка є основою механізму розвитку евтрофікації.

У водних екосистемах евтрофікація призводить до масового розвитку водоростей. Отже, існує прямий корелятивний зв'язок між здатністю водоростей накопичувати біогенні елементи та їхніми потенційними можливостями масового розвитку. Тому зі зростанням умісту цих елементів в екосистемі створюються сприятливі умови для масового розвитку фітопланктону, утворення первинної продукції органічної речовини й збагачення водного середовища киснем.

Нарощування біомаси фітопланктону деякою мірою позитивно впливає на функціонування водних екосистем: зростає кормова база для гідробіонтів наступних трофічних рівнів, збільшується чисельність і біомаса гетеротрофів. Але з часом між нарощуванням біомаси фітопланктону, утворенням органічної речовини й кількістю кисню, який витрачається на біологічну деструкцію та хімічне окиснення органічної речовини, починає виявлятися невідповідність - органічної речовини утворюється більше, ніж її можуть розкласти мікроорганізми. Накопичуючись органічна речовина забруднює водні маси; одночасно стимулюється подальше зростання біомаси фітопланктону, і це ще більше поглиблює й прискорює процес евтрофікації [48].

В евтрофованих водоймах суттєво змінюються фізико-хімічні властивості середовища: підвищується вміст біогенних та органічних речовин, знижується рівень насиченості киснем, у придонних шарах води з'являються анаеробні зони, зростає каламутність і знижується прозорість води. Накопичення надмірної

кількості органічних речовин у донних мулових відкладеннях супроводжується утворенням метану, водню, сірководню, аміаку, які можуть виділятися у вигляді бульбашок, а при розчиненні у воді надають їй неприємного запаху й виявляють токсичну дію на риб і безхребетних, особливо взимку, у підлідний період, що призводить до придух та масової загибелі риб.

У високоевтрофних водоймах для більшості гідробіонтів створюються несприятливі умови існування. Зменшується видове різноманіття промислово цінних видів риб. У місцях концентрування й розкладу синьо-зелених водоростей масово гине риба внаслідок отруєння продуктами розкладу цих водоростей та кисневого дефіциту, що витрачається на їх гниття.

Варто зауважити, що масштаби й швидкість розвитку евтрофікації не завжди визначаються тільки надходженням біогенних елементів. Цей процес залежить і від інтенсивності водообміну, глибини водойми, об'єму води та ступеня кисневого насичення водних мас. У глибоких водоймах із достатнім водообміном евтрофікація відбувається дуже повільно, натомість у слабопроточних і неглибоких водоймах – прискорено.

Отже, наслідком евтрофікації є посилене «цвітіння» водойми або масовий розвиток нитчастих (бентосних) водоростей в озерах і водосховищах.

Найважливішими заходами попередження евтрофікації є обмеження забруднення водойм біогенними елементами через очищення міських стічних вод; створення водоохоронних зон по берегах річок, озер і водосховищ. Перспективним напрямом зниження евтрофікації вод і захисту їх від забруднення має стати **фітомеліорація**, тобто культивування вищої водної рослинності в прибережних зонах із метою перехоплення біогенних елементів, які надходять із полів, із тваринницьких ферм та населених пунктів [15].

Із вищесказаного випливає, що «цвітіння» води як гідро-біологічний процес зумовлене евтрофікацією. Збагачення води біогенними речовинами, особливо азотом і фосфором, викликає масовий розвиток водоростей. Так, у морях тропічних широт виникають так звані «червоні припливи» внаслідок масового розвитку водоростей види родів золотисті й динофітові, які виділяють дуже небезпечні токсичні речовини для риб та багатьох безхребетних.

У малопроточних водосховищах значну роль у «цвітінні» води, яка набуває різного забарвлення (синьо-зеленого, зеленого, червоного, буро-жовтого) залежно від пігментації видів-збудників, відіграють синьо-зелені водорості, зокрема види родів *Microcystis*, *Aphanizomenon* і *Aphanocapsa*. Розвиток синьо-зелених водоростей до рівня «цвітіння» лімітується вмістом фосфатів, швидкістю течії та її каламутністю. Саме цим пояснюється те, що у швидкотекучих і каламутних річках «цвітіння» води практично не буває.

Екологічний механізм цього явища дуже складний та обумовлений взаємодією природних й антропогенних чинників. До останніх належить зарегулювання річкового стоку, наприклад таких рівнинних річок, як Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець. Після залиття великих площ землі та попадання у воду біогених речовин, утворення мілководних застійних зон, де вода інтенсивно прогривається й слабо обмінюється, створюються найбільш сприятливі екологічні умови для масового розвитку синьо-зелених водоростей [47].

Розрізняють такі ступені «цвітіння» води залежно від кількості утвореної біомаси: у межах 0,5–0,9 мг / дм³ – *слабке*, 1,0–9,9 мг / дм³ – *помірне*, 10–99,9 мг / дм³ – *інтенсивне* та «*гіперцвітіння*», коли утворюється біомаса більше 100 мг / дм³.

Під час масового розвитку фітопланктону на поверхні водойм утворюються слизоподібні плівки, при зближенні яких формуються «плями цвітіння». У них може виділятися *планктонна*, *нейстонна* та *гіпонеїстонна* зони, що займають різні горизонти водної поверхні. За забарвленням, у межах плям, вимальовуються зони зеленої, блакитної, бурої та білої плівок, де водорості перебувають на різних етапах деструкції. Поруч з основною колонією мікроцистиса в таких плівках трапляються значно менші скупчення інших видів водоростей (наприклад афанізоменона), а також бактерії різних фізіологічних груп та віруси. Ці мікро-

організми утилізують органічні речовини відмерлих водоростей і тих, що відмирають. Отже, «плями цвітіння» – досить складні утворення (альго-бактеріальні), у яких відбуваються переважно деструкційні процеси розкладу органічної біомаси [11, 43].

Акваторія водосховища за умов штильової погоди в період максимального нагромадження «плям цвітіння» (липень–серпень) має вигляд мозаїки, що складається з «плям» і чистоводь. За штормової погоди плями зникають, однак із появою штилю знову швидко формуються. Вітри й течії переносять їх по всій акваторії. Залежно від напрямку вітру великі маси водоростей можуть зганятися до берегів водосховища.

Так, у Кременчуцькому й Каховському водосховищах згінні маси прямують переважно до південно-західних берегів, тому біомаса в них може сягати $500 \text{ кг} / \text{м}^3$. Саме тут виникають заморні явища, оскільки в нагінних масах заплутується велика кількість риби, що гине внаслідок забивання зябер, кисневого дефіциту та отруєння токсинами водоростей. Найбільша кількість водоростей наганяється в затоках і бухтах, утворюючи непрохідність човнів.

Рибу, винесену хвилями на піщані береги, швидко скльовують птахи (чаплі, лелеки, баклани тощо), які прилітають до місць скупчення загиблої риби. Винесені на піщані узбережжя водорості після нагонів висихають, перемішуються з піском, утворюють сухі кірки.

З іншого боку, більша частина «плям цвітіння» розкладається в місцях нагону з утворенням великої кількості продуктів розкладу (фенол, індол, скатол, поліпептиди та альготоксини), здебільшого токсичних. При розкладанні також виділяються пігменти – фікобіліни, фікоціаніни, тому вода набуває густо-синього кольору. Такі водні ділянки стають непридатними для життя більшості гідробіонтів.

Інша частина водоростевих плівок зазнає лізису від вірусів і бактерій-супутників, а також власних токсинів. Такі явища виникають досить часто й на місці «плями», що розпалася, залишається тільки тонка поверхнева плівка. При цьому також виділяються токсини.

Деяка частина біомаси залишається в товщі води у вигляді бурих скупчень, що нагадують фекальні маси з відповідним запахом, та, нарешті, тільки невелика частина спродукованої біомаси осідає на дно, де в «муловому розчині» на стику двох

біотопів – водної маси й донного мулу – утворює зимуючі колонії водоростей, укриті шаром слизу. Цикл замикається впродовж вересня–жовтня, а тоді місце синьо-зелених водоростей, як домінуючих у біоценозах, займають інші, більш холододлюбні водорості, зокрема діатомові [30].

Відмирання водоростевої біомаси зумовлює різке погіршення якості води, що наближається за своїми показниками до рівня води α -мезосапробної, полісапробної й навіть гіперсапробної зони. Забруднення водойм унаслідок розкладання великих мас водоростей характеризується як *біологічне самозабруднення*.

Отже, «цвітіння води» – це екосистемне явище, яке пов'язане, передусім, із перетвореннями в екосистемах та має глибоке підґрунття в еволюції гідросфери.

Значний внесок у з'ясування біологічної суті процесу «цвітіння води», його причин і закономірностей поширення зроблено колективом учених Інституту гідробіології Академії наук України на чолі з академіком О. В. Топачевським.

4. Самозабруднення й самоочищення водойм. **Самозабруднення** – надмірне утворення первинної продукції органічної речовини, пов'язане з масовим розвитком фітопланктону, що призводить до «цвітіння» води, унаслідок чого погіршується її якість. Отже, самозабруднення – утворення величезної біомаси водоростей та продуктів її деструкції. Розклад біомаси призводить до утворення у воді значної кількості органічних, мінеральних, у т. ч. й токсичних, речовин, які істотно погіршують якість води. Серед токсичних речовин виділяються поліпептиди, феноли, індол, сірководень тощо. Отож, **біологічне** (вторинне) забруднення, на відміну від алохтонного, отримало назву *самозабруднення*. Воно може відбуватись унаслідок десорбції органічних і мінеральних речовин, накопичених у донних відкладеннях. Такі процеси більш інтенсивно відбуваються при дефіциті кисню й підкисленні водного середовища в анаеробних умовах.

У водних екосистемах за нормального функціонування перебіг процесів продукування, засвоєння та деструкції автохтонних речовин за участю гідробіонтів збалансований. Завдяки цьому підтримується певний рівень якості води.

Процес розкладання й виведення забруднюючих речовин із кругообігу водного середовища внаслідок взаємодії механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних чинників, що

відбувається за участі сонячної радіації, водної рослинності та відстоювання, називається **самоочищенням** водою [57].

Суть *механічного* самоочищення полягає в перетиранні, механічному подрібненні окремих частинок, фільтрації забруднених вод через піщані ґрунти. *Фізичне* самоочищення включає процеси осідання (седиментацію) забруднювальних речовин під дією сили тяжіння.

Хімічне й фізико-хімічне самоочищення пов'язане з утворенням комплексних сполук, реакціями між окремими речовинами, сорбцією завислих частинок мулом, глиною, піском та іншими донними відкладеннями, окисненням нестійких речовин розчиненим киснем (не абіотичного походження). *Біологічне* самоочищення водою включає *біофільтрацію, мінералізацію органічних речовин, фотосинтетичну аерацію – реаерацію, біоаккумуляцію й біодетоксикацію.*

Біофільтрацію здійснюють організми-фільтратори, зокрема двостулкові молюски та планктонні ракоподібні. Велику кількість води пропускають через своє тіло й очищають її від завислих частинок. Вони використовують органічні та деякі мінеральні речовини як корм, а решту виводять у воду в вигляді слизових грудок, що осідають на дно. Завдяки цьому відбувається освітлення води й зменшується концентрація забруднюючих речовин у ній.

Гідробіонти здатні накопичувати в організмі забруднюючі речовини, які містяться у воді. При цьому коефіцієнт їх накопичення (КН) може зростати в тисячі-десятки тисяч і більше разів. Таке явище називається *біоаккумуляцією, або біоконцентруванням.* Накопичення забруднювальних речовин у тілі гідробіонтів зростає під час перебігу по трофічних ланцюгах.

Завдяки біоаккумуляції у водному середовищі поступово зменшується концентрація як органічних, так і неорганічних забруднювальних речовин. Деякі з них можуть повертатись у воду після відмирання гідробіонтів, але значна частина підлягає руйнуванню під дією ферментативних систем або переходить у неактивну форму. Руйнування та біоконцентрування токсичних речовин у водному середовищі завдяки гідробіонтам характеризується як *біологічна детоксикація.*

Мінералізація органічних речовин пов'язана із життєдіяльністю гідробіонтів, насамперед бактерій різних фізіологічних груп. У зв'язку з цим якість води можна характеризувати за бактеріо-

логічними показниками, зокрема за загальною чисельністю бактеріопланктону, кількістю бактерій групи кишкової палички (колі-титр та колі-індекс) і сапрофітів. При органічних забрудненнях чисельність бактерій у воді зростає. Зокрема, наявність кишкової палички у воді свідчить не тільки про антропогенне фекальне забруднення, а й про підвищений вміст органічних речовин, що виникає внаслідок відмирання гідробіонтів, переважно фітопланктону й вищих водяних рослин.

Фотосинтетична аерація – це насичення води киснем, що утворюється рослинами в процесі фотосинтезу (на відміну від розчиненого кисню, який надходить у воду з атмосфери). Утворений кисень окиснює розчинні органічні речовини й підтримує кисневий режим забруднених вод, так звана *фотосинтетична реаерація*. Цей процес знаходить широке використання в системах очищення стічних вод у так званих біологічних ставках, де масово розвиваються хлорококові водорості – фотосинтетики. Реаерація пов'язана з відновленням газового режиму забруднених вод при надходженні в них кисню біогенного походження [37].

Процеси самоочищення водойм мають послідовний хід, що супроводжується зміною зон сапробності – від полісапробної до α -мезосапробної, а далі до β -мезосапробної й олігосапробної.

Зони сапробності найбільш чітко виділяються в малих річках з уповільненою течією (при наявності одного джерела забруднення). За течією послідовно формуються полі-, альфа- й бетамезосапробна зони. За відсутності додаткових джерел забруднення остання поступово переходить в олігосапробну.

Якщо на річці встановлені й інші джерела забруднення, то відновлюється спочатку зона високого забруднення (полі- чи α -мезосапробна). Знесені течією планктони – показники високої якості води – можуть змішуватися з індикаторами нижчих рівнів забруднення. Тому більш показовими індикаторами забруднення в таких випадках є прикріплені форми (*перифітон*), обростання підводних споруд, нитчасті водорості та макрофіти, а також зообентос. Саме ці біоценози відображають не мінливий рівень забруднення, як фіто-, зоо- й бактеріопланктон, а пересічні умови забруднення за тривалий час [10].

Тому дослідження водних об'єктів передбачає обов'язковий аналіз складу перифітону, інших обростань та бентосу, а не лише

планктону. В озерах і водосховищах потік забруднень від стічних труб та інших точкових джерел поширюється концентрично, за радіусами, тому зони сапробності тут формуються за кільцевою схемою, а при штормовому й турбулентному перемішуванні води межі між зонами сапробності стираються. Забруднення можуть поширюватися локальними течіями, тому зони високої та низької сапробності чергуються мозаїчно й безсистемно. Отже, для правильного встановлення зон сапробності потрібно розміщувати місця відбору проб відповідно до гідрологічних особливостей водного об'єкта.

5. Токсичне забруднення та його джерела. Структура гідробіоценозів унаслідок токсичного впливу. Одним із найбільш шкідливих проявів антропогенного впливу на водні екосистеми й гідросферу загалом є хімічне забруднення, яке може призвести до отруєння водного середовища та його біоти. Серед хімічних речовин, що надходять у водойми зі стічними водами (токсикогенним стоком) й атмосферними опадами, більшість із них отруйні для гідробіонтів. Речовини, які проявляють таку дію, називаються *токсикантами*, а сам процес надходження отруйних речовин у водні об'єкти – *токсифікацією*. Токсичні речовини бувають природного походження й такі, що синтезовані людиною. Останні називаються *ксенобіотиками* [27].

Отруєна токсикантами вода із середовища життєзабезпечення перетворюється в середовище *токсичне*, тобто агресивне, вороже для нормального існування гідробіонтів. У такому середовищі перебіг біологічних процесів відбувається за новими закономірностями життя, розмноження й розвитку гідробіонтів. Істотно змінюються процеси формування та динаміка популяцій і структура гідробіоценозів.

Вплив токсикантів на водні екосистеми має комплексний характер, а роль окремих компонентів не завжди можна виділити й оцінити. Сільськогосподарський стік із полів містить переважно залишки пестицидів у поєднанні з мінеральними та органічними добривами. Упродовж останніх десятиліть забруднення водних екосистем залишками пестицидів було однією з найгостріших проблем. Токсиканти надходили у водойми із сільськогосподарським стоком після масових опилень полів, зі стічними водами підприємств, які переробляли цукрові буряки, та тих, на яких виробляли інсектициди.

У 50–80 ті рр. ХХ ст. у різних країнах світу широко застосовувалися біоциди для боротьби з так званими шкідливими, або «смітними» гідробіонтами (личинки кровососних комах (інсектициди), кліщі (акарициди), водяні макрофіти (гербіциди), водорості-збудники «цвітіння» води (альгіциди), моллюски (моллюскоциди), «смітні» риби (іхтіоциди)). Однак дослідження впливу біоцидів на гідробіонтів і водних екосистем загалом засвідчило, що вони мають багато небажаних побічних наслідків та істотно порушують екологічну рівновагу у водоймах, унаслідок чого їх застосування останнім часом було обмеженим або зовсім забороненим.

Крім забруднення антропогенного походження, токсичність водного середовища може бути зумовлена метаболізмом самих гідробіонтів (*природна токсичність*). Так, під час масового розвитку синьо-зелених водоростей («цвітіння» води) у водне середовище надходить значна кількість токсичних метаболітів, що може призвести до загибелі зоопланктону та риб. Серед них найбільш небезпечні алкалоїди, які викликають важкі захворювання нервової системи в біоти.

Водорості *Microcystis aeruginosa* виділяють у воду цілий комплекс токсичних речовин переважно пептидної природи, а *Arhanizomenon flos-aquae* – речовини, близькі за своєю дією до сакситоксинів динофітових водоростей. Серед морських представників токсичного фітопланктону варто відзначити найбільш відому золотисту водорість (*Prymnesium parvum*), яка викликає так звані «червоні припливи», а на Атлантичному узбережжі США характерні «бурі припливи», зумовлені масовим розвитком різних видів динофітових водоростей, здебільшого токсичних.

Вивченням впливу токсичного забруднення на гідробіонтів, їх угруповання та водні екосистеми загалом займається *водна токсикологія, або екотоксикологія*, яка є одним із напрямів антропогенної гідро екології [43].

Структура гідробіоценозів унаслідок токсичного впливу. Після надходження у водні екосистеми токсичні речовини, передусім, взаємодіють із планктонними організмами. В організмі ракоподібних-фільтраторів накопичується велика кількість токсикантів. Тому вони виступають як перший буфер, що приймає основний токсичний прес на себе, зменшуючи тим самим негативний вплив на організми інших популяцій. Унаслідок цього першими випадають зі складу планктону,

що приводить до зміни домінантних видів у ньому.

Зниження інтенсивності споживання планктонних водоростей зоопланктоном призводить до їх більш інтенсивного розвитку, аж до виникнення «цвітіння» води. Організми зоопланктону загалом більш чутливі до дії багатьох токсикантів, ніж водорості, тому первинна продукція в умовах невисокого токсичного забруднення може навіть зростати внаслідок зниження пресу зоопланктону на фітопланктон. Одночасно з цим збільшується й розклад (деструкція) фітопланктону, що прискорює самозабруднення водойм.

Токсиканти у водних екосистемах нерівномірно розподіляються між компонентами планктону, що призводить до корінної перебудови структури планктонних співгруповань. Як правило, такі перебудови здійснюються в три етапи. На першому суттєво змінюються показники чисельності й біомаси планктонних популяцій, що характеризує етап як «розхитування» водної системи. На другому відбувається зміна домінантних форм, що переходять на другорядний фон або зовсім зникають, а домінантами стають види, які раніше були субдомінантними. Такі зміни найчастіше носять стрибкоподібний характер і виявляються при досягненні певних критичних значень концентрації токсиканта. На третьому етапі повністю змінюється структура гідробіоценозів: зникає домінування окремих планктонних видів, чисельність і біомаса яких постійно змінюється при загальній тенденції до падіння [3].

У випадках тривалої дії токсикантів може повністю зникати фітопланктон, унаслідок чого призупиняється фотосинтез, порушуються трофічні ланцюги й екосистема відмирає. При перевантаженні водної екосистеми токсичними речовинами, які пригнічують її енергетичний потенціал та порушують екологічні зв'язки, на певному етапі починаються «коливальні» процеси, за якими настає корінна перебудова екосистеми, що призводить до дезорганізації її структури, а в подальшому – до її повної загибелі.

У донних відкладах такі процеси виражені менш чітко, незважаючи на те, що токсиканти до них надходять у складі завислих частинок та відмерлого планктону. Донний мул інтенсивно адсорбує токсиканти, що зв'язуються в складні нетоксичні сполуки (наприклад комплексні сполуки важких металів). У зв'язку з цим прямий вплив токсикантів на бентосні організми можна й не виявити. Нестійкі органічні токсиканти руйнуються мікроорганізмами донних відкладень і частково засвоюються мікро- та мезо-

бентосними організмами, які живляться мулом (нематоди, олігохети, личинки хірономід). Акумуляція токсикантів із донних відкладень здійснюється за трофічними ланцюгами: мул–донні мікроорганізми–бентосні безхребетні–риби–бентофаги (лящ, сазан, лин, сом та інші). Такі риби хворіють, а споживання їхнього м'яса небезпечно для людини. При тривалому накопиченні токсикантів мул стає токсичним, але виявити це можна лише при біотестуванні водних витяжок мулу [27].

Описаний хід токсикогенних сукцесій характерний для водойм невеликих розмірів з уповільненим водообміном із невеликою концентрацією токсичних речовин, не викликаючи при цьому масової загибелі гідробіонтів. Натомість, у річках спостерігається розведення токсикантів та знесення їх у пониззя або у водосховища, де вони осідають у вигляді завислих частинок [43].

Катастрофічні скиди стічних вод, аварії на очисних спорудах, залпові викиди забруднюючих речовин та інші надзвичайні ситуації, що призводять до надходження у водойми значної кількості токсикантів (серед яких – більшість отруйних), супроводжуються масовою загибеллю (замором) риб і безхребетних. Такі явища часто пов'язані з поєднанням дії токсикантів та кисневого дефіциту.

6. Нормування якості поверхневих вод. Якість води – характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних цілей використання. Нормування якості води водного об'єкта здійснюється шляхом встановлення сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей, у межах яких забезпечуються безпечні умови водокористування і які встановлюються для води, що використовується для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб та потреб рибного господарства.

Водним кодексом України [8] встановлено екологічні нормативи якості води з метою захисту водних екосистем від забруднення. *Екологічні нормативи якості вод* – це науково обґрунтовані кількісні значення показників (гідроморфологічних, гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, радіаційних, у т. ч. специфічних речовин токсичної дії) якості води, що віддзеркалюють природний (фоновий) стан водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності з покращення або збереження його екологічного благополуччя. Для кожної забруднюючої речовини й

для певного водного об'єкта (або групи однотипових водних об'єктів) екологічні нормативи встановлюються окремо.

Відповідно розрізняють *санітарно-гігієнічні нормативи якості води* - науково обґрунтовані величини концентрації забруднюючих речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення); *рибогосподарські нормативи якості води* - науково обґрунтовані величини концентрації забруднюючих речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають на збереження і відтворення промислово цінних видів риби.

На ділянках водних об'єктів, які знаходяться в межах населених пунктів, незалежно від цілей водокористування нормативи встановлюються також для води, що використовується для задоволення господарсько-побутових потреб.

Нормативним документом, який регламентує якість води поверхневих вод, є гранично-допустима концентрація (ГДК) речовин, що встановлюється для господарсько-питного, культурно-побутового, а також рибогосподарського водокористування.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це така концентрація хімічних речовин, що не завдає шкоди здоров'ю людини при використанні води для питних та інших потреб (санітарно-гігієнічна ГДК), не перешкоджає нормальній життєдіяльності риби і кормових організмів (рибогосподарська ГДК), не порушує стан водних екосистем (екологічні нормативи – ЕН, або екологічні стандарти якості вод).

Крім того, нормування якості поверхневих вод має свою юридичну основу – водний кодекс, водний кадастр, санітарні правила і норми (СанПіН), гранично допустимі концентрації (ГДК), гранично допустимі скиди (ГДС) та інші чинні документи, спрямовані на попередження і усунення причин забруднення водних об'єктів [32].

Для вод, що використовується для потреб рибного господарства, при нормуванні якості встановлюються ГДК шкідливих речовин з врахуванням п'яти показників шкідливості:

- органолептичного;
- загальносанітарного;
- санітарно-токсикологічного;

- токсикологічного (характеризує токсичність речовин для живих організмів, що живуть у водоймі);
- рибогосподарського (характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб).

Рибогосподарські ГДК зорієнтовані на збереження і підтримку структурно-функціональної цілісності екосистем водойм рибогосподарського призначення. Основним критерієм при їх розробці є досягнення якості води, придатної для нормальної життєдіяльності риб та інших гідробіонтів, а також отримання рибної продукції, що відповідає гігієнічним вимогам.

Згідно рибогосподарських ГДК вода не повинна мати стороннього запаху, присмаку і невластивого забарвлення, які можуть передаватися рибній продукції. Регламентуються й інші екологічні показники: температура, реакція середовища (рН), біохімічне споживання кисню (БСК) тощо, що істотно впливають на фізіолого-біохімічні процеси в організмі риб й інших гідробіонтів.

Основними заходами охорони води від забруднення вважаються такі, котрі частково виключають утворення стічних вод, а також необхідність скиду їх у водоймища. Заборонений скид у водоймища таких стічних вод, які можуть бути ліквідовані іншими шляхами: застосуванням раціональної технології, повторним використанням відпрацьованої води у системах обертового водопостачання та використанням стічних вод у цілях сільськогосподарського зрошування. Вказані заходи дозволяють зменшити об'єми стічних вод, які підлягають скиду у водоймища [40].

Контрольні питання

1. *Як за походженням поділяються органічні речовини водної екосистеми?*
2. *Що таке асиміляція й деструкція органічної речовини?*
3. *Дайте визначення токсикантам і токсифікації водойм?*
4. *Що таке ксенобіотики?*
5. *Дати визначення сапробності та сапробіонтам.*
6. *Як поділяються водойми за ступенем забруднення органічними речовинами?*
7. *Охарактеризувати полі-, оліго-, мезосапробні й катаробні води.*

8. Назвати заходи попередження евтрофікації.
9. Що таке самоочищення водойм? Назвати його види.
10. Пояснити суть біофільтрації водойм.
11. Що таке біоаккумуляція й біологічна детоксикація?
12. Дати визначення фотосинтетичній аерації та реаерації.
13. Що таке природна токсичність?
14. Дайте визначення екологічних нормативів якості води та назвати їх види.

§ 10. Рослинні індикатори екологічного стану поверхневих вод

1. Рослини – індикатори поверхневих вод. Різні елементи гідросфери Землі тісно пов'язані з рослинним покривом. Тому рослинні індикатори можуть бути використані й при вивченні поверхневих вод.

Вивчаючи поверхневі води, для характеристики водного середовища постійних і тимчасових водойм, а також поверхневого стоку з водорозділів використовують ботанічні показники.

Акваторія морів та озер. Склад і розподіл рослинності бентосу й планктону морів та озер є показником освітленості, температури, хімічного складу, маси органічної речовини, переміщення водних мас, льодового режиму. **Планктон** слугує індикатором гідрологічного стану й походження вод, **бентос** – показником середнього гідрологічного режиму придонних шарів протягом тривалого часу.

Вертикальний розподіл підводної рослинності віддзеркалює зменшення освітленості зі збільшенням глибини. Наприклад, уздовж узбережжя Чорного моря на верхній субліторалі (0–3 м) переважають найсвітлолюбніші види (поліфоти): квіткові, зелені водорості з домішкою бурих і червоних водоростей. Середню сублітораль від 3–5 до 10–15 м глибини займають помірно світлолюбні водорості (мезофоти), переважно бурі з домішкою червоних. Нарешті, у нижній субліторалі на глибинах від 10–15 до 50–60 м, де освітлення зменшується, поширені лише тінелюбні червоні та бурі водорості. За глибиною розповсюдження полі- й мезофітних водоростей можна судити про прозорість води.

Для багатьох водоростей специфічна вузька температурна

приуроченість, тому вони можуть бути використані як показники певних теплових властивостей води. Так, наприклад, кріофільна водорість *Phaeocystis pouchetii* є характерним показником холодних полярних вод. Холодостійкі види родів *Fucus*, *Bangia*, *Enteromorpha* і термофільні водорості родів *Trichodesmium* та більшість *Syracosphaera* трапляються лише в теплих водах при температурі близько 20°C. Типовими представниками тропічних вод є донні бурі водорості родів *Sargassum*, *Sphacelaria*, а також види родів *Siphonaceae*, *Lithothamnium* [31, 35].

Зі ступенем мінералізації води тісно пов'язані солестійкі організми. Наприклад, евгленова водорість *Halosphaera viridis*, уникає недостатньо солоних вод (нижче 30 проміле). Для солоних морських вод характерні угруповання бурих і червоних водоростей роду *Fucus*, *Cystoselra*, *Laminaria*, *Macrocystis*. Велика кількість водоростей указує на мезогалобіонтні умови із засоленістю від 3 до 30 проміле. Багато водоростей слугують індикаторами прісних або слабко мнералізованих вод, наприклад *Rhizolenia longyseta*, види *Spirogyra*. При зміні мінералізації змінюється також склад водоростей.

Планктон теж відображає розподіл щодо солоності. Чутливим індикатором умісту хлоридів і засолення вод є діатомові водорості – *Nitzschia.ovalls*, *Navicula longirostris*, – які вказують на вміст хлоридів більше 60 мг / л. Евгленові види *Nitzschia frustulum* розповсюджені при концентрації Cl 30–50 мг / л. Велика кількість мезогалінних водоростей – *Amphora commutata*, *Nitzschia apiculata*, *Melosira nummuloides* – є індикатором показників умісту Cl від 7 до 20 мг / л. Низькою засоленістю (Cl до 2 г / л) відзначаються *Cyclotella meneghiniana*, *Thalassiosira jluviatilis*.

В озерах використовують рослини як індикатори хімічних властивостей води (насиченість органічними речовинами, солоність та ін.) У прісних озерах гумідної зони Європи в евтрофних озерах, насичених гуміновими сполуками й мінеральними речовинами, багатою є прибережна рослинність, представлена *Oenanthe aquatica*, *Phragmites commums*, *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, а також плаваючими *Nymphaea candida* й зануреними рослинами *Sparganium simplex*. Оліготрофні озера з чистою водою характеризуються специфічною рослинністю – *Isoetes Lacustris*, *Sparganium ajfine*, *Litorella sp.*, *Lobelia sp.* Дистрофні водойми кислі, бідні на мінеральні речовини, що

характерні для заболочених лісових і сфагнових торф'янистих територій, представлені *Eqisetum jluviatile*, *Carex acuta*, а також зеленими мохами, рдесником, гірчаком земноводним [44].

Вивчення вертикального розміщення водоростей дає можливість охарактеризувати зміни температури й засоленості. Здійснюючи гідробіологічні дослідження вод, дослідники виявили, що у верхніх шарах оліготрофних водойм (0–5м) живуть прісноводні водорості родів *Rivularia*, *Enteromorpha*, *Cladophora*, а на глибині 8–13 м зростають полігалинні червоні водорості *Phyllophora brodiaei*. Така вертикальна екологічна сумісність є показником двоярусної природи вод: зверху – прісний ярус, унизу – засолений. Прикладом температурної ярусності можуть слугувати склад і розподіл водоростей Білого моря [36]. Так, у поверхневих відносно теплих (близько 10° С) шарах води поширені бореальні види *Fucus vesiculosus*, *Laminaria sacharina*, *Ceramium rubrum*. Глибше 20 м, у холодніших горизонтах, де панують нижчі температури, вони змінюються кріофільними арктичними видами *Polysiphonia arctica*, *Ceratocolax hartzii*, *Phylophora interraptia*.

Особливість розподілу морських водоростей характеризують напрямок та інтенсивність морських течій. Поява теплолюбивої флори в холодних місцях свідчить про наявність теплих течій. Так, поширення теплолюбної водорості *Halosphaera viridis* у холодному Карському морі дає змогу простежити теплі гілки Нордкапської течії. Навпаки, поява холодолюбних водоростей у середніх широтах указує на проникнення холодних полярних вод. Наприклад, біля західного узбережжя Південної Африки холодостійкі види родів *Laminaria* і *Macrocystis* використовують як індикатори вод холодної Бенгельської течії. Прісноводні водорості поширені далеко від берега моря: навпроти дельт великих (Конго, Амазонка) і дрібних річок (р. Умба), де характерні стокові течії, які опріснюють солоні морські води [42].

Розвиток водної рослинності засвідчує вертикальне переміщення водних мас. Низхідні потоки, що супроводжують сильні течії, приводять до поліпшення аерації, сольового режиму глибинних шарів та «опускання» ярусів рослинності. Показником таких явищ слугує поширення великих *Phaeophyceae* до більших глибин близько Оркнейських островів, біля Тихоокеанського узбережжя Північної Америки. Із підняттям глибинних вод і

збагаченням поверхневих шарів нітратами й фосфатами пов'язані місця найряснішого розвитку фітопланктону біля берегів Аравійського півострова. У полярних морях, навпаки, мінімальна кількість фітопланктону фіксує підняття холодних вод до поверхні, а максимальна – опускання теплих шарів на глибину [33, 39].

В арктичних районах склад фітопланктону може бути використаний як індикатор льодового режиму морів, де розвиток водоростей починається з того моменту, коли поверхня звільняється від льоду. Тоді відбувається масовий розвиток весняних видів переважно діатомових водоростей – *Thalassiosira gravida*, *Achnanthes taeniata*, *Fraguana oceansica*, *F. islandica*, *Chaetoceros socialis*. Це масове «весняне цвітіння» океану сприяє витраті основного запасу поживних речовин у воді та змінюється потім переважанням водоростей і незначною кількістю діатомових водоростей. Індикатором тривалого (не менше місяця) звільнення води від льоду слугує масовий розвиток «літнього» планктону з малою кількістю хлорофілу, тобто із домішкою безбарвних діатомей – *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros mitra*.

Прибережно-водну й занурену рослинність можна використовувати як показник гідродинамічних умов в акваторіях озер, річок і водосховищ [36].

У водосховищах і великих річках при невеликих течіях води (до 0,05–0,07 м / с) у помірних хвилях розвиваються смуги рослинних угруповань різноманітного складу: *Scirpus lacustris*, *Typha latifolia*, *Nuphar luteum* й ін. На ділянках зі швидкою течією (0,07–0,20 м) здебільшого залишаються лише чисті зарості *Phragmites communis*. Наявність заростей прибережно-водної рослинності вказує на значне послаблення впливу хвиль на берег. Так, зарості очерету середньої густоти на кожен 1 м ширини гасить хвилі на 4–7 %, а підвищеної густоти – на 20 % і зменшують величину динамічного тиску хвилі на берег до 60 %. Декілька рядів чагарникових верб повністю гасять хвилі висотою 0,5–0,6 м і вище.

Зарості занурених рослин гальмують рух води в руслі. Водяні рослини за інших однакових умов знижують швидкість течії удвічі, порівняно зі швидкістю на вільній від рослин ділянці річки.

Припливні зони морського узбережжя. Розподіл рослинності на низинних морських узбережжях відповідає тривалості припливів. По берегах заток, на ділянках, які піддаються найтривалішому й щоденному заливанню морськими водами,

переважає болотно-солончакова рослинність – угруповання *Hippuris maritima*, *Agrostis prorepens*, *A. maritima*, *Heleocharis euuiglumis*, *Puccinellia suecica*, *P. maritima*. Ділянки тераси, які заливаються щодня, але на короткий період і краще дреновані, зайняті лучно-солончаковою рослинністю – угруповання *Plantago subpolaris*, *Juncus gerardii*, *Peantago maritima*, *Triglochin maritima*, *Alopecurus ventricosus*, *Carex subspathacea* і *Elytrigia repens*, розподіл яких залежить від засоленості ґрунтів. Підвищені й віддалені від узбережжя ділянки морської тераси, що не піддаються щоденним припливам, а затоплюються близько двох разів на місяць під час високих припливів і сильних штормів, зайняті лучно-болотною рослинністю, серед яких, залежно від зволоження й засолення ґрунтів, переважають *Carex norvegica*, *Festuca rubra*, *Agrostis alba*, *Calamagrostis neglecta*, *Phragmites communis*. Незаливна приморська рівнина зайнята суходольною рослинністю зі злаково-різнотравними угрупованнями з *Festuca rubra*, *Parnassia palustris*, *Pedicularis verticillata*, *Vicia cracca* [35, 44].

Характер рослинності зон припливу змінюється залежно від географічних умов, оскільки рослинності морських терас, характерні такі зональні закономірності: із півночі на південь заболоченість зменшується, а кількість галофітів – навпаки, збільшується. Значний інтерес викликає використання ботанічних ознак для визначення повторюваності цунамі й протяжності хвиленебезпечних зон. Як показали спостереження Міллера, здійснені в 1958 р. в одній із заток південно-західного узбережжя Аляски, уздовж берегів, що піддаються напливу гігантських хвиль, простягаються смуги повністю порушених деревних насаджень, повалених стовбурів, змитих чагарників та трав'янистих рослин. На узбережжі можна виявити сліди попередніх, ще потужніших хвиль. Так, нижче розміщено смугу молодих заростей тополі, вільхи, ялини, вік яких, судячи з підрахунку річних кілець, становить від 14–17 років. Уздовж верхньої межі цієї смуги на стовбурах найстаріших дерев спостерігаються механічні пошкодження, які дендрометричним методом датуються тим самим часом. Ця смуга завширшки майже 60 м маркує зону руйнування гігантських хвиль. Ще вище розташована смуга густих зрілих ялиників завширшки близько 600 м. На висоті близько 24 м вона різко переходить у корінні ялинові ліси, які не піддаються із моря хвильовим

руйнуванням. Отже, завдяки аналізу рослинності узбережжя можна визначити хвиленебезпечні зони.

Періодично заливні заплави річок. Розподіл рослинності відображає тривалість затоплення заплави. У рівнинних умовах помірної зови Європи низинні ділянки заплави заливаються на тривалий термін – понад 50 днів, зайняті простими за складом, несформованими угрупованнями гігрофільного різнотрав'я, осок і гігромезофільних злаків.

Glyceria aquatica, Carex gracilis, C. aquats, Beckmannia eruciformis, Digraphis arundinacea. Середні рівні заплави затоплюються на коротші терміни – 20–30 днів. Тут поширені складні мезофітні, різнотравно-злакові угруповання: *Alopecurus pratensis, Agrostis alba, Trifolium montanum, Genista tinctoria.* Верхні рівні та віддалені від річки ділянки заплави заливаються на короткий термін (до 10 днів), зайняті зрідженими травостоями з низькорослих заплавних рослин: *Carex nigra, C. schmidtii, Koeleria delavignei, Festuca rubra, Poa pratensis* та ін.

Індикаторами незаплавних ділянок є різні угруповання суходольних луків, лишайники й сфагнові оліготрофні мохи, що не витримують затоплення. Нижня межа появи епіфітних лишайників на корі дерев, що зростають у межах заплави, слугує індикатором максимального рівня паводку [11]. Найстійкіші до затоплення види – *Salix cinerea, S. Alba, S. triandra, S. rossica, Fraxinus pensylvanica* – витримують регулярне затоплення до шести місяців і нерегулярне – протягом усього року. Затоплення до 3–5 місяців витримують *Alnus glutinosa, Betula pubescens, Populus nigra, Elaeagnus angustifolia,* до 3–4 місяців – *Salix acutifolia, S. caspica.* Витримують затоплення тривалістю 1,5–3 місяці *Populus tremula, Tamarix ramosissima, Frangula alnus, Padus racemosa* та ін. Негативними індикаторами затоплення є багато хвойних, зокрема *Larix dahurica, Pinns sibirica, Picea excelsa* й ін. Індикаторами періодичного затоплення слугують морфологічні ознаки. Наприклад, у дерев і чагарників, що зростають у межах затопленої заплави, стовбури та гілки бувають зігнуті в напрямку течії. На стовбурах дерев спостерігаються сліди поранень кригою, а висота пошкоджень відповідає рівню води в паводок.

Періодично затоплювані замкнуті зниження. Рослинність може прямо вказувати не тільки на затоплювані площі, а й межі періодичного затоплення. Уздовж меж затоплення відкладається

значна частина плаваючих росинних і тваринних решток, мулу. Тут формуються ґрунти, що відрізняються значним умістом гумусу, великою кількістю азоту, унаслідок чого межі затоплення маркуються щільними заростями нітрофільних рослин, переважно однорічних бур'янів.

2. Індикаторне значення та екологічні особливості водоростей водних місцезростань. Водорості належать до фотоавтотрофних організмів, а тому провідними факторами, що впливають на їхній розвиток, є світло, температура, наявність краплинно-рідкого водного середовища, а також джерел мінеральних та органічних речовин. Це організми, що населяють практично всі можливі місця існування в гідросфері, атмосфері й літосфері Землі. На них можна натрапити у воді, ґрунті та на його поверхні, на корі дерев, стінах дерев'яних і кам'яних будівель, виробках зі сталі й епоксидної смоли чи тканин тощо.

Розвиток та ріст водоростей обумовлений низкою чинників. Фактори, що впливають на розвиток водоростей, поділяють на абіотичні – не пов'язані з діяльністю живих організмів і біотичні – обумовлені діяльністю живих організмів. До абіотичних факторів відносять температуру, світло, фізичні та хімічні властивості води й субстрату, стан і склад повітряних мас тощо. До біотичних факторів належать трофічні, алелопатичні відносини, конкуренція, симбіоз тощо. Особливе місце в існуванні водоростей відведено антропогенним факторам (антропогенне евтрофування, викиди токсичних промислових відходів у водне та повітряне середовище тощо) [31, 42].

Водорості, поширені на всій Земній кулі, трапляються в різних типах водойм, наземних і ґрунтових біотопах. Відомі різноманітні екологічні групи цих організмів: 1) *планктонні водорості*; 2) *бентосні*; 3) *наземні водорості*; 4) *ґрунтові водорості*; 5) *водорості гарячих джерел*; 6) *водорості снігу та льоду*; 7) *водорості солоних водойм*; 8) *водорості вапнякових субстратів*.

Планктонні водорості – це організми, що містяться у воді в завислому стані, разом із представниками поверхневої плівки води (нейстону). Сукупність вільно плаваючих у товщі води водоростей та інших рослин називають **фітопланктоном**. Це – основний, а в деяких випадках і єдиний продуцент первинної органічної речовини, на базі якого існує все живе у водоймі. Планктонні водорості наявні в різноманітних водоймах – від моря, океану до

калюжі. Різноманіття видового складу та екологічних комплексів континентального (переважно прісноводного) планктону є значно більшим, ніж морського, що зумовлено більшою відмінністю екологічних умов у внутрішніх водоймах, порівняно з морями. Видовий склад планктонних водоростей у різних водоймах (навіть в одній і тій самій водоймі, але в різний період року) неоднаковий. Він залежить від фізичного та хімічного режимів у водоймі, сезонності розвитку та біологічної специфіки конкретної групи водоростей.

Кожного сезону переважаючого розвитку досягає одна із груп водоростей (діатомові, синьо-зелені, золотисті, евгленові, зелені тощо), а в періоди інтенсивного розвитку нерідко переважає один вид, що інколи досягає масового розвитку. Найкраще це виражено в прісноводних водоймах. Так, узимку під кіркою льоду (особливо коли лід укритий снігом) фітопланктон дуже бідний або майже відсутній переважно через нестачу світла. Вегетаційний розвиток водоростей фітопланктону як сукупності починається в березні-квітні, коли рівень сонячного випромінювання стає достатнім для фотосинтезу водоростей навіть під льодом. У цей час з'являються дрібні джгутикові – евгленові, динофітові, золотисті, а також холодолюбні діатомові водорості. Улітку, при температурі води лише 15° С, спостерігається максимум продуктивності синьо-зелених, евгленових і зелених водоростей. Залежно від типу водойми, у цей час може відбуватися «цвітіння» води, спричинене розвитком синьо-зелених та зелених водоростей.

Морський фітопланктон складається переважно з діатомових динофітових водоростей, численні в морському фітопланктоні вапнякові джгутикові – коколітофоридові. Хоча морське середовище на значних просторах відносно однорідне, у розподілі морського фітопланктону такої однорідності не спостерігається. Відмінності за видовим складом та чисельністю нерідко виражені навіть на порівняно невеликих акваторіях морських вод, але особливо чітко вони відрізняються в крупномасштабній географічній зональності розподілу, де проявляється дія основних факторів середовища: солоності води, температури, освітленості та складу поживних речовин.

Планктонні водорості зазвичай мають спеціальні пристосування до перебування в завислому стані. В одних видів це різноманітні частини тіла – шипи, щетинки, рогові відростки, перетинки, парашутики; інші просто накопичують у тілі речовини,

питома вага яких – менше одиниці (каплі жиру в діатомових та деяких зелених водоростей, газові вакуолі в синьо-зелених тощо). Одним із пристосувань до існування в товщі води в завислому стані є дрібні розміри тіла планктонних водоростей [31, 33, 35, 42].

Бентосні (донні водорості) представлені сукупністю організмів, пристосованих до існування в прикріпленому чи неприкріпленому стані на дні водойм (чи біля дна) та на різноманітних предметах, живих і мертвих організмах, що містяться у воді.

Можливість існування бентосних водоростей у конкретних місцезростаннях визначається як біотичними, так і абіотичними факторами.

Бентосні водорості, що живуть в умовах руху води, мають переваги, порівняно з водоростями, що розвиваються в малорухомих водах. Один і той самий рівень фотосинтезу може бути досягнутий організмами фітобентосу в умовах течії при меншій освітленості, що сприяє росту крупніших таломів із більшим складом білку та вуглеводів. Рух води до того ж запобігає осіданню на скелі й каміння мулистих часточок, які заважають закріпленню ділянок водоростей, сприятливих для росту бентосних водоростей, змиваючи з поверхні ґрунту тварин, які харчуються водоростями. Вплив руху води на розвиток бентосних водоростей особливо помітний у річках, струмках та гірських потоках.

Температура справляє різноманітний вплив на життя бентосних водоростей. Разом з іншими факторами вона визначає швидкість росту, темп і напрямок, момент закладання в них органів розмноження, географічну зональність поширення тощо.

Інтенсивному розвитку бентосних водоростей також сприяє помірний уміст у воді біогенних речовин. У прісних водах такі умови створюються в неглибоких ставках, прибережній ділянці озер, річкових заводях, у морях такі умови є в мілких заплавах.

Крім світла, руху води, температури та складу біогенних речовин, ріст бентосних водоростей залежить від присутності рослиноїдних водних тварин: ракоподібних, риб, червононогих молюсків, морських їжаків. Це особливо помітно за заростями ламінарієвих водоростей, що різняться великими розмірами. В тропічних морях у деяких місцях риби повністю виїдають зелені, бурі та червоні водорості з м'якими таломами.

Переважаючими бентосними водоростями континентальних водойм є діатомові, зелені, синьо-зелені й жовто-зелені нитчасті, що прикріплені або ж не прикріплені до субстрату (*Navicula*,

Nitzschia Diatoma, Rhoicosphenia, Gynosigma тощо).

Залежно від місця проростання, серед бентосних водоростей виділяють такі екологічні групи: *епіліти* – ростуть на поверхні твердого ґрунту (скелях, камінні тощо), *епіпеліти* – населяють поверхню пухких ґрунтів (пісок), *епіфіти* – ростуть на поверхні інших рослин, *енеоліти* (або *сверлячі водорості*) – занурюються в субстрат (скелі, мушлі молюсків, панцирі ракоподібних), *ендофіти* – поселяються в таломі інших рослин, проте, на відміну від інших паразитичних видів, мають нормальні хлоропласти.

Інколи виділяють групу організмів обростання – **перифітон**. Водорості живуть на предметах більш рухомих або тих, що омиваються водою. Ці організми віддалені від дна та перебувають в умовах іншого світлового, харчового та температурного режимів, ніж організми донних місцезростань. Виділення перифітону обумовлено ще й шкодою, якої вони завдають: обростання можуть спричиняти господарські збитки – зменшувати швидкість руху суден, засмічувати водогінні отвори та трубопроводи.

Водорості гарячих джерел вегетують при температурі 32–52°C, а в окремих випадках – до 84°C і вище, нерідко при підвищеному вмісті солей чи органічних речовин (сильно забруднені гарячі стічні води заводів, фабрик, електростанцій та атомних станцій). Типовими мешканцями гарячих вод є синьо-зелені, меншою мірою – діатомові, а також деякі зелені водорості. Специфічних термофільних видів небагато.

Водорості снігу та льоду формують групу кріофільних організмів, до складу яких належать окремі представники зелених, синьо-зелених та діатомових водоростей. Розвиваючись у масовій кількості, вони можуть викликати зелене, жовте, голубе, червоне, коричневе, буре чи чорне «**цвітіння**» снігу або льоду. Зелене забарвлення снігу викликає *Raphidonema nivale* Lagerh., червоне – *Chlamydomonas nivalis* Wille, коричневе – *Ancylonema nordenskiöldii* Berg. Ці водорості розміщені в поверхневих шарах снігу та льоду й інтенсивно розмножуються у талій воді при температурі близько 0° С. Лише небагато з них мають стадію спокою, більшість без будь-яких особливих морфологічних пристосувань для витривалості до низьких температур [31, 42].

Водорості солоних водойм отримали назву *галобіонти*, оскільки вегетують при підвищених концентраціях солей у воді, що досягає 285 г / л в озерах із переважанням хлориду натрію та

347 г / л у глауберових озерах із переважанням сульфату натрію. Різноманіття водоростей проявляє обернену функцію до показника солоності води. Зі збільшенням солоності кількість видів водоростей зменшується. У пересолених (гіпергалінних) водоймах переважають одноклітинні рухомі зелені водорості, клітини яких позбавлені оболонки й оточені лише плазмалею (види родів *Dunaniella* Teod., *Asteromonas* Artari, *Pedinomonas* Korschikov).

У солоних водоймах півдня України та інших країн вони нерідко розвиваються в масовій кількості, спричиняючи червоне й зелене «цвітіння» солоних водойм. Дно гіпергалінних водойм інколи повністю вкрите синьо-зеленими водоростями, серед яких переважають *Microcoleus chthonoplastes*, *Aphanothece salina* тощо. У деяких озерах домінуючими є *Chlorogloea sarcinoides*, що утворює потужні підводні та берегові вали синювато-зеленого кольору.

«Цвітіння» води. Останнім часом у багатьох континентальних водоймах (з уповільненим стоком), а також у морях та океанах частішали випадки «цвітіння» води, коли від значного нагромадження водоростей середовище чи субстрат набувають зеленого, червоного, блакитного або жовтого забарвлення, що виникає через масовий розвиток одного чи декількох найпристосованіших до цих умов видів водоростей.

Воно спостерігається у всіх типах водойм, природних та штучних, морських чи континентальних, гіпер-, ев-, мезо- та олігогалінних, полі-, мезо- та олігосапробних. Цьому сприяє збільшення евтрофування водойм, яке відбувається під впливом природних й антропогенних факторів.

«Цвітіння» води спостерігається як у континентальних водоймах так і в морях та океанах (переважно в прибережних районах). У морях й океанах «цвітіння» води викликане переважно діатомовими й дінофітовими, а також синьо-зеленими водоростями.

Під час цвітіння у воді проявляються токсичні сполуки (продукти життєдіяльності водоростей та супроводжуючі їх бактерії) і більша кількість органічних речовин, що слугує поживним середовищем для бактерій, у тому числі й патогенних. Вода набуває неприємного затхлого запаху, виникає дефіцит розчиненого кисню, який використовується на дихання водоростей та розкладення відмерлої органічної маси. Інтенсивність «цвітіння» буває настільки великою, що виникають навіть певні проблеми для судноплавства. Берег стає непридатним для відпочинку внаслідок нагону водоростей, що, розкладаючись, поширюють неприємний

сірко-водневий запах. Нестача кисню призводить до літніх задух риби та інших гідробіонтів, а також гальмує процеси самоочищення й мінералізації органічної речовини [57].

Під час бродіння та розкладання водоростей у воді накопичується ацетон, масляна та оцтова кислоти, бутиловий спирт, феноли, аміни типу трупних отрут й ін. У штиль морі набуває непривабливого естетичного вигляду. Воно нібито схоже на темно-зелені луки, а восени, коли починається активна вегетація діатомей – болота із темно-коричневою водою та відповідним запахом.

Представники синьо-зелених водоростей (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*) є основними формами, які трапляються масово в прісних водоймах переважно стоячого типу та на ґрунтових скупченнях; а також є аерофільними формами, що зумовлюють «цвітіння» будівельних матеріалів, споруд, пам'ятників і кори дерев. Дінофітові (*Ceratium*, *Alexandrium*) та діатомові водорості (*Dinophysis*, *Chaetoceras*) є збудниками «цвітіння» води в морях, океанах й опріснених ділянках лиманів чи осолоненій придельтовій частині річок. Водночас серед діатомових водоростей відомі ще й аерофільні форми (*Diatoma*, *Nitzschia*). Зелені водорості (*Scenedesmus*, *Coelastrum*, *Chlamydomonas*) – звичні представники прісних водойм і нерідко активно вегетують у ставках та ефемерних водоймах (калюжах) – *Topaczevskiella*, *Chlorella*, *Ulothrix* тощо. Євгленові водорості (*Euglena*, *Tracheomonas*) виявлені в масовій кількості в надмірно забруднених водоймах ставкового типу й калюжах, у комунальних стічних водах, багатих на органічні сполуки та в азотовмісних промислових стічних водах. Жовто-зелені водорості (*Pedinomonadopsis*, *Monodus*) виявлені серед обростань стін будівель [31].

Боротьба з «цвітінням» має бути спрямована, передусім, на ліквідацію вже наявних негативних наслідків «цвітіння», подолання антропогенного евтрофування водойм. Для профілактики евтрофування штучних водойм рекомендують чітко виконувати комплекс водоохоронних заходів, який включає прибирання території майбутнього ложа водосховища, надійне захоронення торф'яників, створення навколо водойм водоохоронних зон і насадження наземної та водної рослинності, наприклад рогози або очерету, які поглинають із води величезну кількість хімічних елементів і детоксикують різноманітні отруйні сполуки, а також пригнічують розвиток синьо-зелених

водоростей. Відзначається позитивна роль рослиноїдних риб (наприклад білого товстолобика) в очищенні водойм, що «цвітуть». При цьому товстолобик не отруюється токсинами та не накопичує їх у своєму тілі й не гине, якщо «цвітіння» води не переходить певних меж. У деяких країнах для деєвтрофікації водосховищ з успіхом використовують теплолюбну рослинність.

3. Прибережно-водяна рослинність і типологія водойм. Водойми за трофністю класифікують на чотири основні групи: **оліготрофні, мезотрофні, евтрофні й дистрофні.**

Уперше ці терміни використав С. Вебер під час вивчення флори торф'яних боліт Німеччини для характеристики рослин, що розвивалися за низької, середньої й високої концентрації елементів живлення. Пізніше Е. Нейман у 1919 р., вивчаючи фітопланктон яшведських озер, застосував їх для класифікації окремих водойм відповідно до вмісту в них фосфору, азоту й кальцію. Надалі А.Тинеманн, досліджуючи озера Німеччини як критерії їх трофності, запропонував використовувати й інші показники: уміст у воді кисню, наявність індикаторних організмів, сумарну кількість фітопланктону [43]. Отже, спочатку було виділено два типи озер – оліготрофні й евтрофні, а пізніше – мезотрофні.

Розвиток гідробіонтів насамперед визначається умовами водного середовища – прозорістю води, умістом біогенних елементів (передусім азоту й фосфору), концентрацією кисню, температурним режимом, величинами рН тощо. Тому за кількістю й видовим складом організмів, інтенсивністю продукційних і деструкційних процесів можна визначити тип водойми. Розвиток водяної рослинності тісно пов'язаний із гідрологічними особливостями водойми, розмірами й морфометрією улоговини, хімічним складом вод, характером і розподілом донних відкладень й іншими чинниками. Ступінь трофності водойм дає повне уявлення про екологічні умови існування організмів і характеризується певними ознаками.

Водяна рослинність розвивається переважно на літоралі й субліторалі, утворюючи суцільну або переривчасту смугу різної ширини вздовж берега, навколо островів, рідше покриває все ложе озера. Глибина поширення водяних рослин залежить від величини прозорості води, змінюючись від 2 до 4 м, а зрідка – до 8 м.

Оліготрофні водойми відрізняються значною глибиною, високою прозорістю (за диском Секкі – до 4–20 м і більше),

присутністю кисню у всій товщі води впродовж усього року. Вони займають глибокі тектонічні й ерозійні западини зі слабовираженою літоральною зоною. Донні відкладення бідні органічною речовиною. В озерах такого типу життя водяних рослин обмежене малою кількістю біогенних сполук і низькою температурою води, недостатньою літоральною зоною. Низькомінералізовані водойми мають бідний видовий склад прибережно-водяної рослинності: загальне число видів – найчастіше не більше 10. Переважають водяні мохи (фонтіналіс), полушник озерний, очерет звичайний тощо. Біомаса прибережно-водяних рослин низька.

До оліготрофного типу належать такі озера, як Байкал, Ладозьке, Онезьке, Іссик-Куль, Кара-Куль, Тургояк, Севан, а також більшість водойм у гірських районах і північних областях.

Мезотрофні водойми характеризуються проміжними ознаками між оліготрофними й евтрофними. Вони характерні для лісової й лісостепової зон із типовими підзолистими ґрунтами, а загалом поширені у всіх природно-географічних зонах. У мезотрофних водоймах переважають сірі, глинисті або піщані донні відклади. Як правило, це водойми глибиною до 5–30 м і прозорістю води 1–4 м. Дефіцит кисню спостерігається взимку та у придонних шарах води.

Озера мезотрофного типу заростають переважно на 35 % (дуже часто – на 60 %). У рослинному покриві домінує напівзанурена рослинність (очерет). Серед занурених рослин переважають харові водорості. Також у великій кількості трапляються рдести, кушир. Зі зростанням трофності водойм видовий склад водяної флори збагачується. Для мезотрофних озер характерний багатший видовий склад флори та висока біомаса прибережно-водяної рослинності, що зумовлює процеси евтрофікації.

До мезотрофних водойм належать Київське, Можайське водосховища, озера Плещево, Глибоке, Нароч тощо [43].

Евтрофні водойми характеризуються високою біологічною продуктивністю. Найчастіше – це неглибокі водойми з найбільшою кількістю біогенних сполук із водозбірної площі. Вони розміщуються в рівнинній або слабогорбистій місцевості за наявності осадових порід. У добре освітленій і прогрітій водоймі інтенсивно розвивається фітопланктон, який у літні місяці досить часто призводить до її евтрофікації.

Донні відклади багаті на органічну речовину й біогенні сполуки. Прозорість у таких водоймах становить 0,5–2 м. Розчинений у воді кисень найчастіше спостерігається лише в поверхневому шарі води. Узимку, особливо в невеликих водоймах, дуже часто спостерігаються заморні явища.

У слабоевтрофних не досить глибоких водоймах із лайкоподібними улоговинами переважно розвиваються напівзанурені рослини (очерет, рогіз). Низька прозорість (приблизно 2 м) стримує розвиток підводних рослин. Такі озера заростають пересічно на 20 %. Ступінь заростання слабоевтрофних водойм глибиною до 4 м із наявним мілководдям становить приблизно 35 %. Поряд із напівзануреними рослинами в таких водоймах значною мірою розвиваються й підводні рослини (елодея, кушир, рдести тощо).

Лімнічні умови мілководних високотрофних озер сприяють росту прибережно-водної рослинності, що визначає утворення високої біомаси заростей (пересічно 350 г / м^2) і значне заростання цих озер (до 40–100 %).

Серед цієї групи водойм найбільше заростають (практично на 100 %) мілководні й прозорі озера. Домінуючими в них є занурені макрофіти (переважно рдести). У гіпертрофних водоймах слабкий розвиток підводної рослинності залежить передусім від низької прозорості й високої біомаси фітопланктону – конкурента за біогенні речовини.

До великих евтрофних водойм належать озера Ільмень, Чудське, Неро, Чани, Мястро, Цимлянське водосховище тощо.

Дистрофні водойми поширені в північних районах лісотундри й лісової зони. Береги озер, складені з торф'яних сфагнових мохів, вода слабомінералізована й багата гуміновими речовинами. За рахунок цього вона найчастіше зафарбована в темні кольори. У таких озерах прозорість води не перевищує 2–4 м, рН 4–6,5, карбонатів дуже мало. Водойми багаті на органічну речовину, однак деструкційні процеси відбуваються в них дуже повільно. Донні відклади представлені торфовищами, пісками або збідненими ґрунтами підзолистого типу [25, 43].

Кисла реакція середовища (рН 4–7) і низька мінералізація (15–150 мг / л) є основним чинником, що формують видовий склад макрофітів. Отож, у цих озерах масово поширені зарості прибережної рослинності й повністю відсутні справжні гідрофіти. У

дистрофних водоймах видовий склад рослин украй бідний (5–10 видів), причому панівне положення займають мохи. Для них характерний широкий спектр заростання прибережною рослинністю – від слабо до майже повністю зарослих.

У водоймах різної трофності швидкість кругообігу органічної речовини різна. В оліготрофних водоймах відмерлі організми мінералізуються в товщі води, через що донні відклади украй бідні органічною речовиною. В евтрофних водах, незважаючи на високу швидкість мінералізації, донні відклади постійно поповнюються органічною речовиною. У дистрофних водоймах органічний матеріал розкладається дуже повільно, здебільшого консервується в донних відкладах.

Вища водяна рослинність росте в прибережній смузі всіх типів водойм: оліготрофних, евтрофних і дистрофних. Однак найбільш сприятливим для її розвитку є евтрофний тип водойми з вираженою літораллю, мулистим дном, високою прозорістю, наявністю в товщі води та донних відкладах достатньої кількості біогенних елементів. В екологічно оптимальних умовах евтрофних водойм співтовариство прибережно-водної рослинності сягає найбільшої різноманітності й високих біомас, на відміну від інших водойм за ступенем трофності або порушених біотопів. Тому її можна використовувати як індикатор для визначення типу водойми за ступенем трофності.

4. Індикаторне значення прибережно-водяних рослин.

Прибережно-водяна рослинність є індикаторами для визначення певного типу водойми за ступнем трофності. Наприклад, такі види, як *Zostera marina*, *Z. Nana*, *Z. Minor*, *Ruppia maritime*, *R. spiralis* і меншою мірою *Najas marina*, *Potamogeton pectinalis*, *Bulboschoenus maritimus*, характерні для класу хлоридних вод. Вони живуть біля узбережжя морів та озер із солоністю 8 ‰ і більше [34, 44].

Наявність у водоймах полушника озерного, полушника голчастого, лобелії Дортманна, уругі черговоквіткової вказує на чистоту й оліготрофію вод. Масовий розвиток ряскових засвідчує несприятливі процеси у водній екосистемі. Надлишок ряски тридольної вказує на велику кількість у водному середовищі біогенних речовин, а розвиток ряски маленької й багатокорінника, крім евтрофікації, засвідчує забруднення стоками з сільськогосподарських угідь. Багатокорінник здатний розвиватися на концентрованих стоках тваринницьких комплексів. Локальний

інтенсивний розвиток ряскових указує на місця входження біогенних речовин у водойми.

Про наявність антропогенного впливу на водні екосистеми свідчить пишний розвиток стрілолиста звичайного, частухи подорожникової, елодеї канадської, тілоріза алоєподібного, куширу зануреного, уруті колосистої.

Під час індикації трофності водного середовища за допомогою окремих видів рослин можуть бути використані ознаки життєвого стану рослин (розвиток нормальний, вище або нижче від нормального) і їх загальний вигляд. Надмірний розвиток або пригнічений стан рослин засвідчує, що потрібно звернути увагу на стан якості води [11].

Рослинні співтовариства мають ширші індикаторні можливості, порівнянно з окремими видами рослин, бо своїми ареалами здатні відбивати навіть незначні зміни в умовах водного середовища.

Аналіз розвитку водної рослинності у водоймах, що зазнають різного ступеня евтрофікації, здійснили білоруські вчені Г. С. Гиревич, Б. П. Власов, Г. В. Винаєв у 2001 р. [43]. Вони встановили, що: 1) занурена рослинність досить повно характеризує стан водойми та зміни, що відбуваються в ній; 2) біомаса гідрофітів й індекс сапробності, який розрахований за індикаторною вагою занурених рослин, є показником якості води й ступеня евтрофності водойм; 3) антропогенне евтрофікування водойм призводить до структурної перебудови співтовариств гідрофітів, унаслідок якого змінюється видовий склад домінуючого комплексу, з'являються або зникають індикаторні види, у міру зростання трофності водойм олігосапробні види поступаються місцем β -мезосапробним, які, зі свого боку, замінюються α -мезосапробними видами; 4) прибережно-водяна рослинність більш консервативна, ніж співтовариства фіто-, зоопланктону й бентосу, тому видовий склад макрофітів, їхня біомаса та проективне покриття є показниками зміни якості води.

Зазначимо, що вищі водяні рослини переважно розвиваються в олігосапробній і β -мезосапробній зонах. Ксеносапробними організмами є тільки деякі водяні мохи й папороті, що мають достатньо високе індикаторне значення (3–5).

Отже, більшість видів водяних рослин можуть бути використані для визначення сапробності води. До олігосапробів відносимо рдест блискучий, уруть черговоквіткову; до оліго- β -мезосапробів – мохи фонтіналіс; β -мезосапробів – елодею канадську, ряску, рдест плаваючий і гребінчастий, глечики жовті,

кушир занурений, водяний жовтець. Рдест гребінчастий указує й на α -мезосапробність.

Структурну перебудову співтовариств гідрофітів і кількісну оцінку зміни якості води віддзеркалює **індекс сапробності S**. Він, розрахований для зануреної рослинності, добре співвідноситься з лімнічними показниками води. Занурена рослинність досить повно характеризує загальний стан водойми й зміну в ній екологічних умов [29, 34, 44].

Білоруські вчені Г. С. Гиревич, Б. П. Власов й Г. В. Винаєв (2001), спостерігаючи за динамікою розвитку водяних рослин у водоймах Білорусі, установили індикаторну значимість гідрофітів (табл. 3.1) [43].

Озера з розвиненою зануреною рослинністю (переважно елодея, рдести, кушир, уруть тощо) характеризуються найбільшою стійкістю щодо зростаючого антропогенного навантаження. Озера цієї групи мають найбагатший і в той же час однорідний склад гідрофітів (індекс видової подібності – П. Жаккара 50–75 %; індекс сапробності – 1,6–1,8).

Менш стійкими до зростаючого впливу антропогенного навантаження є водойми з переважанням у рослинному покриві харових водоростей. Це, як правило, слабомінералізовані озера з ознаками оліготрофії (індекс сапробності 1,5–1,6; коефіцієнт видової подібності – 25–50 %). Слабомінералізовані озера з домінуванням олігосапробних видів (полушник озерний, водяні мохи) відрізняються бідністю й специфічністю видового складу рослин (індекс сапробності низький – 1,2, а коефіцієнт видової подібності – до 25 %).

Зі збільшенням біогенного навантаження (середньорічна концентрація загального фосфору – 0,05–0,15 мг/л) фітопланктон здатний конкурувати із зануреними гідрофітами й викликати «цвітіння» води. Це призводить до зменшення прозорості й зникнення окремих видів рослин, скорочення площі їх заростання. Питома вага зануреної рослинності знижується до 20–40 % маси гідрофітів. Індекс сапробності зростає до 1,8–2,0 за рахунок зникнення β -мезосапробних видів (куширу, уруті, елодеї, широколистих рдестів) і появи α -мезосапробних видів (штукенії гребінчастої, рдеста кучерявого тощо). У таких озерах переважає повітряно-водяна рослинність і рослини із плаваючими листками.

**Індикаторна значимість основних видів
гідрофітів водойм Білорусі [43]**

Назва виду	Індикатор			
	органічне забруднення	ацидофікація	евтрофікування (азот, фосфор)	забруднення важкими металами
Аір звичайний	+		+	
Частуха подорожникова			+	+
Шовковник жорстколистий	+			
Рдест блискучий				+
Рдест кучерявий	+		+	
Роголистник темно-зелений	+	+		+
Ситняг голковий	+			
Ситняг болотний	+			
Елодея канадська	+			+
Хвощ річковий	+	+		
Манник плаваючий				+
Манник великий	+			+
Водокрас звичайний			+	+
Полушник озерний	+	+		
Ряска тридольна	+		+	
Ряска мала	+		+	
Тридольниця трьохбородчата			+	+
Уруть колосиста	+			+
Глечики малі	+			

В озерах, що зазнають антропогенного евтрофікування, занурена рослинність майже повністю відсутня. Середня концентрація загального фосфору в них перевищує 0,15 мг/л, що призводить до інтенсивного розвитку фітопланктону. Індекс сапробності, розрахований за гідрофітами, становить 2,0–2,3 [43].

Контрольні питання

- 1. Як класифікують водойми за трофністю?*
- 2. Охарактеризувати оліготрофні водойми й навести приклади озер цього типу.*
- 3. Охарактеризувати та навести приклади мезотрофних водойм.*
- 4. Охарактеризувати й навести приклади евтрофних водойм.*
- 5. Що таке дистрофні водойми?*
- 6. Назвати рослини – індикатори антропогенного забруднення й чистоти водойм.*

Тема 11. Охорона та відтворення гідробіонтів

1. Біологічні ресурси гідросфери та їх освоєння. Організми, що є об'єктами промислу, утворюють **біологічні ресурси** гідросфери. Серед найбільшого числа гідробіонтів лише незначна кількість представників фауни й флори використовуються людиною як біологічна сировина. Це пояснюється тим, що водяні рослини та тварини складають усього близько 3 % у їжі людей (за сировою масою). Хоча первинна продукція гідросфери тількив три рази менша, ніж суші. Виходячи із перспектив майбутнього, оцінка біологічних ресурсів гідросфери повинна враховувати не лише облік можливого промислу об'єктів, що добуваються нині, а й залучення нових представників гідробіонтів як промислових об'єктів. У зв'язку зі збільшенням народонаселення посилюється процес удосконалення технічних можливостей освоєння біологічної сировини гідросфери (нові способи її добування, зберігання й переробки). Наприклад, на сьогодні успішно розробляється питання промислового освоєння криля, продукція якого у Світовому океані, можливо, не нижча, ніж усіх риб загалом.

На відміну від корисних копалин, біологічні ресурси належать до тих, що самі відтворюються. Отже, їх величина в гідросфері визначається не кількістю наявних промислових організмів, а їх приростом, тобто продукцією.

Об'єм промислу водяних організмів визначається величиною їх природного відтворення. Тому він не повинен перевищувати природний приріст популяції та враховувати особливості процесу їх відтворення (терміни, місця, зняряддявилу тощо). Охорона й підвищення ефективності природного відтворення є важливим засобом зміцнення сировинної бази промислу, так само, як і збагачення водою новими промисловими об'єктами за рахунок акліматизації. Завдяки цим двом напрямам відбувається перехід від використання біоресурсів до виробництва біосировини, коли об'єкти, що відловлюються в природних водоймах, тією чи іншою мірою стають продуктами праці. Збільшення об'єму сировинної бази морського й озерного промислу відбувається також у результаті проведення акліматизаційних робіт. Використання біоресурсів поступово доповнюється виробництвом біологічної сировини, тому важко визначити, з якою із двох форм людської діяльності ми маємо справу, якщо вони супроводжують одна одну. Отже, промисел історично переходить в аквакультуру, одночасно співіснуючи з ним [9, 46, 55].

Світовий промисел гідробіонтів. Світовий промисел гідробіонтів був найінтенсивніший у 1980 р. - вилов водяних організмів досягнув більше 75,4 млн. т, серед яких на риби припадало приблизно 65 млн. т. (89 %) від усього вилову, 8 млн. т. (11 %) – від нерибних об'єктів. Серед останніх найбільше значення за масою мали *молюски* (3,4 млн. т), *кити* (4,5 млн. т), *ракоподібні* (1,8 млн. т) і *гідрофіти* (1 млн. т). У 2000 р. світова здобич гідробіонтів сягнула 130–140 млн. т. Вилов риби у Світовому океані підвищився приблизно на 30 млн. т за рахунок повнішого використання ресурсів океанічної епіпелагіалі, бентопелагіалі, меж піднятого океанічного ложа (до глибини 2–3 км). Значно зріс вилов безхребетних і водоростей (до 20–30 млн. т), 45 млн. т отримано за рахунок морських ферм та криля.

Промисел риби. На його частку пересічно припадає приблизно 90 % від усього вилову гідробіонтів, причому 90 % риби виловлюється в морях і близько 10 % – у прісних водоймах.

Розподіл промислу у Світовому океані вкрай неоднаковий, що, з одного боку, визначається станом сировинної бази, а з іншого – ступенем промислового засвоєння акваторій.

Найбільша кількість риб виловлюється в пелагічно-нерестових районах, а найменша – у придонних шельфових районах, придонних районах материкового схилу й у відкритих районах пелагіалі. У першому районі вагоме значення в промислі мають *анчоусові* – 3,6 млн. т, *оселедцеві* (без сардини) – 2,5 млн. т, *сардини* – 2,8 млн. т, *скупбрієві й ставридові* – 5,3 млн. т, *мінтай* – 4,6 млн. т, *мойва* – 2 млн. т. Серед донних риб на шельфі переважно ловлять *тріску* – 2,7 млн. т, *мерлузу* – 2,5 млн. т, *камбалу* – 1,3 млн. т. У придонних районах схилу та піднятого океанського дна найбільше промислове значення мають *морські окуні* – 0,6 млн. т, у районах відкритої пелагіалі – *тунці* – 1,9 млн. т і *макрелещуки* – 0,5 млн. т.

Для розвитку промислу у Світовому океані має значення його зміщення з Північної півкулі в Південну, із прибережних районів у відкриті, із поверхневих вод у глибинні. Серед частки виловлених риб на першому місці перебувають планктофаги (53 %), друге місце посідають хижаки (22 %) і третє – бентофаги (5,5 %). Із морських риб найбільше виловлюються оселедцеві, тріскові, скупбрієві, тунцеві, ставридові й камбалові. Із прохідних у промислі переважають лососеві [13, 43, 55].

Вагому роль у промислі відіграють *тріскові* (тріска, мінтай, хек, пікша), *оселедцеві* (оселедець, кілька, сардина, салака), *скупбрієві* (скупбрія), *ставридові* (ставрида), *камбалові* (камбала, палтус), *окуневі*, *лососеві*.

Середня рибопродуктивність Світового океану приблизно становить 1,7 кг/га за рік. В областях підйому глибинних вод, що займають не більше 0,1 % площі Світового океану, добувають близько половини всього вилову. Низька рибопродуктивність основної акваторії океану пояснюється нестачею біогенів у трофогенному шарі. У тропіках і субтропіках їй перешкоджає стабільне термічне розшарування води. У бореальній зоні рибопродуктивність вища завдяки конвективному перемішуванню води. Головною причиною підйому глибинних вод у жаркій зоні є пасати, що спричиняють зниження рівня води поблизу західного узбережжя континентів. Високою рибопродуктивністю відрізняються континентальні шельфи, які займають 9,9 % акваторії Світового океану, на яких виловлюється близько половини всієї риби або в перерахунку на 1 га 8,5 кг.

Промисел нерибних об'єктів. До цього часу вилов водних безхребетних і рослин залишається невеликим і лише незначною мірою відображає потенційні можливості промислу. Це пояснюється звичаями деяких країн, коли цінні гідробіонти в харчовому відношенні не використовуються населенням, хоча інші народи їх охоче споживають. Однак тільки водні ссавці, зокрема кити, виловлювалися в такій кількості, що допускалося сировинною базою. Серед них найбільше значення в промислі мали кашалоти й фінвали. Їх виловлено в 1976 р. більше 30 тис. голів. Понад 70 % виловлювалося у водах Антарктики, близько 20 % – в інших районах Південної півкулі та лише близько 5 % – у водах Північної півкулі. Окрім китоподібних, виловлюються різні види ластоногих: вухаті тюлені (морський котик), безвухі тюлені, моржі. У Північних морях найбільше промислове значення серед тюленів мають гренландські й каспійські.

Світовий вилов безхребетних (рис. 3.1) досяг 5,5 млн т, зокрема молюсків – 3,5 млн. т й ракоподібних – 2 млн. т. Серед молюсків найбільше значення мали *головоногі* (1050 тис. т), *устриці* (762 тис. т), *морське вушко* (625 тис. т), *мідії* (400 тис. т) і *гребінці* (230 тис. т). Окрім їстівних молюсків, значне місце в промислі займали деякі двостулкові, із яких видобували перли й виготовляли перламутр. Світовий вилов молюсків може значно зрости, зокрема за рахунок вилову кальмарів – до 10 млн. т і більше.

Серед ракоподібних переважно виловлюють *креветки* (1241 тис. т), *краби* (400 тис. т), *омари й лангусти* (140–180 тис. т). Усе більше розвивається промисел *антарктичного криля* (щорічно добувають близько 400 тис. т), біомаса якого в Південному океані оцінюється в 0,1–5 млрд т, а можливий річний вилов – у 100 млн. т і більше. Із крабів найбільше значення має камчатський. Світовий промисел голкошкірих складає понад 40 тис. т. Найбільше значення серед них мають їстівні їжаки [43].

Із рослин у великій кількості добуваються водорості, як харчові об'єкти й технічна сировина, світовий промисел яких у 2005 р. досягав 1316 тис. т, зокрема бурих – 658, червоних – 526,4 і зелених – 131,6. Для харчових цілей використовуються *червоні* водорості *Laurencia pinnatifida*, *Porphyra lacininiata* і *Rhodymenia palmata*, з *бурих* – *Laminaria*, *Alaria esculenta* і *Chondrus crispus*, із *зелених* – *Uvalactuca*.

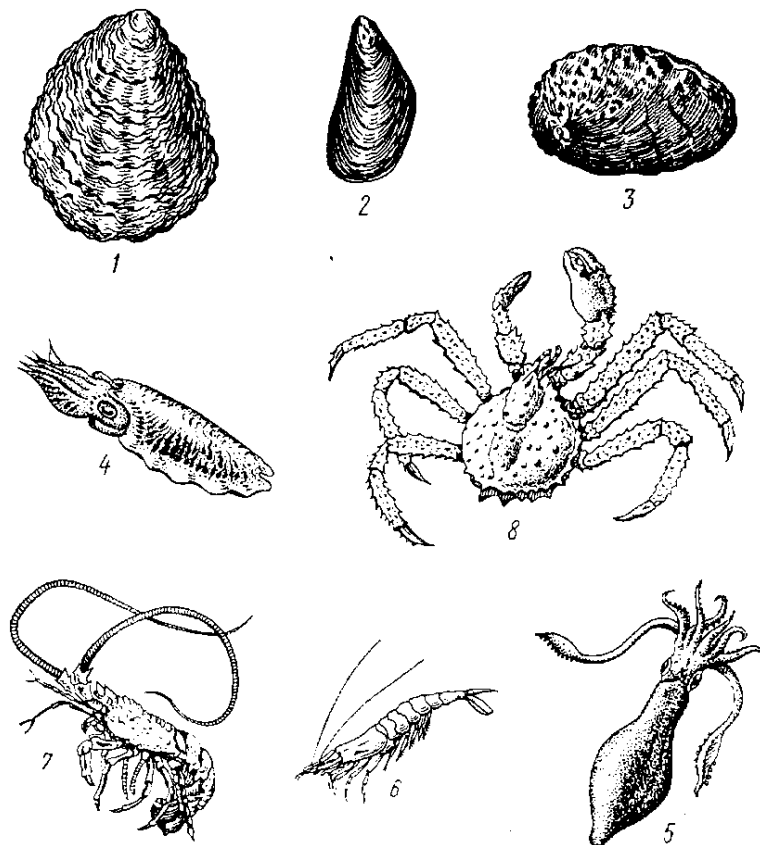


Рис. 3.1 Найважливіші промислові безхребетні: 1 – устриця, 2 – мідія, 3 – галіотис, 4 – сепія, 5 – кальмар, 6 – креветка, 7 – лангуст, 8 – камчатський краб (за Зенкевичем)[13, 43]

Також вони використовуються в їжу у свіжому, сушеному та вареному вигляді. Із червоних водоростей здобувають агар, із бурих – поташ, йод й інші хімічні речовини, а також різні вітаміни. Людина погано перетравлює вуглеводи водоростей, але в деяких народів, котрі харчуються цією їжею регулярно й із дитинства, як це, наприклад, характерно для Японії, у кишківнику створюється специфічна бактеріальна флора, здатна їх засвоювати. Найбільше промислове значення рослин мають ламінарії, філофлора й анфельція. Із вищих рослин для приготування паперу, тканин, оббивних матеріалів і добрив використовуються морська трава, морський льон, очерет й інші макрофіти. Світовий збір водяних рослин можна підвищити до 18 млн т, зокрема бурих водоростей – до 15 млн т і червоних – до 2,6 млн т.

2. Заходи щодо охорони природного відтворення промислових гідробіонтів. На сьогодні рівень використання біоресурсів гідросфери відносно інших традиційних об'єктів промислу досягнув величини, близької до граничної. У багатьох випадках спостерігається перевилов гідробіонтів, унаслідок чого відтворення популяцій уже не в змозі компенсувати спад промислу.

Так, у 1770 р. убито останнього екземпляра чудового рослинної ссавця – *стеллерову (морську) корову*. Майже зник гренландський кит, узятий під охорону надто пізно, під загрозою зникнення перебуває синій кит. Серед більшості риб перевилову зазнали камбала, оселедець. У надзвичайно напруженому стані перебувають деякі ареали поширення крабів. Тому надзвичайно актуальні питання щодо охорони й підвищення ефективності природного відтворення біоресурсів.

Захист від забруднення біологічних ресурсів водойм є одним із найважливіших заходів охорони природного відтворення, адже забруднення водойм може спричинити отруєння промислових гідробіонтів, унаслідок загибелі яких знизиться їх чисельність. Окрім цього, забруднення погіршує газовий режим водойм, зокрема призводить до зниження концентрації кисню, що також погіршує умови існування гідробіонтів. Особливо великої шкоди відтворенню гідробіонтів завдає забруднення водойм нафтою та її продуктами, пестицидами, солями важких металів, радіонуклідами, детергентами [53].

Серйозним недоліком у відтворенні промислових гідробіонтів водойм суші є *гідротехнічне будівництво*, зокрема спорудження гребель, що перерізують природні міграційні шляхи прохідних риб. Велика кількість мальків риб гине, потрапляючи в зрошувальні системи або турбіни електростанцій. Отже, будь-яке гідробудівництво повинно проводитись з урахуванням інтересів промислу гідробіонтів. Зокрема, споруда греблі має супроводжуватися створенням рибопідйомників, рибоходів або інших пристроїв, що дають можливість прохідним рибам потрапляти з нижніх б'єфів греблі у верхні. Досить часто вживаються заходи щодо збереження природних нерестовищ, що зникають у результаті підняття рівня води, або шукають шляхи їх біологічної заміни. Для попередження потрапляння мальків в канали зрошувальних систем і турбін електростанцій створюють рибозахисні споруди, зокрема електричні [40].

Зменшення природного відтворення промислових гідробіонтів пов'язано з:

- скороченням природних нерестових та нерестових субстратів;
- порушенням міграційних шляхів;
- зарегулюванням стоку річок та змінами рівневого режиму;

- будівництвом гребель в гирловій частині річок;
- скороченням чисельності нерестової частини стад;
- погіршенням умов переднерестового нагулу та ін.

У зв'язку з цим потрібне науково обгрунтоване регулювання промислу, що має зводитися не тільки до визначення допустимого об'єму вилову, але встановлення термінів і місць промислу, регламентації способів, знарядь лову й промислової міри з таким розрахунком, щоб збиток природному відтворенню не виходив за рамки властивостей саморегульованих видів.

Проблема охорони й підвищення ефективності природного відтворення біоресурсів ускладнюється тим, що її доводиться розв'язувати в умовах комплексного використання водойм, урахувавши інтереси різних галузей народного господарства, пов'язаних із використанням водойм. Інтереси енергетики, зрошувального землеробства, навігації, питного водопостачання, рибного господарства, рекреації тощо потрібно, за можливості, гармонійно поєднувати один з одним, знаходячи оптимальне вирішення масштабів різних дій. Завдання збереження біоресурсів стає одним з елементів проблеми комплексного використання водойм як природних тіл на користь усього народного господарства [40].

3. Акліматизація гідробіонтів. Акліматизація об'єктів аквакультури – це діяльність із вселення (*інтродукція*) гідробіонтів у водні об'єкти (їх частини), розташовані за межами їх природного ареалу, з метою збагачення та оптимізації видового складу водних біоресурсів за повної адаптації вселених гідробіонтів до нових умов існування зі створенням ними стійких популяцій, здатних до самовідтворення. У процесі акліматизації утворюються нові *акліматизовані популяції* (або натуралізація акліматизованих гідробіонтів). Від інтродукції до натуралізації мають місце такі фази, як *інкубаційна, адаптаційна й флуктуаційна* [21, 22].

Інтродукція об'єктів аквакультури – це діяльність із вселення гідробіонтів (інтродуцентів) у водні об'єкти (їх частини), що розташовані за межами їх природного ареалу, з метою забезпечення збільшення обсягів продукції аквакультури та здійснення рибогосподарської меліорації за відсутності природного відтворення вселених організмів у нових місцях перебування. Власне, це перенесення (переселення) гідробіонтів людиною в нові водойми (біотопи) з перспективою на акліматизацію [21].

Якщо акліматизовані гідробіонти не вступають у гострі, конкурентні відносини з аборигенами, утилізуючи при цьому невживані ресурси, то маємо *акліматизацію впровадження*, в іншому випадку – *акліматизацію заміщення*, за якої чисельність аборигенів скорочується або зовсім витісняється більш конкурентоспроможними вселенцями. Другий випадок акліматизації характерний для устричних банок Чорного моря, які повністю знищені внаслідок проникнення в них моллюска рапана [23].

Інтродукція кормових ресурсів моря проводилася рідше, ніж водосховищ та озер, проте носила масовий характер. Найбільш із пересадок відоме вселення в Каспійське море з Азовського поліхети *Nereis diversicolor*. Акліматизація промислових гідробіонтів також здійснюється стосовно риб, ракоподібних, молюсків і водних ссавців. [4, 13, 38].

Величезного успіху досягнуто при вирощуванні **амурських рослиноїдних риб** у водоймах Молдови, України, Казахстану та в країнах Середньої Азії, **судака** в оз. Балхаш, **сигових** у водоймах Прибалтики, **рипуса** в оз. Сартлан (Західний Сибір) тощо. Зокремих акліматизованих риб найбільше значення в промислі мають рослиноїдні риби (**білий товстолоб, білий Амур, пелядь, лящ, сазан, срібний карась і судак**) [5–7, 41, 50].

Серед **морських риб** натуралізувався в нових місцях **американський прохідний оселедець**, пересаджений у води Тихоокеанського узбережжя Америки з Атлантичного узбережжя; нині вона стала однією з найчисленніших промислових риб Каліфорнії. **Тихоокеанські лососі** натуралізувалися на узбережжях Чилі, Нової Зеландії.

Успішно переселена з Чорного моря в Каспійське **кефаль** (1930–1934 рр.), яка стала важливим промисловим об'єктом у новому для неї місці. Перевезення ікри **горбуші** з південно-сахалінських і південнокурильських заводів на рибоводі господарства розпочалося з 1956 р. в області Мурманська й Архангельська.

Інтродукція **молюсків** відома із середини XVIII ст., коли в 1769 р. **перлівницю** *Margaritana margaritifera*, що використовувалася для виготовлення перламутру, перевезли з Баварії в Штейн (Німеччина). У 1938 р. успішно завершилась інтродукція американських молюсків *Lampsilis* та *Quadrula* у водойми Німеччини. У 1968 р. відбулася стихійна акліматизація **португаль-**

ської устриці *Gryphea angulata* внаслідок її викидання як зіпсованого вантажу на узбережжя Франції. У 1949 р. устрицю *Ostrea edulis* перевезли із Голландії в район Мілфорда (США), де вона добре прижилася. У 1955 р. цей же вид устриць успішно пересаджений з Англії до Канади. Особливо вдалим прикладом акліматизації молюсків є переселення **японської устриці** *Crassostrea gigas* на Тихоокеанське узбережжя Північної Америки й в інші її райони. Фаза «демографічного вибуху» цієї устриці відмічена була на Атлантичному узбережжі Франції [43]. Успішно переселені з вод Японії на північне узбережжя Тихого океану молюски *Tapes philippinogium* і *Trapezium liratum*; з Атлантичного океану на Тихоокеанське узбережжя Америки – *Mya arenaria* *Modiolus demissus* і низка інших молюсків.

Під час проведення акліматизаційних робіт важливо знати потенційний ареал поширення видів, який зазвичай значно ширше від фактичного, і враховувати при цьому чотири критерії: 1) *географічний*, що указує можливість акліматизації, виходячи із зіставлення кліматичних характеристик сучасного й можливого (потенційного) ареалів; 2) *екологічний*, що указує на таку можливість, виходячи з вимог організму до середовища, передусім, у найбільш лабільні моменти його життя (розмноження, розвиток); 3) *біотичний* визначений відсутністю у фауні водойми, яка збагачувана біологічно подібним видом, що забезпечує наявність вселеного виду, щодо його вільної біологічної ніші; 4) *господарський*, що характеризує об'єкт, який вселяється, щодо його корисності, виходячи з промисловотоварних якостей. Одночасно доводиться враховувати «біологічну вартість» вселених об'єктів, зокрема ефективність використання ними їжі, утворення їх тіомасий швидкість цього процесу [2, 51].

4. Аквакультура. **Аквакультура (рибництво)** – сільсько-господарська діяльність із штучного розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури у повністю або частково контрольованих умовах для одержання сільськогосподарської продукції (продукції аквакультури) та її реалізації, виробництва кормів, відтворення біоресурсів, ведення селекційно-плеємної роботи, інтродукції, переселення, акліматизації та реакліматизації гідробіонтів, поповнення запасів водних біоресурсів, збереження їх біорізноманіття, а також надання рекреаційних послуг [21, 22].

Із розвитком цивілізації й зростанням технічних можливостей людей здійснюється інтенсивне освоєння гідросфери як джерела біологічної сировини. Цей процес розвивається в різних аспектах. Насамперед, крім мало освоєних водойм, в експлуатацію включаються більш великі, аж до відкритої частини Світового океану. Другий аспект – посилення експлуатації наявних біоресурсів, «дарів природи», за рахунок удосконалення техніки лову та розширення асортименту об'єктів, що добуваються. Третій аспект полягає в охороні природного відтворення біоресурсів і здійсненні низки заходів, які підвищують його ефективність. Нарешті, четвертим (вищим) етапом є перетворення водойм на культурно оброблювані водогосподарські угіддя з поширенням на них тих самих принципів господарювання, що знаменували становлення й розвиток сільськогосподарського виробництва. Усі чотири аспекти інтенсифікації реалізуються, як це було й при освоєнні суші, паралельно один одному. В історичному аспекті акцент зміщується на вдосконалення промислу та забезпечення його сировинної бази, на розвиток аквакультури.

За напрямками діяльності аквакультура може здійснюватися з метою:

- отримання товарної продукції аквакультури та її подальшої реалізації (*товарна аквакультура*);
- штучного розведення (*відтворення*), вирощування водних біоресурсів;
- надання *рекреаційних* послуг.

Основними напрямками отримання *товарної аквакультури* є випасна, ставкова та індустріальна аквакультура. **Випасна аквакультура** – діяльність з екстенсивного вирощування об'єктів аквакультури шляхом вселення різновікових груп гідробіонтів, одержаних в умовах аквакультури, в рибогосподарські водні об'єкти (їх частини) для підвищення ефективності використання їх біопродукційного потенціалу. Вона ґрунтується на ефективному використанні природних кормових ресурсів водойм. Випасна аквакультура – найбільш економічний і перспективний напрямок одержання продукції гідробіонтів, оснований на використанні природного біопродуктивного потенціалу. Використання випасних водойм (спускних і неспускних ставів, водосховищ, водойм комплексного призначення) може забезпечити швидкий і високий економічний ефект.

Ставкова аквакультура – діяльність з розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури з використанням рібницьких ставків, штучно створених водойм (руслів, балочних або одамбованих ставків), відокремлених від материнських водних об'єктів (їх частин), лиманів, обводнених торфових кар'єрів тощо. Це використання інтенсивних і напівінтенсивних методів вирощування одомашнених або високопродуктивних порід і кросів риби. Ставкове рибництво – основний напрямок сучасної аквакультури. За останні п'ятнадцять років ставкове рибництво ведеться на екстенсивній і напівекстенсивній основі, базується на полікультурному вирощуванні коропа і рослиноїдних риби [1].

Індустріальна аквакультура – це діяльність із штучного розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури з використанням рібницьких і плавучих садків, рібницьких басейнів, інших технологічних пристроїв, у тому числі із застосуванням установок замкнутого водопостачання. Цим методом рибу вирощують при високій щільності посадки з використанням різних способів інтенсифікації. Індустріальне вирощування має великі переваги і перспективи [21].

За організаційно-технологічними показниками аквакультура може здійснюватися за інтенсивною, напівінтенсивною та екстенсивною формами [9].

Екстенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, за якої вирощування об'єктів аквакультури здійснюється з використанням природних кормових ресурсів рибогосподарських водних об'єктів (їх частин) без застосування засобів інтенсифікації.

Екстенсивний розвиток товарного рибництва означає ріст виробництва продукції за рахунок збільшення площ вирощування риби, збільшення тривалості міжремонтних періодів експлуатації гідротехнічних споруд і механізмів й кращого використання обладнання. Екстенсивне ведення рибного господарства засноване на природній кормовій базі і залежить від родючості ґрунту та інших природних чинників середовища. Ефективність товарного рибництва у цих умовах диференційована за природно-кліматичними і ґрунтовими зонами.

У сучасних умовах все більшого розвитку набуває інтенсивна форма ведення й підвищення ефективності товарного рибництва.

Інтенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, за якої вирощування об'єктів аквакультури здійснюється з ущільнених посадок із інтенсивною штучною годівлею комбікормами, збалансованими за складом відповідно до біологічних потреб конкретних гідробіонтів, та іншими кормами з високою поживністю.

Мета інтенсифікації полягає в отриманні максимуму продукції з одиниці площі водойми при мінімальних затратах матеріальних ресурсів і живої праці. Вона означає досконалість біотехніки і організації виробництва, передбачає годівлю риби, внесення добрив і меліорацію водойм, підвищення рибопродуктивності за рахунок ущільнених посадок сумісне вирощування риби різних видів і різного віку, використання біостимуляторів росту риби, введення комплексної механізації і автоматизації рибоводних процесів. У результаті інтенсивного ведення господарства зростає виробництво продукції, ефективно використовуються всі види ресурсів [17, 21].

Напівінтенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, що здійснюється із застосуванням окремих засобів інтенсифікації, у тому числі з обмеженою штучною підгодівлею кормами різної поживності.

В свою чергу, розрізняють прісноводну та морську аквакультуру. У першому випадку це відтворення та вирощування гідробіонтів у прісноводних екосистемах (озера, водосховища, ставки), а в другому – в солонуватоводних та морських акваторіях.

Відповідно вирощування прісноводнихгідробіонтів (риби) називається **лімнокультурою**, а морських – **марикультурою**. Аквакультуру можна розглядати як господарювання на водоймах із метою підвищення їх продуктивності, аналогічно як діяльність на суші, що пов'язана з організацією сільськогосподарського виробництва. До приватних форм ведення аквакультури, у її ширшому розумінні, належить рибництво в озерах і водосховищах, ставкове рибництво, садкове й басейнове вирощування (лоткове) риб, устричні та мідієві господарства, культивування ракоподібних, водоростей та інших гідробіонтів.

5. Лімнокультура риб. Найпоширенішим є рибництво в озерах й водосховищах, що невеликі за площею, легко піддаються окультуренню як господарські угіддя зі значним підвищенням рибопродукційного ефекту. Перший ступінь розвитку озерної аквакультури – заміна малоцінних і тугорослих риб високопродуктивними.

Найпростіша заміна малоцінних риб високопродуктивними вирішується в заморних озерах (вселення потрібних риб після загибелі внаслідок нестачі кисню). Це дає можливість вирощувати тільки товарних цьоголіток. Для вирощування дворічок потрібне створення розплідників. Одним зі способів заселення озер цінними рибами – є повний вилов наявних малоцінних видів. У будь-якому випадку для зариблення озер потрібний посадковий матеріал. Він може бути отриманий при переході деяких озер у розплідники. Рибопродуктивність озер різко підвищується при спільному вирощуванні в них не одного, а декількох видів риб. Наприклад, при вирощуванні пеляді або сига продукція становить 30–40 кг/га; **полікультури**, що складається з пеляді, сига й судака, становить 100–150 кг/га. Можна використовувати й складніші схеми полікультури, що передбачає сумісний нагул більшості видів риб, які не конкурують між собою, у тому числі й рослиноїдних. Удосконалення озерного рибництва досягається також унесенням мінеральних добрив, що стимулюють первинне продукування та підкормлювання риб.

Украй перспективним для розвитку рибного господарства на водосховищах є використання мілководних заток для вирощування товарної риби, їх продуктивність може сягнути 10 ц / га [12, 14, 18, 19, 52, 54].

Своєрідним поєднанням аква- та агрокультури є розведення риби на рисових полях. У Японії й Індії за вісім місяців вегетаційного сезону продукція риби на затоплених полях становила 1,5–2 ц, а в окремих випадках – до 20 ц / га. Мальок риби (переважно коропа), що випускається на рисові поля, росте, не вимагаючи додаткового догляду, на природній кормовій базі, не тільки не погіршуючи, але часто навіть підвищуючи врожайність рису за рахунок біологічної меліорації чеків. Якщо врахувати, що для виробництва рису у світі використовують близько 150 млн га, то можна побачити, які величезні можливості приховує в собі розвиток рибництва на рисових полях.

Садкове й басейнове вирощування прісноводних риб. Садкове й басейнове вирощування риб – вища форма товарного рибництва. Його суть полягає в тому, що мальки риб утримуються в невеликих об'ємах води при вкрай високій щільності посадки (200–300 екз / м³, у ставках – 0,2–0,3 екз / м³), яка стає можливою завдяки внесенню концентрованих кормів, високій швидкості протікання води, що привносить кисень і виносить усі продукти метаболізму. Найчастіше застосовуються сітчасті плавучі садки, що встановлюються у водоймах, зокрема, водосховищах або скидних каналах водоймах-охолоджувачах. Там вирощують зазвичай **коропів**.

На водосховищах рекомендується використовувати сітчасті садки (нерестові, малькові, вирощувальні, нагульні), корм у які задається автоматично. Однолітки коропа при щільності посадки 100–300 екз/м³ досягають восени 25–30 г, дворічки – 300 г. Особливо ефективно садкове вирощування на базі теплих вод. У плавучих садках Змієвської ТЕЦ із площі 1050 м² виходить щорічно 1200 ц коропа [18].

Найбільш керованою формою промислового рибництва є басейновий метод. У лотках або інших ємкостях (із залізобетону, скла, пластику тощо) створюється режим, оптимальний для процесу вирощування риби за всіма основними показниками.

Заводське вирощування мальків цінних риб для випуску її в річки зводиться до вилову репродукторів, отримання від них статевих продуктів, запліднення ікри та її інкубації. Мальки випускають у водойму відразу ж або після попереднього вирощування до потрібного розміру.

При басейновому вирощуванні мальків деяких риб, наприклад лососевих, можна використовувати штучні корми. Для мальків осетрових потрібні живі кормові організми з числа тих, якими мальки харчуються в природних умовах, або інші, що задовольняють відповідні їх вимоги.

6. Марікультура риб. **Марікультура** (морська аквакультура) – діяльність з розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній (морській) економічній зоні країни із застосуванням плавучих садків, інших технологічних пристроїв з використанням морської води [21]. Вирощування морських риб проводиться переважно для отримання товарної продукції, рідше – для посилення природного відтворення господарських цінних видів.

Для ведення марикультури використовуються природні й штучні водойми. Найчастіше риб розводять у різних прибережних водоймах, що заповнюються під час припливу та забезпечених греблями для утримання води під час відпливу. Іноді такі водойми розміщуються так низько, що не обсихають під час відпливу й тому необхідності у спорудженні греблі немає. В інших випадках спад води заповнюється роботою насосів. Дуже часто марикультура здійснюється в затоках і бухтах, відгороджених сітками. Як правило, вирощувальні площі (ємкості) зариблюються мальками, що відловлюються в морі, рідше – вирощеними в розплідниках. Живлення риби забезпечується за рахунок природної кормової бази або штучної підгодівлі. Садкова марикультура ґрунтується здебільшого на внесенні природного або штучного корму ззовні. Рухливість води (припливи й відливи) забезпечує винесення із садків продуктів обміну та надходження кисню. Із морських заток й інших ділянок для марикультури часто використовують ті, які підігріваються термальними водами електростанцій, що споруджуються на узбережжі. Особливо поширена й ефективна марикультура в країнах Південно-Східної Азії. До основних об'єктів марикультури тут відносять **жовтохвіст, кефаль** [43].

Жовтохвіст у великому масштабі й дуже ефективно вирощують у Японії (більше 700 тис. ц у рік). Товарного жовтохвоста вирощують переважно в садках, що плавають на поверхні (прикріплюються до рами з бамбукових брусів або сталевих труб), або занурених, які під час шторму опускаються на глибину до 10 м і більше. Садки встановлюються біля берегів захищених від вітру місцях, де течія забезпечує концентрацію кисню більше 3 мг/л. Корм дається двічі на день (піщанка, анчоус, хек й ін.), кормовий коефіцієнт – близько 8. Із червня по грудень жовтохвіст виростає до 30–50 см із пересічною масою 1–1,5 кг. На другий рік він досягає маси 3–4 кг, на третій – 5–6 кг.

У нашій країні отримано добрі результати марикультури риби при садковому вирощуванні **білуги й бестера** в Азовському морі. У сітчастих садках площею 15 м² мальок вагою 5 г досягає у перший рік 90 г, на другий рік у садках площею 80 м² – до 1300 г. Сумарна продукція бестера з восьми басейнів складала 5 т. Як корм використовували тільки й іншу дрібну рибу (кормовий коефіцієнт – 7–8). Ефективним виявилось садкове вирощування **форелі** в Прибалтиці (до 12 кг / м³) із використанням як корму рибної пасти

(кормовий коефіцієнт 3–5). Українська перспективна марікультура риб на природній кормовій базі там, де морська вода достатньо тепла й багата біогенами, що зумовлюють високий рівень первинного та вторинного продукування. Такі умови найбільш характерні для напівзамкнених прибережних водойм, схильних до дії припливів і відпливів із більш-менш опрісненою водою. Велика економічна вигідність марікультури на природній харчовій базі дає можливість створення великих рибогосподарських угідь без істотних капітало вкладень, які необхідні при широкій організації прісноводного господарства [24].

7. Аквакультура безхребетних. Вона полягає в розведенні морських молюсків і ракоподібних, причому для цього використовують прибережні ставки, окремі ділянки моря, різні садки та басейни.

Із молюсків найчастіше розводять **устриць, мідій, морських гребінців і головоногих**. Світова продукція устриць, зокрема тихоокеанська устриця *Crassostrea gigas*, на яку припадає 95 %, перевищує 800 тис. т. Для найбільш інтенсивної форми вирощування молюсків-виробників, що містяться в басейнах або проточних садках, потрібно підвищувати температуру, що зумовлює їх розмноження. Личинки, які з'являються, вигодуються водоростями, потім вони осідають на субстрат, після цього личинки (спат) переносять у вирощувальні садки. Через рік устриці, які підросли, розсосереджуються й вирощуються далі. Через три роки вони досягають товарного розміру. Перед продажем устриці поміщають в очисні басейни, де, не харчуючись, вони через декілька днів звільняються від умісту кишечника. Продукція досягає 90 т / га.

Особливо висока продукція устриць у зонах спуску підігрітих міських стоків. Наприклад, в Іспанії в таких зонах вона досягає 130 т / га, оскільки добриво стимулює розвиток фітопланктону – їжі устриць [43].

Світове виробництво **мідій** (на 85 % європейські *Mytilus edulis*) – 420 тис. т у рік. Вирощуються вони трьома способами: на сваях, на дні і на плаваючих канатах. Личинки здебільшого збираються в морі, товарного розміру (4–5 см) досягають через 4–5 місяців. Мідії використовують фітопланктон економічніше, ніж устриці, та дають велику продукцію – в Таїланді до 180 т / га (три

врожаї на рік). В Україні мідієве господарство успішно розвивається в Керченській протоці.

Із ракоподібних розводять переважно **солонowodних креветок** *Penaeus* і **прісноводних гігантських креветок** *Macrobrachium rosenbergii*. Марикультура ракоподібних найбільш розвинена в країнах Південно-Східної Азії. У Японії продукція **креветок** досягає близько 300 тис. т. Продуктивність їх становить до 80–160 ц / га у рік. У Таїланді площа креветкових господарств – близько 8 тис. га, продуктивність варіює від 250 до 900 кг / га. Культивування креветок тут обмежується вирощуванням личинок, що запускаються в ставки під час припливу. У В'єтнамі в креветкові ставки перетворено приблизно 1000 гарисових полів, продукція яких складає 20–250 кг / га. У деяких місцях Східної Азії креветки прийнято вирощувати як додатковий об'єкт при культивуванні риби. Окрім креветок, у невеликій кількості розводять **омарів**, культивування яких ускладнюється тривалістю циклу розвитку (із моменту спарювання до вилуплення личинок проходить близько двох років) і канібалізмом. Освоюється культивування лангустів і крабів [43].

Культивування водоростей. Значна увага в різних країнах приділяється культивуванню прісноводних водоростей, що належать до родів *Chlorella*, *Scenedesmus* і *Lagerheimia*. Їх розводять у наземних установках відкритого або закритого типу, у яких міститься чиста культура водоростей. Вони забезпечуються мінеральним живленням і проріджуються періодичними обловами, які одночасно є і формою зняття продукції. Відкриті установки – басейни або ставки, що заповнюються водою на глибину 20–30 см і періодично удобрюються мінеральними речовинами. Продукція водоростей складає близько 10 г / м² на добу, або 30 т / га в рік. При вирощуванні полікультури діатомових водоростей у ставках, що заливалися морською водою з додаваннямочищених побутових стоків (Флорида, США), щодобовий збір водоростей сягав у сухій вазі 24 г / м² за добу, тобто не поступався врожаю найпродуктивніших сільськогосподарських культур [31, 33].

Контрольні питання

1. *Охарактеризувати промисел риби.*
2. *Охарактеризувати промисел нерибних об'єктів.*

3. Назвати чинники, що впливають на зменшення природного відтворення промислових гідробіонтів.
4. Дати визначення акліматизації та інтродукції. Назвати види акліматизації.
5. Назвати найбільш відомі акліматизовані рослиноїдні риби в промислі.
6. Як Ви розумієте поняття аквакультури? Назвати форми ведення аквакультури.
7. Розкрийте суть випасної, ставкової та індустріальної аквакультури?
8. Що таке марикультура й лімнокультура?
9. Назвати основні переваги садкового та басейного вирощування прісноводних риб.
10. Назвати об'єкти та охарактеризувати способи ведення марикультури.
11. Яким водоростям надається перевага в культивуванні?

Основна використана література до розділу 3

1. Алиев Д. С. Итоги и перспективы использования растительноядных рыб для биологической мелиорации каналов и водохранилищ / Д. С. Алиев, П. С. Вовк // Итоги и перспективы рыбохозяйственного использования растительноядных рыб. – К. : Наукова думка, 1977. – С. 6–8.

2. Алимов А. Ф. Последствия интродукций чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по их предотвращению / А. Ф. Алимов, М. И. Орлова, В. Е. Панов // Виды-вселенцы в европейских морях России : сб. науч. тр. Изд-во Кольского научного центра РАН, 2000. – С. 12–23.

3. Брагинский Л. П. Экологические подходы к исследованию механизмов действия токсикантов в водной среде / Л. П. Брагинский // Формирование и контроль качества поверхностных вод. Вып. 1. – Киев : Наук. думка, 1975. – С. 5–15.

4. Балтаджи Р. А. Результаты работ по акклиматизации растительноядных рыб на Украине / Р. А. Балтаджи, Л. И. Лупачева, О. М. Тарасова // Рыбное хозяйство, 1980. Вып. 31. – С. 38–44.

5. Басов Ю. С. Обзор работ по интродукции амурских рыб в водоемы СССР / Ю. С. Басов // Рыбное хозяйство, 1966. – № 12. – С. 29–31.
6. Бизяев И. Н. Результаты вселения амуров и толстолобиков в открытые водоемы Азово-Кубанского района / И. Н. Бизяев // Рыбохозяйственное освоение растительных рыб. – М. : Наука, 1966. – С. 49–59.
7. Вовк П. С. Биология дальневосточных растительных рыб и их хозяйственное использование в водоемах Украины / П. С. Вовк. – К. : “Наукова думка”, 1976. – 245 с.
8. Водний Кодекс України // Кодекси України. – 2008. – № 5. – С. 5–90.
9. Гринжевський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти) / М. В. Гринжевський. – Львів : Вільна Україна, 1998. – 364 с.
10. Гроховська Ю. Р. Біологічний моніторинг водного середовища : навч. пос. / Ю. Р. Гроховська, С. В. Кононцев, Т. М. Колесник. – Рівне : НУВГП, 2010. – 162 с.
11. Дідух Я. П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта. – Київ : Наук. думка, 1994. – 280 с.
12. Довідник рибовода / Галасун П. Т., Товстик В. Ф., Сабодаш В. М. [та ін.]. – Київ : Урожай, 1985. – 184 с.
13. Зенкевич Л. А. Фауна и биологическая продуктивность моря / Л. А. Зенкевич. – Т.2. – М. : Советская наука, 1947. – 588 с.
14. Иванов А. П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 368 с.
15. Ігошин М. І. Проблеми відродження та охорони малих річок і водойм. Гідроекологічні аспекти : навч. посіб. / М. І. Ігошин; М-во освіти і науки України, Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. – О. : Астропринт, 2010. – 230 с.
16. Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям / Д. Б. Гелашвили, Т. Д. Зинченко, Л. А. Выхристюк, А. А. Карандашова // Изв. СамНЦ РАН. – 2002. – № 2. – С. 270–275.
17. Інтенсивне рибництво /Збірник інструктивно-технічної документації. – Київ : Аграрна наука, 1995. – 136 с.
18. Исаев А. И. Рыбное хозяйство водохранилищ. Справочник / А. И. Исаев, Е. И. Карпова. – М. : Агропромиздат, 1989. – 255 с.

19. Исаев А. И. Рыбоводство / А. И. Исаев, Е. И. Карпова. – М. : Агропромиздат, 1991. – 96 с.
20. Загальнодержавна програма «Питна вода України на 2006–2020 роки» : Закон України від 03 березня 2005 р. № 2455-IV / Україна. Закони // Офіційний вісник України. – 2005. – 15 квітня. – № 13. – С. 30–44.
21. Закон України «Про аквакультуру» // Відомості Верхованої Ради України, 2013. – № 43. – С. 616.
22. Закон України «Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них» // Законодавство України про екологію (2-е вид.) / О.А. Роїна. – К. : КНТ, 2005. – С. 378–386.
23. Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов / А. Ф. Карпевич. – М. : Пищевая промышленность, 1975. – 432 с.
24. Карпевич А. Ф. Потенциальные свойства гидробионтов как резерв повышения эффективности марикультуры / А. Ф. Карпевич // Биол. основы аквакультуры в морях Европ. части СССР. – М., 1985. – С. 17–33.
25. Клименко М. О. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами : монографія / М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська. – Рівне : НУВГП, 2005. – 194 с.
26. Клименко М. О. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, екологія, управління) / М. О. Клименко, С. С. Трушева, Ю. Р. Гроховська. – Рівне : Волинські обереги, 2004. – Т.3. – 207 с.
27. Клименко М. О. Кругообіг важких металів у водних екосистемах : монографія / М. О. Клименко, О. О. Бедункова. – Рівне : НУВГП, 2008. – 216 с.
28. Ковальчук І. П. Гідроекологічний моніторинг : навч. пос. / І. П. Ковальчук, Л. П. Курганевич. – Львів : Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. – 315 с.
29. Кокин К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин. – М. : Знание, 1982. – 160 с.
30. Константинов А. С. Оценка и индикация состояния экосистем в условиях антропогенного воздействия / А. С. Константинов // Научные основы контроля качества поверхностных вод по

гидробиологическим показателям. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – С. 75–89.

31. Костіков І. Ю. Ботаніка. Водорості та гриби : навч. посіб. / І. Ю. Костіков, В. В. Джаган, Е. М. Демченко [та ін.]. – К. : Арістей, 2006. – 475 с.

32. Кукурудза С. І. Гідроекологічні проблеми суходолу : навч. посіб. / С. І. Кукурудза; за ред. В. Хільчевського. – Львів: Світ, 1999. – 230 с.

33. Курс нижчих рослин / за ред. М. К. Горленко. – М. : Вища шк., 1981. – 504 с.

34. Кучерява Л. Ф. Систематика вищих рослин / Л. Ф. Кучерява, В. О. Войтюк, В. А. Нечитайло. – К. : Фітосоціоцентр, 1992. – 135 с.

35. Липа О. Л. Ботаніка. Систематика вищих і нижчих рослин / О. Л. Липа, І. А. Добровольський. – К. : Вища шк., 1975. – 400 с.

36. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Дубына Д. В., Гейни С., Гроудова З. и др. – К. : Наук. думка, 1993. – 399 с.

37. Методы изучения участия гидробионтов в процессах самоочищения водоемов / А. Ф. Алимов, В. В. Бульон, Б. Л. Гутельмахер, М. Б. Иванова // Роль гидробионтов в очистке сточных вод. – Фрунзе : Илим, 1977. – С. 3–42.

38. Мурин В. А. Итоги и перспективы научных исследований по промышленному внедрению растительноядных рыб в Украинской ССР / В. А. Мурин, В. А. Приходько, Л. И. Лупачева // Рыбохозяйственное освоение растительноядных рыб. – М. : Наука, 1966. – С.13–18.

39. Мусієнко М. М. Екологія рослин : підручник / М. М. Мусієнко. – К. : Либідь, 2006. – 432 с.

40. Левківський С. С. Раціональне використання і охорона водних ресурсів : підручник / С. С. Левківський, М. М. Падун. – К. : Либідь, 2006. – 278 с.

41. Потрохов А. С. Перспективы разведения черного амура в лесостепной зоне Украины /А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковский, Н. Ю. Евтушенко // Гидробиол. журн. – 1997. – № 2. – С. 33–40.

42. Разнообразие водорослей Украины / под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. – 2000. – Т. 10. – № 4. – 309 с.

43. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підруч. / В. Д. Романенко; наук. ред. Л. П. Брагінський. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
44. Садчиков А. П. Гидробиотаника. Прибрежно-водная растительность / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Академія, 2005. – 240 с.
45. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підруч. / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 262 с.
46. Справочник по акклиматизации водных организмов. – М. : Пищевая промышленность, 1977. – 175 с.
47. Станько О. М. Екологічні проблеми поверхневих водойм України : джерела їх забруднення / О. М. Станько // Природно-ресурсний потенціал збалансованого (сталого) розвитку України. – К., 2011. – Т. 1. – С. 389–392.
48. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти: підручник / В. К. Хільчевський. – К. : ВЦ “Київ. ун-т”, 1999. – 319 с.
49. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії : підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К.: Ніка-Центр. – 2012. – 312 с.
50. Шаблин С. Ф. Итоги и перспективы рыбохозяйственного использования растительных рыб / С. Ф. Шаблин. – К. : Наукова думка, 1977. – 12 с.
51. Шадрин Н. В. Дальние вселенцы в Черном и Азовском морях: экологические взрывы, их причины, последствия, прогноз / Н. В. Шадрин // Экология моря, 2000. Вып. 51. – С. 72–78.
52. Шатуновский М. И. Мониторинг биоразнообразия популяций пресноводных рыб / М. И. Шатуновский // Мониторинг биоразнообразия. – М., 1997. – С. 154–158.
53. Швевс Г. І. Каталог річок і водойм України : навч.-довідк. посіб. / Г. І. Швевс, М. І. Ігошин; за ред. Є. Д. Гопченка; Одеський нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
54. Шерман И. М. Рыбоводство на малых водохранилищах / И. М. Шерман. – М. : Агропромиздат, 1988. – 56 с.
55. Шпет Г. И. Биологическая продуктивность рыб и других животных / Г. И. Шпет. – К. : Урожай, 1986. – 92 с.
56. Эколого-гигиенические подходы к биоиндикации качества воды / А. М. Бейм, Г. И. Красовский, И. В. Сутокская,

Л. Я. Васюкович // Самоочищение воды и миграции загрязнений по трофической цепи. – М. : Наука, 1984. – С. 16–22.

57. Яцик А. В. Водні ресурси : використання, охорона, відтворення, управління : підручник / А. В. Яцик, Ю. М. Грищенко, Л. А. Волкова, І. А. Пашенюк. – К. : Генеза, 2007. – 360с.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 1

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Гідросфера. Екологічна зональність Світового океану та континентальних водойм

Мета: закріпити теоретичні знання студентів про гідросферу та екологічну зональність гідросфери.

Матеріали та обладнання: атласи, контурні карти, олівці.

Теоретичні відомості

Гідросфера – це сукупність усіх поверхневих водних об'єктів Земної кулі, а також підземних вод, льодовиків та снігового покриву.

До складу гідросфери входить також атмосферна вода, яка відіграє важливу роль у загальному кругообігу вод. Головними елементами гідросфери є *водні об'єкти* – природні або штучно створені об'єкти ландшафту чи геологічні структури, де зосереджується вода (океан, море, озеро, річка, водосховище, ставок, болото, канал, водоносний горизонт). На Світовий океан припадає 96,4 % усієї води гідросфери. Вода річок, озер та інших континентальних водойм становить усього близько 0,015 %. Майже 1,88 % води перебуває у вигляді континентального льоду, снігового покриву та в зонах вічної мерзлоти (табл. 1.1).

Гідросфера – це динамічна система, у якій постійно протікають фізичні, хімічні та біологічні процеси. Усі природні води Землі перебувають у безперервному кругообігу. Фізичною основою такого кругообігу є сонячна радіація, яка забезпечує нагрівання води й суші, випаровування, виникнення горизонтальних градієнтів атмосферного тиску, перенесення повітряних мас в атмосфері та водних мас в океанах, концентрування вологи в атмосфері та її випадіння у вигляді дощу й снігу, стікання води до річкових русел та до океану. Така циркуляція включає океанічну й материкову складові гідросфери.

Океанічна циркуляція – це повторюваний процес випаровування з поверхні океану, перенесення пари в атмосферу, її концентрування та випадіння на поверхню океану. **Материкова циркуляція** включає випаровування з поверхні суші у тому числі й із континентальних водойм, перенесення пари із суші в атмосферу, її концентрування та випадіння на земну поверхню. Завдяки цьому формуються поверхневий і підземний стоки води.

Таблиця 1.1

Запаси (розподіл) води в гідросфері [48]

Природні води	Площа, млн км ²	% площі суші	Об'єм, тис. км ²	Частка від загальних запасів води, %	Частка від запасів прісних вод, %	Тривалість умовного водообміну Роки
Поверхня літосфери						
Світовий океан	361	-	1 338 000	96,4	-	2650
Льодовики	16,3	11	25 800	1,86	70,3	9700
Озера	2,1	1,4	176	0,013	-	17
У тому числі прісні	1,2	0,8	91	0,007	0,25	
Водосховища	0,4	0,3	6	0,0004	0,016	52 дні
Річкові	-	-	2	0,0001	0,005	19діб
Болотні	2,7	1,8	11	0,0008	0,03	5
Верхня частина літосфери						
Підземні води й прісні	-	-	23 000 10 530	1,68 0,76	0,005 0,03	1400
Підземні льодовики	21	14	300	0,022	0,82	10000
Грунтова волога	82,0	-	16	0,001	-	1
Багаторічна мерзлота	2,1		300	0,022		10000
Атмосфера й організми						
Вода в атмосфері	-	-	13	0,001	0,04	8 діб
Вода в організмах	-	-	1	0,0001	0,003	Декілька годин
Загальні запаси води						
Загальні запаси води	-	-	1 388 000	100		
У тому числі прісної	-	-	36 700	2,64	100	

Океанічна й материкова циркуляція вод пов'язані між собою та забезпечують не тільки перенесення водяної пари з океану на сушу, але й із суші в океан за рахунок поверхневого та підземного стоку. Саме кругообіг води є однією з основних властивостей гідросфери, яка полягає в єдності природних вод планети (рис. 1.1).

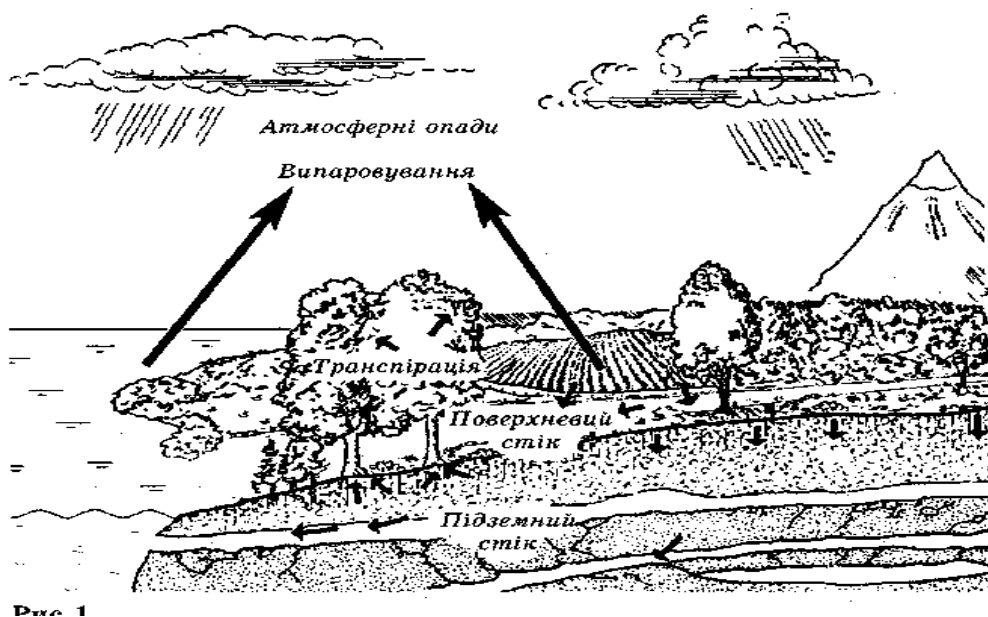


Рис 1.1. *Кругообіг води*

Екологічні зони. Океани й моря по вертикалі та горизонталі розділяються на окремі зони. Прилегла до морського дна зона називається **бенталь**, а товща води – **пелагіаль**. Найбільше екологічне й господарське значення має прибережна зона, або **літораль**. До літоралі належить прибережна частина мілководдя, яка поширюється в глибину моря до переходу в материковий схил на глибині близько 150–200 м. Саме тому двохсотметрову ізобату вважають межею материкової відмілини. Її ширина в середньому досягає 70 км, а її площа по всій акваторії, з урахуванням морів, становить близько 7,6 % площі Світового океану.

Літоральну зону розділяють на: а) **супралітораль** – прибережну смугу, яка заливається водою під час високих припливів та хвильового забризкування; б) **власне літораль (евлітораль)**, або припливно-відпливну смугу берега; в) **мілководдя, або сублітораль**, що є нижньою межею літоралі та входить у глибину моря. Вона окреслюється поширенням фотосинтезуючих донних рослин.

Товща води, що вкриває материкову відмілину, називається **епіпелагіаль**. Материковий схил (**батіаль**), який інколи називають підводним цоколем континентів, бере свій початок у тій частині дна, яка круто змінює кут нахилу й різко заглиблюється в океан (море) до переходу в **ложе, або абісаль**. Такий злам відбувається на глибинах близько 3 км. Абісаль на глибині 6–7 км переходить в **ультраабісаль** (рис. 1.2).

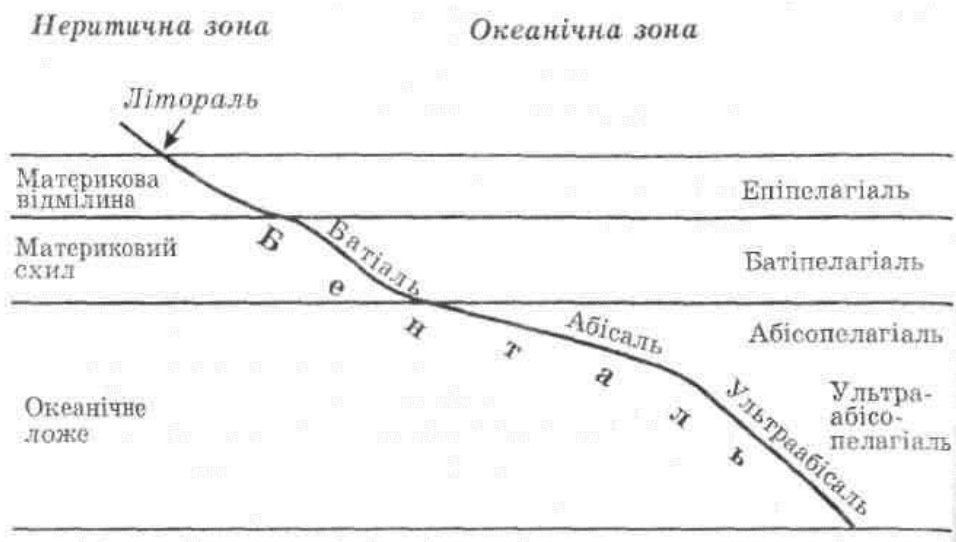


Рис 1.2. Екологічні зони Світового океану

Екологічні зони континентальних водойм. Головними називають річки, які впадають в океани, моря або озера, а ті, що впадають у такі річки, – **притоками першого порядку**. Притоки приток першого порядку є притоками другого порядку й так далі. Головна річка разом із притоками всіх порядків формує **річкову систему**, а площа суші, із якої до неї надходить вода, називається **водозбірною площею**. Територія водозбірної площі, що відділена вододілом від подібних площ інших річок, утворює **річковий басейн** головної річки.

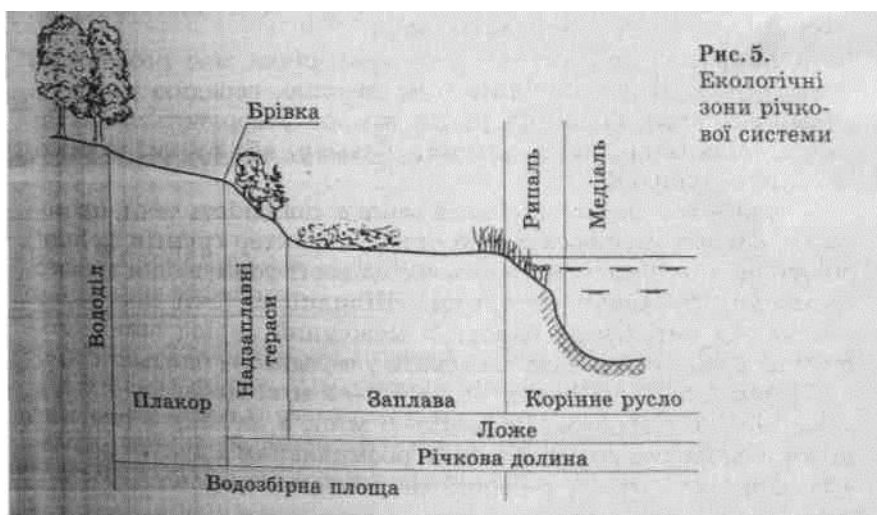


Рис. 5.
Екологічні зони річкової системи

Рис. 1.3. Екологічні зони річкової системи

Річки течуть в долинах, у яких найбільш понижена частина річки формує ложе (рис. 1.3). Поглиблення ложа, що заповнене проточною водою в меженний період, називається **корінним руслом**, або річищем. Та частина дна ложа, яка покривається

водою лише під час повеней і паводків, називається заплавним руслом, або **заплатою**. У меженний період заплавне русло розміщення вище рівня води, воно пересихає, – це **заплатна тераса**. На схилах річкової долини можна спостерігати геологічні залишки проходження річкових русел у далекому минулому. Їх називають **надзаплатними терасами**. Частину суходолу, що збігається з верхньою частиною надзаплатної тераси й вирівняною вододільною територією (плакором – від грец. *plax* – рівнина), називають **брівкою річкової долини**.

Річки поділяють на **гірські**, які характеризуються швидкою течією та вузькими долинами, і **рівнинні** – із повільнішою течією й широкими терасовими долинами. У рівнинних річок русло, як правило, звивисте або розділене на рукави. У гірських річок воно більш спрямлене, із наявністю водоспадів та порогів, які утворюються внаслідок завалів камінням і підмитими деревами.

У поперечному перетині річки від одного берега до другого виділяються зони: прибережна (*рипаль*), середня (*медіаль*) та ділянка, яка характеризується найбільшою течією, – *стрижень*. Це динамічна вісь потоку води, вона може перебувати посередині річки при прямолінійному нерозгалуженому руслі або наближатися до одного з берегів відповідно до вигинів русла. Морфометричні особливості річкових систем та режим їхньої водності мають велике екологічне значення. Вони визначають умови існування гідробіонтів різних трофічних рівнів. Для них характерне досить значне біорізноманіття, обумовлене екологічним розчленуванням річкових систем. Для рипалі характерна наявність заростей вищих водних рослин, серед яких живе велика кількість водяних тварин. У відкритій зоні річки, де висока швидкість води, видове різноманіття гідробіонтів та їх чисельність бідніші, оскільки вони зносяться потоком води.

Кількість води, яка переноситься річкою за певний період часу, характеризує *водність* річки, а об'єм води, що протікає через «живий» переріз потоку (площина, обмежена знизу профілем русла, а зверху – водною поверхнею) в одиниці часу ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{дм}^3/\text{с}$), – *витрати* води. Швидкість течії поступово спадає від витоків до гирла.

У напрямку від витоків до гирла річка має поздовжню зональність. Потік поділяють на верхню, середню й нижню течії. У місцях упадіння річки в море утворюються значні площі мілководь, які формують *дельту*, або вузькі морські затоки – *естуарії*.

Рівень води, її гідрохімічний режим, швидкість течії, прозорість, наявність поверхневого стоку, характер ґрунтів та інші абіотичні чинники визначають особливості формування населення річкових екосистем.

Практичні завдання

1. Користуючись статистичним матеріалом, проаналізуйте розподіл води в гідросфері, складіть діаграму запасів води на поверхні літосфери.

2. Проаналізуйте схему кругообігу води.

3. Охарактеризуйте екологічні зони Світового океану.

4. Охарактеризуйте екологічну зональність континентальних водойм.

5. Користуючись атласом, нанесіть на контурну карту світу:

Моря: Атлантичний океан (Карибське, Саргасове, Лабрадор, Норвезьке, Північне, Балтійське, Середземне, Чорне, Ведделла, Лазарева, Рісер-Ларсена), **Тихий океан** (Берінгове, Охотське, Японське, Жовте, Східнокитайське, Південнокитайське, Філіппінське, Яванське, Сулавесі, Сулу, Молукське, Банда, Тиморське, Арафурське, Соломонове, Коралове, Фіджі, Тасманове), **Індійський океан** (Лаккадівське, Аравійське, Дейвіса, Співдружності, Андаманське, Тиморське), **Північний Льодовитий океан** (Бофорта, Чукотське, Східносибірське, Лаптевих, Карське, Біле, Баренцове, Норвезьке, Гренландське, Лінкольна);

Течії: Атлантичний океан (Бразильська, Південна пасатна, Північна пасатна, Карибська, Антильська, Гвінейська, Гольфстрім, Північноатлантична, Лабрадорська, Канарська, Бенгельська, Фолклендська, Течія Західних вітрів), **Тихий океан** (Аляскінська, Курильська, Північнотихоокеанська, Північна пасатна течія, Куросіо, Південна пасатна течія, Східноавстралійська течія, Перуанська, Каліфорнійська, Течія Західних вітрів), **Індійський океан** (Південна пасатна, Мадагаскарська, Мозамбікська, Мусонна, Сомалійська, Західноавстралійська, Течія західних вітрів), **Північний Льодовитий океан** (Норвезька, Нордкапська, Шпіцбергенська, Східногренландська, Трансарктична, Східний антициклонічний круговорот),

Затоки: Атлантичний океан (Ла-Плата, Мексиканська, Кампече, Гудзонова, Біскайська, Гвінейська), **Тихий океан** (Каліфорнійська, Аляска), **Індійський океан** (Перська, Аденська, Оманська, Бенгальська, Велика Австралійська затока), **Північний**

Льодовитий океан (Маккензі, Амундсена, Кацебу, Янська, Єнісейська, Обська);

Протоки (Дрейка, Магеланова, Гібралтарська, Ла-Манш, Данська, Мозамбікська, Бассова, Малакська, Карські Ворота, Лонга, Саннікова, Берінгова, Прот-Клур);

Рельєф дна океану: Атлантичний океан (Північно-атлантичний хребет, Південноатлантичний хребет, Китовий хребет, Лабрадорська улоговина, Північноамериканська улоговина, Іберійська улоговина, Канарська улоговина, Бразильська улоговина, Аргентинська улоговина, Капська улоговина, височина Ріо-Гранді, Південний Сандвічевий жолоб, жолоб Романш, жолоб Пуерто-Ріко, розлом Атлантис); **Тихий океан** (Східнотихоокеанське підняття, Південнотихоокеанське підняття, Північно-західний хребет, хребет Різдва, хребет Наска, хребет Кокос, Північно-східна улоговина, Південна улоговина, жолоб Кермадек, жолоб Тонга, Філіппінський жолоб, Маріанський жолоб, Курильсько-Камчатський жолоб, Алеутський жолоб, Центральноамериканський жолоб, Перуанський жолоб, гори Картографів); **Індійський океан** (Мальдівський хребет, Маскаренський хребет, Східноіндійський хребет, хребет Кергелен, Аравійсько-Індійський хребет, Сомалійська улоговина, Центральна улоговина, Кокосова улоговина, Північно-Австралійська улоговина, Улоговина Натураліста, Західноавстралійська улоговина, розлом Діамантина, Австрало-Антарктична улоговина, Улоговина Агульяс, Зондський жолоб); **Північний Льодовитий океан** (Канадська улоговина, улоговина Амундсена, улоговина Нандсена, Норвезька улоговина, Чукотське підняття, хребет Мона, хребет Менделєєва, хребет Геккеля, улоговина Підводників);

Острови: Атлантичний океан (Зеленого мису, Святої Олени, Канарські, Азорські, Мадейра, Ісландія, Ірландія, Гренландія, Ньюфаундлен, Бермудські, Багамські, Великі Антильські, Малі Антильські, Тринідад, Фолклендські, Оркнейські), **Тихий океан** (Маршалові, Філіппінські, Мінданао, Палау, Соломонові, Нові гібриди, Науру, Тонга, Самоа, Фіджі, Нова Зеландія, Туамоту, Баунті, Нова Каледонія, Нова Гвінея, Суматра, Калімантан, Ява, Алеутські, Гавайські, Галапагос, Маріанські, Каролінські, Сахалін, Курильські, Тайвань, Кюсю, Хонсю), **Індійський океан** (Мадагаскар, Коморські, Маскаренські, Великі Зондські, Мальдівські, Лаккадівські, Сокотра, Сейшельські, Кокосові,

Андаманські, Нікобарські, Шрі-Ланка), **Північний Льодовитий океан** (Нова земля, Північна земля, Анжу, Врангеля, Новосибірські, Шпіцберген, Земля Франца-Йосифа, Лафотенські, Фарерські, Ісландія, Гренландія, королеви Єлизавети, архіпелаг Перрі, Банкс, Вікторія);

Ріки: Рейн, Ельба, Одра, Дунай, Рона, Гарона, Луара, Сена, По, Дністер, Дніпро, Вісла, Неман, Західна Двіна, Північна Двіна, Печора, Волга, Об, Сирдар'я, Амудар'я, Єнісей, Лена, Амур, Тигр, Євфрат, Інд, Ганг, Брахмапутра, Меконг, Янцзи, Хуанхе; Ніл, Нігер, Конго, Замбезі, Лімпопо, Окованго, Оранжева; Ріо-Гранде, Міссісіпі, Колорадо, Святого Лаврентія, Колумбія, Саскачеван, Атабаска, Маккензі, Юкон; Магдалена, Оріноко, Амазонка, Токантіс, Сан-Франсиску, Парана, Уругвай; Муррей, Дарлінг.

Озера: Венерн, Ветерн, Ладозьке, Чудське, Псковське, Боденське, Женевське, Балатон, Севан, Аральське, Балхаш, Байкал, Ісик-Куль, Туз, Ван; Чад, Вікторія, Танганьїка, Ньяса, Алберт, Тана, Рудолф; Велике Солоне, Гурон, Верхнє, Мічиган, Ері, Онтаріо, Вінніпег, Манітоба, Лісове, Оленяче, Атабаска, Велике Невільниче, Велике Медвеже; Маракайбо, Тітікака, Мар-Чикіта; Ейр.

Контрольні запитання

1. *Що є елементами гідросфери?*
2. *Охарактеризуйте океанічну та материкову циркуляції в гідросфері.*
3. *Назвіть екологічні зони океанів і морів.*
4. *Охарактеризуйте екологічні зони річок.*
5. *Назвіть екологічні зони озер.*
6. *Назвіть елементи річкової системи.*

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Вивчення екологічних груп гідробіонтів

Мета: ознайомитися із різноманітністю екологічних груп гідробіонтів; встановити особливості організації представників різних екологічних груп; проаналізувати залежність цих особливостей від особливостей конкретних біотопів.

Теоретичні відомості

До складу *планктону* входять мікроводорості, бактерії, коловертки і інші організми, які не можуть протидіяти перенесенню їх водою, через відсутність або недорозвинення органів руху.

За систематичною ознакою планктон підрозділяють на *фітопланктон* (водорості), *бактеріопланктон* і *зоопланктон*.

Фітопланктон представлений водоростями різних систематичних груп, що мешкають у товщі морських, солонуватих і прісних вод. Морський фітопланктон складається переважно з діатомових, динофітових, криптофітових і інших водоростей. Вони населяють товщу морської води до глибини 100 м. Саме на таку глибину проникає сонячне світло, що використовується автотрофними організмами в процесах фотосинтезу. Основними представниками прісноводного фітопланктону є діатомові, синьозелені і зелені водорості. До його складу входять також золотисті, евгленові, динофітові, жовтозелені і інші водорості. Він поширений до глибини 20–40 м. На формування фітопланктону істотним чином впливає: гідрологічний і гідрохімічний режим водних об'єктів, освітленість води та інші чинники.

Фітопланктон відіграє важливу роль у формуванні якості води і біопродуктивності водойм. Він є джерелом первинної продукції і насичення води розчиненим киснем. При масовому розвитку фітопланктону («цвітінні» води), після його відмирання, може різко погіршуватися якість води (самозабруднення водойм). Організми фітопланктону є індикаторами (показниками) якості води при екологічній оцінці.

Бактеріопланктон складається з бактерій різних фізіологічних груп. Його склад і кількісні показники залежать від наявності органічних речовин, температурного та кисневого режиму, сольового складу й інших чинників. Серед бактерій зустрічаються дуже дрібні форми – *ультрабактеріопланктон*, які можна виділити тільки за допомогою мембранних ультрафільтрів і розглядати лише під електронним мікроскопом.

Зоопланктон – сукупність водних безхребетних тварин, які населяють товщу морських і прісних вод. Це найпростіші, кишковопорожнинні, гіллястовусі і веслоногі ракоподібні, коловертки, велігери (личинки) молюсків, личинки креветок і ін. Серед них є організми, здатні до активного переміщення у воді. Так, представники гіллястовусих ракоподібних- дафнії, переміщуються

стрибками, веслоногі ракоподібні – за принципом реактивного руху. Ті та інші здатні також до вертикальних міграцій – від поверхні до дна і навпаки. Складовою частиною зоопланктону є також *іхтіопланктон* – ікра і личинки деяких видів риб.

Зустрічаються досить великі організми, наприклад медуза *Cyanea* (діаметр до 2 м). Руху зоопланктону у воді сприяють: значна поверхня тіла, наявність в ньому жирових включень і газових вакуолей.

Розміри зоопланктонних організмів дуже різноманітні, розрізняють:

- *мегалопланктон* – організми розміром понад 1 м;
- *макропланктон* – 1–100 см;
- *мезопланктон* – 1–10 мм;
- *мікропланктон* – 0,05–1 мм (50–100 мкм);
- *нанопланктон* – менше 0,05 мм (менше 50 мкм).

Мікропланктон — це мікроскопічні найпростіші, коловертки, личинки безхребетних.

Мезопланктон складається з дрібних рачків.

Організми *макропланктону* – це, в основному, мізиди, креветки, невеликі медузи.

До *мегалопланктону* відносяться безхребетні дуже великих розмірів – медузи і ін. Планктон разом із завислими у воді частинками, які потрапляють у знаряддя лову (планктонні сітки і ін.) називається сестоном.

У багатьох *плейстонтів* є газові бульбашки або пінисті поплавці, за допомогою яких організми утримуються на поверхні води. Бульбашки виявлені у сифонофор *Physalia*, актиній *Minyas*, молюсків *Janthina* і деяких інших.

До складу *нейстону* входить відносно невелика кількість організмів – найпростіші, одноклітинні водорості, бактерії, дрібні червононогі легеневі молюски. Всі вони мешкають нижче плівки поверхневого натягу води. До *нейстону* морських водойм відноситься також ікра і личинки риб, що одержали назву *іхтіонейстон*. На поверхні плівки в прісних водоймах можна спостерігати клопів-водомірів, що швидко бігають. Тут же живуть личинки комарів, жуки-вертячки і інші дрібні безхребетні.

Нектонні тварини мають обтічну форму тіла і розвинені рухові органи. Це хрящові і кісткові риби, морські ссавці (зубаті і вусаті кити), головоногі молюски (кальмари, восьминоги, каракатиці і ін.).

До складу *бентосу* відносять бактерії, рослини, безхребетні тварини, молюски, ракоподібні і інші групи гідробіонтів.

Розрізняють *фітобентос*, *бактеріобентос* і *зообентос*. Фітобентос морських шельфових мілководих зон складається з червоних, бурих та інших макроводоростей і вищих водних рослин. Фітобентос континентальних водойм представлений, в основному, діатомовими, синьозеленими, зеленими, харовими і деякими іншими водоростями. Розрізняють *мікрофітобентос* і *макрофітобентос*. До складу останнього входять переважно макроскопічні форми зелених і харових водоростей.

Значну роль у прісноводних водоймах відіграють вищі водні рослини (рогоз, рдесник, очерет і інші квіткові рослини). Їх угруповання специфічні і зазвичай розглядаються не як фітобентос, а як окремий компонент прісноводних екосистем – вища водна рослинність. У заростях вищих водних рослин живуть бактерії, водорості, безхребетні тварини.

Бактеріобентос – це бактерії, що мешкають в донних відкладах. Він відіграє особливу роль в перетворенні як органічних, так і мінеральних речовин. Так, в донних ґрунтах більшості мезотрофних і евтрофних озер за участю бактерій протікають процеси утворення метану, редукції сульфатів і маслянокислого бродіння. На більшій глибині залягання донних відкладів, мікробіологічні процеси поступово ослаблюються, внаслідок зменшення вмісту легкозасвоєваних бактеріями фракцій органічної речовини, зменшення вмісту біогенних елементів і інших чинників.

Організми *зообентосу* розділяють на *інфауну* (мешканці товщі донних відкладень), *онфауну* (організми, що живуть на поверхні ґрунту) і *епіфауну* (тварини, що мешкають на поверхні твердого субстрату – каменях, занурених стеблах вищих водних рослин, черепашках відмерлих молюсків і т. п.)

Типовими представниками *інфауни* є багатощетинкові черви, двостулкові молюски, деякі голкошкірі і інші безхребетні. Угруповання організмів *онфауни* утворюють ракоподібні, молюски, деякі багатощетинкові черви, більшість голкошкірих (у морі). *Епіфауна* складається з губок, гідроїдів, актиній, моховаток, морських жолудів, коралових поліпів і ін.

У окрему екологічну групу *нектобентосу* виділені водні тварини, які плавають у придонному шарі води і періодично піднімаються в поверхневі шари. До складу нектобентосу входять придонні риби, креветки, мізиди, деякі голотурії і інші безхребетні.

Бентосні організми розділяють за розміром. *Мікрозообентос* представлений найдрібнішими (менше 0,5 мм) організмами, що живуть на поверхні донного ґрунту. У цю групу входять і дрібні форми, які мешкають у поровій воді між частинками піску або мулу і складають інтерстиціальну фауну. До прісноводного мікрозообентосу відносяться інфузорії, корененіжки, джгутикові, коловертки, нематоди, деякі турбеларії.

До складу *мезобентосу* входять організми (розміром до 1,5–2,0 мм), які можуть бути постійними компонентами донних ґрунтів (гіллястовусі, веслоногі і черепашкові ракоподібні, дрібні черв'яки – олігохети, личинки комарів – хірономіди, водяні кліщі і ін.) і тимчасовими мешканцями дна. До останніх відносяться личинки бабок, одноденок, жуків і інших комах, які протягом свого життєвого циклу змінюють одне середовище на інше (гетеротопи): личинки і лялечки живуть у водному середовищі, а дорослі стадії (імаго) – в повітрі.

Мейобентос складається з організмів розміром від 0,5 до 5–10 мм. Це жителі самого верхнього шару донних ґрунтів.

До складу *макрозообентосу* входять тварини, розмір яких перевищує 5 мм. Це представники багатьох класів прісноводних тварин: поліхети, олігохети, червононогі молюски, двостулкові молюски, ракоподібні, личинки комах. У складі морського зообентосу найбільшу роль відіграють двостулкові молюски (серед них величезні тридакни), голкошкірі (морські зірки, морські їжаки і ін.) ракоподібні (омари, лангусти, краби), багатощетинкові черви – поліхети.

Основу обростань *перифітону* складають бактерійна плівка, прикріплені рослини (водорості) і тварини (ракоподібні, молюски, гідроїди, губки і інші безхребетні).

До складу бентосу входять також біоценози піщаних пляжів (*псаммон*).

Комплекс організмів, здатних зимувати в товщі льоду, одержав назву *пагон*.

За відношенням до субстрату організми бентосу поділяються на такі групи.

1. *Прикріплені організми (сесильний бентос)*. Основна маса рослинного бентосу належить до прикріплених форм; квіткові рослини закріплюються на м'якому ґрунті за допомогою кореневищ, велика кількість водоростей прикріплюється до твердого субстрату своїми ризоїдами. Серед зообентосу сидячими є губки, гідроїди, корали, морські лілії, черви, моховатки, двостулкові молюски,

вусоногі раки, асцидії та низка інших тварин. Загалом форма тіла прикріплених тварин витягнута. Дуже часто вони є колоніальними організмами, як, наприклад, губки, гідроїди, корали та моховатки, що утворюють колонії за допомогою брунькування. Органи руху звичайно редукуються або змінюють свою функцію. Прикріплені тварини, незважаючи на відсутність руху, легко поширюються завдяки утворенню вільноплаваючих личинкових стадій, що переносяться течіями. Тварини можуть вести сидячий спосіб життя тільки у водному середовищі, тому що тільки в ньому вони можуть отримувати необхідну їм їжу у вигляді планктону, який приноситься водою, або органічного детриту, що опускається згори.

Серед прісноводних тварин особливо сильно розвинуті органи прикріплення у реофільних форм, що живуть на швидкій течії. Форма тіла сплюснена, обтічна. Прикріплення відбувається завдяки різним присоскам, причіпкам (личинки низки комах).

2. *Лежачі організми.* Тварини, які лежать на м'якому ґрунті, відрізняються дуже розширеним і низьким тілом. Більшість плоских форм містяться серед донних риб, наприклад камбалових, а також головоногих моллюсків. Плоску форму тіла мають також деякі краби, двостулкові моллюски, морські їжаки та інші тварини, деякі з них мають вирости, розташовані в одній площині.

3. *Організми, що закопуються.* Сукупність тварин, які закопуються в ґрунт, називається інфауною. Епіфауна, представлена прикріпленими й вільнорухомими організмами, трапляється в багатьох групах тваринного світу – серед червів, морських їжаків, голотурій, черевоногих і двостулкових моллюсків, плечоногих, ракоподібних, личинок комах та інших груп. Більшість тварин закопуються в ґрунт задля захисту. Вони живуть у ходах або трубках, часто зміцнених будь-якими виділеннями; довжина ходів іноді в декілька разів перевищує довжину самого організму. Деякі тварини вільно рухаються в ґрунті, поглинаючи його для здобуття органічної речовини, яка міститься в ньому, або активно шукаючи здобич.

Закопування в ґрунт спричиняє низки змін у будові тварин. Неправильні морські їжаки не мають аристотелевого ліхтаря, їхні голки перетворені в органи копання. Раковина моллюсків, які живуть у ґрунті, стає гладенькою, тонкою, нещільно закривається; на добре розвинутій нозі відсутня бісусна залоза; зв'язок із зовнішнім середовищем виконують довгі сифони, які часто перевищують довжину тварини.

4. *Свердлячі організми.* Свердлінню піддаються щільні осадові породи, скелі, складені з вапняку, пісковика, сланців і навіть граніту,

а також мармуру, бетону, цегли, дерева й раковини молюсків. До морських свердлярчих організмів належать деякі водорості, губки, черви, молюски й раки. У прісних водах найбільш звичайними свердлярчими тваринами є личинки деяких комах, які позначають листки та стебла водних рослин або роблять ходи в глинистих берегах.

Водорості, а з тварин губки, черви й деякі молюски прокладають ходи у вапняку або в раковинах за допомогою виділеної кислоти, яка розчиняє вапняк. Деякі молюски механічно просвердлюють гірські породи та дерево зубцями й гребенями, розміщеними на раковині; представники бокоплавів і рівноногих раків свердлярять дерево сильно розвинутими ротовими придатками. Свердлярчі організми ніколи не залишають свого житла, збільшуючи його об'єм відповідно до росту, тому вони, по суті, є «в'язнями». Живлення відбувається за рахунок завислих у воді дрібних організмів планктону й органічного детриту; тварини, які ушкоджують дерево, можуть харчуватися деревиною. Наявність вільноплаваючих личинок зумовлює поширення свердлярчих організмів.

5. *Вільнорухомі організми.* Більшість тварин рухаються по дну за допомогою різноманітно влаштованих кінцівок: голкошкірі мають амбулакральні ніжки, органом руху молюсків є нога, найпростіші рухаються за допомогою війок або псевдоподій. Деякі рослини, наприклад донні діатомеї, також можуть рухатись.

Практичні завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, рисунки та натурні зразки ознайомитися з різноманітністю екологічних груп гідробіонтів.
2. Зарисувати характерних представників екологічних груп.
3. Заповнити узагальнюючу таблицю 1.

Таблиця 1

Екологічна група	Особливості поширення в гідроекосистемі	Особливості пристосування організмів	Принципи поділу на підгрупи	Характерні представники

Контрольні запитання

1. *Що таке планктон?*
2. *Назвати класифікацію планктону.*

3. *На які групи поділяється планктон за розмірами?*
4. *Що таке опір форми? Навести приклади.*
5. *Які організми належать до бентосу?*
6. *На які групи поділяються організми бентосу за відношенням до субстрату?*
7. *Охарактеризувати прикріплені організми.*
8. *Охарактеризувати лежачі організми.*
9. *Охарактеризувати організми, які закопуються.*
10. *Охарактеризувати свердлячі організми.*
11. *Охарактеризувати вільнорухомі організми.*
12. *Дати визначення поняття «нейстон».*
13. *Які є два види нейстону?*
14. *Які організми входять до складу перифітону та які умови необхідні для його розвитку?*

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Вивчення типів водних об'єктів та їх гідрологічна характеристика

Мета: Ознайомитися з різноманітністю водних об'єктів, їх гідрологічною характеристикою та фазами водного режиму.

Теоретичні відомості

Залежно від гідрологічного режиму всі водні об'єкти поділяються на такі групи: водотоки, водойми, підземні водоносні горизонти і артезіанські басейни та льодовики. З погляду гідроекології найцікавішими є екосистеми водотоків і водойм.

Водотоки характеризуються рухом води в напрямі ухилу у витягнутому поглибленні земної поверхні. Це – річки, струмки, канали, протоки між озерами або лагунами і морем. Розрізняють *постійні* водотоки, в яких відбувається перенесення водних мас протягом цілого року, і *тимчасові*, такі, що функціонують частину року.

Водойма – це скупчення безстічних або із сповільненим стоком вод у поглибленні земної поверхні. Водойми можуть бути як природні, так і штучні. *Природні* водойми – це океани, моря, озера, болота. *Штучні* – це водосховища на великих і малих річках,

стави, водойми-охолоджувачі теплових і атомних електростанцій, накопичувачі атмосферних і підземних вод.

Структурно-функціональний стан водних об'єктів визначається загальною закономірністю змін рівня води, що повторюються, її об'ємів, швидкістю течії, характером хвилеутворення і іншими гідрологічними показниками.

Рівень води в річках і озерах, або висота водної поверхні річок і озер щодо якої-небудь умовної горизонтальної поверхні, є однією з найбільш інформативних характеристик стану водойм і водотоків. Рівень води в річках, озерах, водосховищах та інших водних об'єктах залежить від безлічі чинників, перш за все від сезонних атмосферних опадів. Літом, внаслідок їх меншого випадання і підвищеного випаровування, рівень води знижується, а восени, за рахунок більшої кількості дощів і зменшення випаровування, – зростає. Взимку, особливо в передвесняний період, рівень води мінімальний, а при таненні снігу і льоду він різко збільшується і досягає максимуму під час повені. Такий режим властивий річкам, що живляться за рахунок дощових і талих вод. Для гірських річок характерне літнє підвищення рівня води.

Рівень води у *водосховищах*, які побудовані на річках і мають гідроелектростанції, регулюється відповідно до графіка їх роботи. Найбільш високий рівень води в річках спостерігається під час повені і паводка.

Повінь – це фаза водного режиму, що щорічно повторюється в один і той же сезон, яка характеризується найбільшою водністю, високим і тривалим підняттям рівня води. Причиною повені, зокрема на річках України, є весняне сніготанення. Повінь відіграє позитивну екологічну роль у функціонуванні річкових екосистем. Під час повені великі маси води промивають річкове русло, очищаючи його від накопичених за зиму відмерлих організмів, продуктів гниття і забруднюючих речовин.

На річках, водність яких формується на значних гірських територіях (наприклад, на Дунаї), протягом року спостерігаються дві повені: весняна, після танення снігу в долинах, і літньо-осіння, обумовлена таненням снігу в горах і випаданням дощів.

На відміну від повені, *паводок* – швидке, порівняно короткочасне підняття рівня води, що виникає після рясних дощів або значного сніготанення внаслідок різкого потепління зимою. І повінь, і паводок можуть мати катастрофічні наслідки, якщо

зростання рівня води в річках і водоймах значно перевищує їх здатність до накопичення або пропускання води. В Україні такі повені і паводки найчастіше спостерігаються в Карпатському регіоні. Особливо загострилася ця ситуація в Карпатах внаслідок вирубування лісів на схилах гір.

Формування водного стоку з водозбірної площі залежить від кліматичних чинників. Так, у посушливі сезони надходження води значно менше, ніж, наприклад, восени, коли йдуть часті дощі.

Кількість води, що протікає через поперечний переріз водотоку за певний проміжок часу, називається *об'ємом стоку*. Він виражається в кубічних одиницях (км^3 , м^3) за добу, місяць, сезон або рік. Об'єм стоку характеризує *водність об'єкта* і застосовується в гідрологічних і водогосподарських розрахунках. *Витрата води* – це кількість води, що протікає за одиницю часу через поперечний переріз водотоку, вимірюється зазвичай в $\text{м}^3/\text{с}$.

Водність визначає цілий ряд важливих в екологічному відношенні параметрів водних екосистем. Так, при невеликій водності підвищується мінералізація води, знижується водообмін, формуються застійні зони в річках, що негативно впливає на життєдіяльність гідробіонтів.

Окрім сезонних змін водності, спостерігаються *багаторічні коливання стоку* – маловодні (50 % водозабезпечення), середньоводні (75 %) і багатоводні (95 %).

Водний баланс – це кількісна оцінка всіх форм надходження і витрати води на певній частині земної території (включаючи випаровування, інфільтрацію і ін.). У глобальному масштабі він є кількісним виразом кругообігу води на Землі. Водний баланс – один з найважливіших показників для характеристики водних екосистем, їх абіотичних компонентів (гідрологічна структура, хімічний склад води і т. п.) і біоти.

Водообмін – процес обміну води у водному об'єкті або заміщення одних водних мас іншими на окремих його ділянках. Залежно від розмірів водойми і кількості води, що надходить за одиницю часу, водообмін може продовжуватися дні, місяці, роки, десятки і навіть тисячі років. Наприклад, середній багаторічний період умовного відновлення запасів води Світового океану оцінюється в 2650 років. У найбільшому прісноводному озері Байкал цей процес займає близько 380 років. Період водообміну водосховищ Дніпра в середньому складає: Київського – 36 днів, Канівського –

20, Кременчуцького – 85, Дніпродзержинського – 18, Запорізького – 23, Каховського – 130 днів. У деяких водоймах вода оновлюється протягом декількох діб, наприклад в заплавах озер пониззя Дніпра.

Розрізняють зовнішній і внутрішній водообмін. *Зовнішній водообмін* — це водообмін з атмосферою (випаровування і надходження атмосферної води), з прилеглими ділянками мережі гідрографії і з ґрунтовими водами. Інтенсивність цих процесів виражається в кубічних кілометрах за рік ($\text{км}^3/\text{год}$) або кубічних метрах за секунду ($\text{м}^3/\text{с}$) і характеризує загальну кількість води, що поступила у водний об'єкт або, навпаки, втрачену їм впродовж конкретного проміжку часу.

Внутрішній водообмін залежить від динамічних процесів, що протікають у водоймах, і є обміном водних мас всередині водного об'єкта між його окремими ділянками і шарами води. Зовнішній і внутрішній водообмін значною мірою взаємопов'язані між собою.

Практичні завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, ознайомитись із різноманітністю водних об'єктів.
2. Скласти класифікаційну схему водних об'єктів.
3. Користуючись інформаційним матеріалом та літературними джерелами охарактеризувати види водообмін.
4. Заповнити таблиці 1 і 2

Таблиця 1

Гідрологічний показник	Одиниці вимірювання	Визначення	Причини і наслідки змін

Таблиця 2

Фаза водного режиму	Причини виникнення	Наслідки для водних екосистем та народного господарства

Контрольні запитання

1. Яким буває рівень води у річках та озерах.
2. Що таке повіні і паводок.
3. Охарактеризуйте процес водообміну.
4. Назвіть види водообміну.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: *Обчислення коефіцієнтів водообміну і водовідновлення заплавних водойм*

Мета: Ознайомитися з типами водообміну, проточністю водойм та перемішуванням вод.

Теоретичні відомості

Водообмін у водоймищах поділяється на *зовнішній* і *внутрішній*. *Зовнішній* водообмін – заміна вод, що знаходяться у водоймі, на нові, такі, що надходять ззовні. *Внутрішній* водообмін здійснюється в самій водоймі різними видами руху (*течія, хвилювання, перемішування*) шляхом переміщення об'ємів води з однієї ділянки або шару водойми в іншій.

Зовнішній водообмін.

Зовнішній водообмін спостерігається в стічних озерах, що живляться річкою, водосховищах на річках, у лиманах і т.д. З тими водами, що надходять у водойми, або витікають із них, переміщуються наноси, розчинені речовини, а часто й планктон. Тому чим активніший водообмін, тим швидше можуть змінюватися фізико – хімічні властивості водойми.

Проте не всі води водойми мають однакову інтенсивність водообміну. Наприклад, глибокі частини водосховищ обмінюватимуть свої води швидше, ніж вода застійних ділянок – плесо й затоки. Води верхніх шарів озер частіше обмінюються, ніж води глибоких шарів.

Існує поняття *коефіцієнта водообміну*. Він визначає інтенсивність зміни маси води водосховищ за певний проміжок часу. Для багаторічного періоду коефіцієнт водообміну водосховища запишеться так:

$$\bar{k} = \frac{W_c}{W_B} \quad (4.1)$$

де \bar{k} – коефіцієнт річкового водообміну, W_c і W_B – відповідно середні за рік об'єми стоку води з водосховища і об'єм водосховища.

Наприклад, у Каховському водосховищі середній коефіцієнт водообміну \bar{k} складає 2,5, що означає – води всього об'єму водосховища змінювалися повністю 2,5 разу на 1 рік, а для максимальної водності року цей коефіцієнт вище – 4,6 разу на 1 рік. Тому, для повної характеристики водообміну необхідно його розраховувати окремо для років різної водності.

При інтенсивному водообміні зі значним транзитом через малі водосховища й озера разом із транзитом проходять завислі й розчинені речовини, а при сповільненому водообміні для великих водойм переважає акумуляція вод із речовинами, що містяться в них.

Таким чином, по інтенсивності водообміну розрізняються групи водних об'єктів:

1. *Транзитна група* (річки й значна частина малих водосховищ добового регулювання) з інтенсивним водообміном. Їхній коефіцієнт водообміну складає більше 100.

2. *Транзитно-акумулятивна група* – проточні озера, крупні й середні водосховища добового й тижневого регулювання (Київське, Канівське, Дніпродзержинське, Запорізьке водосховища), \bar{k} змінюється від 100 до 4. Транзит тут відіграє основну роль, але дає себе знати акумуляція.

3. *Акумулятивно-транзитна група* – стічні озера зі сповільненим водообміном, водосховища сезонного, річного регулювання мають \bar{k} від 0,1 до 4 (Кременчуцьке і Каховське водосховища). Тут спостерігається акумуляція води й речовин, а транзит має другорядне значення.

4. *Акумулятивна водойма* – Світовий океан. Його повний водообмін 2500 років.

Характеристики водообміну змінюються по довжині водосховищ – максимальний водообмін спостерігається в зоні виклинювання підпору, найменший – у найширшій частині водосховища.

У гідроекологічних процесах певну роль відіграє чинник *проточності водоймищ*. Під проточністю розуміють середню швидкість перебігу води у водосховищі за певний проміжок часу. Коефіцієнт водообміну не може врахувати швидкості течії, оскільки він не враховує морфологічні особливості чаші озера або водосховища. Так, якщо ширину водосховища збільшити в декілька разів (не змінюючи його загального об'єму), то при одному й тому

ж коефіцієнті водообміну це водосховище перетвориться на об'єкт акумулятивний, але швидкість течії його вод зменшиться, а активізується осад зважених наносів. Це приведе до збільшенні прозорості води і зросте біологічна продуктивність у водоймі.

Критерії проточності. Середня річна швидкість течії обчислюється по формулі:

$$v = \frac{Q}{F}, \quad (4.2)$$

де V , Q і F – середньорічні значення для всього водосховища, – відповідно швидкості течії води, витрати води, площі поперечного перерізу. Остання обчислюється для всього водосховища з урахуванням його довжини L і середньорічного об'єму вод W_c у ньому, а саме:

$$F = \frac{W_c}{L}. \quad (4.3)$$

Средньобагаторічний об'єм водосховища можна пов'язати зі середньобагаторічним об'ємом сезонного регулювання стоку W_c :

$$Q = \frac{W_c}{31,5 \cdot 10^6}, \quad (4.4)$$

де $31,5 \cdot 10^6$ – середньорічна тривалість року, с.

Після підстави формул (4.3) і (4.4) в формулу (4.2) одержимо вираз для середньої швидкості перебігу води у водосховищі в такому вигляді:

$$v = \frac{W_c L}{31,5 \cdot 10^6 \cdot W_B} = \bar{k} \alpha \quad (4.5)$$

де \bar{k} – коефіцієнт водообміну згідно з формулою (5.17), а α – постійний для даного водосховища множник, рівний $L \cdot 31,5 \cdot 10^6$, який залежить від морфометричної характеристики водоймища (L) і характеристики часу (кількість секунд в році).

Цей коефіцієнт проточності показує середню швидкість течії води у водосховищі від його вершини до дамби протягом розрахункового періоду.

Внутрішній водообмін

Внутрішній водообмін пов'язаний із переміщенням і змішуванням водних мас у самій водоймі. Він може бути пов'язаний як із зовнішнім водообміном і водним балансом, так і з перемішуванням (горизонтальним і вертикальним турбулентним обміном).

Переміщення об'ємів пов'язане зі стічними течіями, надходженням води від попусків і т.д. Турбулентне перемішування виникає за рахунок вітрохвильових *явищ і течій* (стічних і вітрових). За інтенсивністю внутрішнього водообміну визначають коефіцієнти горизонтального й вертикального турбулентного обміну, які розраховуються по характеристиках хвиль, течій.

Коефіцієнт горизонтального обміну у верхньому шарі водосховищ змінюється від $0,14 \cdot 10^6$ до $1,9 \cdot 10^6$ г/(см·с), а вертикального (в поверхневому шарі) від 30–35 г/(см·с) при вітрі 5 м/с, до 200–250 г/(см·с) при вітрі 20 м/с. Турбулентне перемішування зменшується із глибиною.

Перемішування вод.

Перемішування вод відноситься до одного з найважливіших, з екологічного погляду, елементів внутрішньоводоймної динаміки. Виділяють 2 види перемішування – молекулярне й молярне.

Молекулярне відбувається за рахунок неоднорідності нагріву водної товщі. Воно має мале значення для вирівнювання полів течій, температур, розчинених речовин, інших компонентів.

Молярне перемішування грає основну роль у цих процесах на річках і водоймищах. Цей вид перемішування відбувається під дією нерегульованого турбулентного руху води, яких може з'явитися під дією термічних причин (*конвективне перемішування*) або динамічними (*вимушена конвекція*).

Конвективне перемішування виникає при нестійкій температурній стратифікації у водоймах у другій половині літа при охолодженні води. У зонах водойми, де рух води сповільнений, цей вид перемішування є вирішальним для вирівнювання фізичних і хімічних характеристик вод у просторі водойми. Особливо велике значення має це для глибоких ділянок водойми і зон мілководдя, що не мають активного водообміну з основною частиною водосховища, або захищених від вітру.

Динамічне (турбулентне) перемішування (турбулентна дифузія) пов'язане з наявністю при різних видах руху води

вертикальних і горизонтальних градієнтів швидкості. Це найбільш дієвий чинник впливу на водні маси, суспензії, розчин, газ, біологічні об'єкти водоймища й водотоків.

Можна виділити такі головні напрями впливу турбулентної дифузії на процеси фотосинтезу:

1. Посилюється обмін між зоною живлення клітини організмів і навколишнім середовищем – під впливом турбулентності вони більш рівномірно розсіваються у воді, ослаблюється їхня конкуренція, посилюється фотосинтез.

2. Посилення фотосинтезу планктону за рахунок його переміщення під впливом турбулентних струмів у вертикальному напрямі із зон із великою кількістю живильних речовин, де ними запасуються початкові продукти біосинтезу, у бік поверхневих освітлених шарів води, що мають світлову енергію.

3. Посилюється біосинтез за рахунок зміни світлових і “темнових” реакцій при перенесенні клітини у глибоких водоймищах поперемінно з освітленої в затемнену зону. Правда, ослаблення продукційних процесів може спостерігатися при переміщенні кліток у шари з несприятливими для фотосинтезу умовами.

Для водойми перемішування вод – один із найважливіших, в екологічному відношенні, чинників внутрішньоводної динаміки. Перемішування буває *термічним* (конвективним) і *динамічним* (вимушена конвекція). Конвективне перемішування виникає при нестійкій температурній стратифікації. Найсильніше воно виражене в другій половині літа – при охолодженні водних мас із поверхні. Це приводить до вирівнювання хімічних, біологічних, фізичних характеристик вод у просторі – для ділянок різких змін глибини. Динамічне перемішування пов'язане з наявністю вертикальних і горизонтальних градієнтів швидкості. При цьому слід пам'ятати про походження турбулентності рухів. Вони походять від нестійких великомасштабних течій у водоймі (великомасштабна турбулентність) або генеруються поверхневими хвилями, вихорами Ленгмюра й ін.

Практичні завдання

1. Заповнити таблицю 1 «Інтенсивність водообміну групи водних об'єктів»

Таблиця 1

Група водних об'єктів	Назва водного об'єкта	Коефіцієнт водообміну

2. Ознайомитися з процесом перемішування водних мас та заповнити таблицю 2.

Таблиця 2

Вид перемішування	Характеристика процесів перемішування

Контрольні запитання

1. Назвіть основні показники зовнішнього й внутрішнього водообміну у водоймах.
2. Класифікація водойми по інтенсивності водообміну.
3. Назвіть види перемішування природних вод.
4. Охарактеризуйте гідроекологічне значення перемішування природних вод.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: Вивчення особливостей температурного, термічного і льодового режиму водних об'єктів

Мета: Ознайомитися з відмінностями температурного, термічного і льодового режимів водних об'єктів, їх значенням для функціонування водних екосистем.

Теоретичні відомості

Зміни температури води по акваторії і глибині впродовж певного проміжку часу називають *температурним режимом* водного об'єкта. Коливання температури води у водних екосистемах можуть бути добові, місячні, сезонні, річні і багаторічні. У таких випадках говорять про середньодобову, середньомісячну, середньосезонну і середню температуру за декілька років. Температура визначає особливості *термічного режиму* водойм. Під останнім розуміють не тільки зміни температури, але і запаси тепла, яке утримується водними масами. Якщо відома кількість води, що міститься у водному об'єкті, і її середньодобова (або за інший проміжок часу) температура, то

можна обчислити його теплозапас – кількість тепла, що закумуляована у водному об'єкті і перевищує її величину при температурі 0 °С.

Найбільші теплозапаси у водних об'єктах припадають на кінець літа, коли добові втрати тепла майже дорівнюють величині його надходження з сонячною енергією. Різниця між максимальною і мінімальною величинами теплозапасу називається *тепловим запасом водойми*. Це дуже важливий в екологічному відношенні показник водного середовища. Встановлено, що між середньорічною, особливо весняно-літньою, температурою води і показниками росту риб, що мешкають в природних водоймах, існує прямий кореляційний зв'язок. Наприклад, якщо сума градусо-днів у вегетаційний період в місцях розташування рибницьких ставів складала 2000 і більше, то маса коропів дворічного віку досягала 450–500 г, а при прохолоднішому літі (1700–1800 градусо-днів) – не перевищувала 370 г. Така залежність обумовлена, з одного боку, інтенсифікацією метаболічних процесів в організмі риб, а з іншої – сприятливішими умовами для розвитку кормових організмів – водоростей і безхребетних тварин планктону і бентосу.

Відповідно до закону Вант-Гоффа, із зростанням температури тіла гідробіонтів на кожні 10 °С швидкість метаболічних реакцій подвоюється. Вплив температури на швидкість реакцій визначається коефіцієнтом (1):

$$Q_{10} = \left(\frac{k_1}{K_2} \right)^{\frac{10}{t_1 - t_2}} \quad (1)$$

де k_1 , і k_2 – константи швидкості реакцій при температурах t_1 , і t_2 .

У біологічному діапазоні температур величина Q_{10} для багатьох метаболічних реакцій коливається в межах 2–2,5.

Порівнюючи споживання кисню водними тваринами, що знаходяться в активному стані і в стані спокою, можна визначити характерні для цих станів рівні обміну речовин за різних температурних умов. Наприклад, у молюска *Cardium* величини Q_{10} для активного стану і спокою рівні відповідно 1,84 і 1,2.

Водойми прогріваються за рахунок надходження на поверхню води сонячної енергії. Від температури водної поверхні залежить теплообмін з придонними шарами води. Причому, унаслідок нерівномірного нагрівання і охолодження води на різних глибинах відбувається розшарування водної товщі водойм спочатку за фізичними властивостями, а потім і за хімічними і біологічними

характеристиками. Зміни температури води по акваторії і глибині бувають добові, сезонні, річні і багаторічні. Вони залежать, в першу чергу, від режиму надходження і поглинання сонячної енергії. Нагрітий поверхневий шар води перемішується з глибшими шарами за рахунок різноманітних гідродинамічних процесів.

Температурний режим водойм включає періоди денного і весняно-літнього нагрівання та нічного і осінньо-зимового охолодження. Завдяки таким коливанням температури відбувається динамічне перемішування водних мас. Періоди нагрівання і охолодження поверхневого шару приводять до формування на певній глибині шару температурного стрибка, або *термоклин*, густина води в якому зростає. Водна маса у водоймах має характер стратифікованої тришарової гідрологічної структури, яка включає верхній прогрітий шар води (епілімніон), середній шар стрибка температури (металімніон) і нижній, найбільш холодний (гіполімніон). Таким чином, зона температурного стрибка, або термоклин, є шаром води, в якому вертикальні градієнти температури більш виражені в порівнянні з градієнтами вище або нижче розташованих шарів води. Термоклин формується в глибоких озерах, водосховищах, морях і океанах. У таких стратифікованих озерах і водосховищах погіршується обмін речовин і енергії між епі- і гіполімніоном.

Період температурної стратифікації, при якому не відбувається циркуляція вод, називається періодом *стагнації*. У озерах і інших водоймах з повільною течією води такий стан може спостерігатися в зимовий і літній періоди року.

В період зимової стагнації тепліша вода зосереджується в придонних шарах, в період літньої – навпаки. Під час стагнації виникає *киснева дихотомія*, при якій вміст кисню в поверхневих шарах води значно вищий, ніж в глибинних.

Термічний режим водойм залежить від їх географічного положення, клімату, характеру ложа і інтенсивності водообміну. Вони можуть сильно розрізнятися за гідрологічним і температурним режимом. Так, при інтенсивному перемішуванні води в неглибоких проточних водоймах може бути відсутньою температурна стратифікація, а температура водних мас залишатися рівномірною по всій їх товщі.

Залежно від особливостей температурної циркуляції протягом року водойми поділяють на: *диміктичні* (мають два сезонні цикли

перемішування води), *мономіктичні* (одне перемішування), *поліміктичні* (циркуляція відбувається постійно), *олігоміктичні* (циркуляція сповільнена або відбувається рідко) і *мероміктичні* (відбувається постійна стратифікація).

Гідрологічний режим водотоків і водойм з високою проточністю характеризується слабо вираженою прямою температурною стратифікацією літом і відсутністю або зворотним характером її взимку. Для таких водних об'єктів вирішальну роль в характері стратифікації відіграє температура води, що надходить. Незвичайний характер стратифікації полягає в тому, що взимку в проточних водних об'єктах ближче до поверхні піднімається тепліша вода.

У малопроточних водосховищах, до яких відносяться дніпровські, спостерігаються істотні просторові відмінності термічного режиму. В період весняного танення крижаного покриву при повній вертикальній гомотермії (рівномірний розподіл температури по акваторії водойми), температура води в мілководних зонах може перевищувати глибоководну на 4–5 °С. Це відбувається внаслідок надходження більш прогрітих вод з приток. У період осіннього похолодання, в найбільш глибоководних пригребельних частинах водосховищ, температура води утримується на 2–3 °С вище, ніж у верхів'ях, куди надходить холодніша вода приток. Температурна стратифікація водних мас у водоймах і водотоках створює умови для запобігання як перегріву, так і переохолодженню гідробіонтів, які мають можливість мігрувати в зони із сприятливішою температурою води.

У зв'язку з тим, що при взаємодії трьох простих молекул Н₂О між ними залишаються досить значні порожнечі, лід легший за рідку воду, що і визначає його плавучість на поверхні водойм. Лід, що вкриває водойми взимку, ізолює глибші шари води від замерзання. Нижче, температура води утримується на рівні плюсових значень.

У неглибоких водоймах при лютих морозах може спостерігатися замерзання всієї товщі води до самого дна. У таких випадках риби і інші водні організми вмерзають в лід і, як правило, масово гинуть.

Бувають випадки, коли деякі риби, як, наприклад, карась, після нетривалого вмерзання і подальшого розморожування залишаються живими. Це відбувається завдяки тому, що навколо тіла риб

утворюється невеликий шар води з підвищеною концентрацією солей. У цих умовах температура замерзання води нижча. При різкому зниженні метаболізму риб мінімальні концентрації кисню у воді дозволяють їм певний час знаходитися в стані анабіозу. Вживають також деякі безхребетні тварини планктону і бентосу, які утворюють біоценоз льоду, – пагон.

Льодовий режим. При зниженні температури до 0 °С і нижче на водоймах і водотоках утворюється крижаний покрив. Період замерзання починається з появи кристалічних структур води (лід) спочатку біля берега, де течія не така швидка і глибина промерзання води значно менша, ніж в глибоководній частині водойм. Розрізняють процес утворення криги, що приводить до появи плавучого льоду, і формування суцільного крижаного покриву. У першому випадку відбувається кристалізація води в окремих місцях, де температура падає до 0 °С і нижче. Потім поверхня водойм покривається суцільним льодом внаслідок змерзання окремих вогнищ льодових утворень.

Існує два типу крижаних покривів: статичний і динамічний. Перший характерний для слабопроточних мілководних і невеликих за площею водойм (озера, водосховища, стави, окремі застійні зони річок, каналів). Такий крижаний покрив має рівну поверхню і невелику початкову товщину. При динамічному типі замерзання через інтенсивне перемішування водних мас відбувається переохолодження всієї товщі води і занесення на глибину ядер кристалізації. Внаслідок цього кількість так званого внутрішньоводного льоду може перевищувати на певних етапах кількість льоду, який утворюється на поверхні озер і водосховищ з інтенсивним перемішуванням води. Динамічний тип крижаного покриття характерний для ділянок річок з швидкою течією. Як більш легкі, в порівнянні з донною фазою води, такі глибоководні центри кристалізації спливають на поверхню, де і відбувається їх змерзання.

При дуже швидкій течії в гірських річках (понад 1,6–1,8 м/с) суцільний крижаний покрив може не утворюватися. При сильному охолодженні води внутрішньоводний лід не мерзне, а переноситься швидкими потоками води у вигляді локальних дрібних скупчень, які називають *шугою*. У гірських річках шуга руйнується на перекатах, а при перенесенні на ділянки з повільнішою течією збивається в окремі кулясті скупчення.

На початку зими наступає період замерзання водойм. Він характеризується появою різноманітних за формою крижаних утворень і фаз розвитку льодового режиму. Утворення суцільного крижаного покриву, який стабільно тримається на поверхні водойм і водотоків, називають *льодоставом*.

Період льодоставу негативно впливає на живе населення водних об'єктів. Крижаний покрив ізолює воду від повітря, припиняє надходження атмосферного кисню, а після випадання снігу на поверхню льоду, зменшується проникнення сонячної радіації. Згасає фотосинтез водоростей і вищих водних рослин, що різко уповільнює утворення кисню у фотосинтетичних реакціях і надходження його у водне середовище. На цьому фоні витрачання кисню бактеріями, водними рослинами і тваринами для підтримки своєї життєдіяльності різко прискорює розвиток кисневої недостатності (дефіциту). У найбільш суворі і тривалі зими *дефіцит кисню* буває настільки значним, що виникають *замори риб* і інших гідробіонтів, що супроводжуються їх масовою загибеллю. Такі явища в останні десятиліття неодноразово спостерігалися на дніпровських водосховищах і інших водоймах України. Ослабити ці негативні явища можна порушенням крижаного покриву або закачуванням повітря під лід в застійні зони водойм.

Навесні, з підвищенням температури повітря і води, лід починає танути. Танення починається з поверхні. У озерах і водосховищах при зменшенні товщини крижаного покриву на 25–50 % від первинної товщини лід починає ламатися і стає не суцільним. *Розтин* – це фаза льодового режиму, що характеризується руйнуванням крижаного покриву. Сприяє розтину вітер, що часто зламає лід і відганяє його від берега, зміщуючи тим самим крижане поле. Утворюються вільні від льоду ділянки водойм, на яких з'являються вітрові хвилі. Вони, у свою чергу, прискорюють розтин льоду на всій поверхні водойм. Перенесення значних мас льоду, що відбувається при підвищенні рівня води і збільшенні швидкості течії, називається *льодоходом*.

Практичні завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, з'ясувати зміст та відмінності між поняттями “температурний” і “термічний” режими водойм, теплозапас, термоклин, температурна

стратифікація; ознайомитися із класифікацією водойм за особливостями температурної циркуляції.

2. Встановити залежність між величиною теплозапасу водойм і показниками росту риб.
3. З'ясувати причини виникнення *кисневого дефіциту* у період льодоставу.
4. Заповнити таблицю 1:

Таблиця 1

Фаза льодового режиму	Екологічні особливості цього етапу

Контрольні запитання

1. *Що таке температурний режим водного об'єкта*
2. *Як визначається тепловий запас водойми.*
3. *Назвіть періоди температурного режиму водойми.*
4. *Охарактеризуйте період стагнації та кисневої дихотомії у водоймі.*
5. *Охарактеризуйте льодовий режим водойми.*
6. *Назвіть типи крижаних покривів водойми.*

Література до розділу 1

1. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Основи гідроекології” / Ю. Р. Гроховська, І. О. Парфенюк. – Рівне : НУВГП, 2014. – 35 с.
2. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підруч. / В. Д. Романенко; наук. Ред. Л. П. Брагінський. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
3. Волошин І. І. Географія Світового океану : навч. посіб. для вчителів шк. / І. І. Волошин, В. Г. Чирка. – К. : Перун, 1996. – 224 с.
4. Березина Н. А. Практикум по гидробиологии / Н. А. Березина. – М. : Агропромиздат, 1989. – 207 с.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 2

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Методи визначення біомаси фітопланктону

Мета: ознайомити студентів з основними експрес-методами визначення біомаси фітопланктону як функціонального показника розвитку гідробіоценозу

Теоретичні відомості

У рибницьких господарствах для оперативного контролю за розвитком фітопланктону використовують експрес-методи визначення біомаси фітопланктону: **об'ємний метод, за прозорістю води й забарвленням води.**

Об'ємний метод. Визначення біомаси фітопланктону проводять у градуйованій центрифужній пробірці. Відібрану та зафіксовану пробу фітопланктону ретельно перемішують і частину наливають у градуйовану центрифужну пробірку, дають відстоятися. Біомасу розраховують за утвореним осадом. Якщо частина водоростей міститься у верхньому шарі, їх рахують за верхньою поділкою меніска і додають до осаду, який відраховують за нижньою поділкою меніска. При цьому масу організмів в осаді ототожнюють із густиною води. Наприклад, коли осад у пробірці займає 1 см – це означає, що проба об'ємом 0,5 л містить 1 г фітопланктону, або 2 г в 1 л.

Визначення біомаси фітопланктону за прозорістю води. Біомасу фітопланктону орієнтовно можна визначити безпосередньо у водоймі, використовуючи індикаторний диск Секкі для вимірювання прозорості води. Біомасу фітопланктону визначають, виходячи із залежності між прозорістю води та інтенсивністю розвитку фітопланктону, що виражається співвідношенням.

Установлено, що технологічною нормою прозорості води є 1/2 середньої глибини ставу. У цих випадках спостерігають оптимальні умови для росту коропа й розвитку природної кормової бази. За прозорості 1/3 середньої глибини ставу – відзначається надмірний розвиток фітопланктону, що призводить до «цвітіння» води, та є загроза розвитку задухи; 2/3 прозорості середньої глибини ставу свідчить про недостатній розвиток фітопланктону та необхідність в удобренні ставків. Крім того, під мікроскопом визначають домінуючі групи водоростей, що особливо важливо при визначенні характеру «цвітіння» води, якщо воно має місце [3].

Про ступінь розвитку фітопланктону можна судити й за **кольором води**, який визначають за еталоном, занурюючи індикаторний диск на половину індикаторної прозорості. Установлено, що

- чиста блакитна вода при значній прозорості свідчить про недостатній рівень розвитку планктону;
- зеленуватий відтінок води за нормальної прозорості засвідчує оптимальні умови для розвитку фітопланктону;
- зеленувато-сині пластівці у воді за низької прозорості свідчать про початок масового відмирання синьо-зелених водоростей та ймовірні явища задухи;
- жовтуватий колір води за малої прозорості вказує на загрозу задухи;
- оранжево-жовта вода за низької прозорості вказує на погані гідрохімічні умови у водоймі та недостатній розвиток фітопланктону.

Практичні завдання

1. Визначити біомасу фітопланктону у водоймі (р. Сапалаїва), використовуючи індикаторний диск Секкі для вимірювання прозорості води.
2. Визначити біомасу фітопланктону у водоймі (р. Сапалаївка) за забарвленням води, використовуючи індикаторний диск на половину індикаторної прозорості.
3. Оформити і захистити роботу.

Контрольні питання

1. *У чому полягає суть об'ємного експрес-методу визначення біомаси фітопланктону?*
2. *У чому полягає суть експрес-методу визначення біомаси фітопланктону за прозорістю води?*
3. *У чому полягає суть експрес-методу визначення біомаси фітопланктону за кольором води?*

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: Скляночний метод визначення первинної продукції і деструкції органічної речовини

Мета: Ознайомитись з методикою визначення валової, чистої продукції і деструкції органічної речовини водних об'єктів з метою визначення їх самоочисної здатності.

Теоретичні відомості

Біологічна продуктивність – це здатність екосистеми виробляти певну кількість органічної речовини у вигляді живих організмів. При оцінці продукційних властивостей водойм використовують такі поняття, як біомаса й продукція. Біомаса дає змогу оцінити ступінь кількісного розвитку видів, що населяють водойми.

Продуктивність водойм залежить від морфології водойм, рельєфу дна, будови берегів, поширення глибин; біотичних чинників – характеру харчових зв'язків і ступеня доступності кормових організмів для риб; абіотичних чинників – температури, умісту розчиненого у воді кисню; антропогенних – регулювання промислу й організації управління господарством.

Продукція – це сумарна кількість біомаси, яка виробляється популяцією або угрупованням на одиницю площі (об'єму) за конкретний період часу, позначається латинською літерою *P*. Річну продукцію риб виражають у кілограмах на гектар ($кг/га$), планктону – у грамах на кубічний метр ($г/м^3$), бентосу – у грамах на квадратний метр ($г/м^2$). Продукція буває первинна й вторинна.

Первинна продукція – це утворення первинної органічної речовини в процесі фотосинтезу автотрофними організмами. Поряд із синтезом автохтонних органічних речовин у процесі фотосинтезу виділяється кисень (відповідно до основного рівняння фотосинтезу), який забезпечує життєдіяльність гідробіонтів у всіх трофічних рівнях і здатність водних екосистем до самоочищення, самовідновлення й формування якості води (фотосинтетична аерація).

Первинну продукцію фітопланктону виражають у різних одиницях: грамах O_2 на одиницю площі ($г/га$), чи одиницю об'єму ($г/м^3$), у джоулях за одиницю часу (добу, сезон, рік). Розрізняють **валову первинну продукцію**, яка визначається без поправки на витрати кисню на дихання самих фотосинтезуючих

організмів, і **чисту первинну продукцію**, що розраховується з урахуванням утилізації кисню на дихання рослин та тварин (деструкцію).

Первинна *продукція* позначається символом A , *деструкція* – символом R . Для характеристики біопродукційних і самоочищувальних процесів велике значення має коефіцієнт відношення продукції до деструкції A/R , який може бути більшим чи меншим від одиниці. При $A=R$ коефіцієнт $A/R=1$, екосистема перебуває в збалансованому стані (гомеостаз), при $A>R$ і $A/R>1$ – має високий біопродукційний потенціал (евтрофний чи гіпертрофний), при $A<R$ і $A/R<1$ в системі переважають деструкційні процеси [1, 4, 5].

Серед методів визначення первинної продукції у гідроекологічній практиці найбільш поширені *киснева та радіовуглецева* модифікації склянкового методу. З метою встановлення швидкості новоутворення органічної речовини A . Пюттер ще в 1908 р. запропонував визначати концентрацію кисню в світлих і темних склянках, заповнених природною водою, після їх добової експозиції. Цей метод отримав назву визначення первинної продукції методом склянок. Суть методу полягає у визначенні кисню, який утворюється у світлих склянках у процесі фотосинтезу і поглинається в темних склянках в процесі дихання гідробіонтів.

Проби води, відібрані батометром, експонують у водному об'єкті на певних глибинах в герметично закритих склянках – світлих (прозорих) і темних. У світлій склянці одночасно відбуваються процеси фотосинтезу і дихання всіх організмів планктону. У темній протікають процеси дихання (деструкції), при яких кисень поглинається. Щоб встановити приріст чи зменшення вмісту кисню протягом досліду, перед експозицією склянок визначають його вихідний вміст у воді водного об'єкта.

Темні склянки фарбують у чорний колір або вміщують у чорні непрозорі мішечки. Об'єм склянок залежить від щільності фітопланктону і може коливатися в межах від 50 до 500 мл. Склянки підвішують на тросах або спеціальних підставках. Після закінчення експозиції із склянок відбирають пробу 50–100 мл і фіксують в ній кисень, його вміст потім визначається хімічним методом Вінклера, або застосовують кисневі датчики, за допомогою яких кисень визначається електрометрично.

Внаслідок проведеного таким чином експерименту, отримують три основних показники: а) вихідну, або контрольну (концентрацію кисню (K); б) концентрацію кисню в прозорих склянках (C); в) концентрацію кисню в темній склянці (T).

Валова первинна продукція A розраховується в міліграмах кисню на 1 дм^3 :

$$A = C - T. \quad (7.1)$$

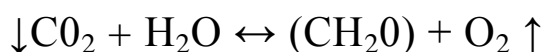
Деструкція R і чиста продукція P обчислюються за формулами відповідно:

$$R = K - T, \quad (7.2)$$

$$P = C - K. \quad (7.3)$$

Визначають звичайно добову продукцію, експонуючи склянки протягом 24 год, що пов'язано з добовим циклом сонячного освітлення: фотосинтез найбільш інтенсивний з 10 год ранку до 16–18 год вечора, у темні години посилюється деструкція, а за добу отримується середня величина. Проте за деяких умов час експозиції доводиться значно зменшувати (до 2–4 год). Така більш коротка експозиція застосовується при “цвітінні” води, коли внаслідок інтенсивного фотосинтезу водоростей реакція середовища зміщується в лужну сторону, падає вміст біогенних елементів, тому фотосинтетична активність фітопланктону знижується і починають переважати процеси деструкції.

Скляночний метод ґрунтується на валовому рівнянні фотосинтезу,



при якому кількість спожитої вуглекислоти або кількість виділеного при фотосинтезі кисню пропорційна кількості утвореної органічної речовини. При відсутності світла реакція йде в оберненому напрямку – процес дихання (деструкція), розклад органічної речовини з споживанням розчиненого кисню і виділенням вуглекислоти.

Кисневий метод дозволяє визначати як первинну продукцію (світлі склянки), так і деструкцію (темні склянки) і таким чином розраховувати валову і чисту продукцію. Крім того, співвідношення продукції до деструкції є показником самоочисної здатності водних об'єктів [3, 4].

Хід виконання роботи

1. Перед виконанням роботи продукційні склянки (4 шт. на

кожний горизонт: перша – для визначення початкової концентрації розчиненого кисню, друга і третя – світлі, для визначення продукції, четверта – темна, для визначення деструкції), батометр та інший посуд необхідно помити хромовою сумішшю (скляний посуд), пральним порошком (пластмасовий посуд) і висушити.

2. В точці відбору визначити по диску Секкі прозорість води і глибину фотичного шару (перемножити глибину прозорості на коефіцієнт 3,0) або глибину фотичного шару, що визначають підводним гідрометром – глибина проникнення 1% сонячної радіації).

3. Провести відбір проб з горизонтів батометром місткістю не менше 1 л. При цьому з одного батометра одночасно взяти проби на гідрохімічний, кількісний і якісний аналіз фітопланктону. Проби відбирають від нижніх горизонтів до верхніх.

4. Заповнити відразу після відбору продукційні склянки, попередньо ополіскуючи їх досліджуваною водою. Заповнити склянки трубкою-сифоном опускаючи їх до дна. Склянки заповнити до верху переливаючи частину проби. Акуратно закрити, виключаючи наявність бульбашок повітря в склянках. Якщо бульбашки повітря залишилися, то склянку залишити відкритою 1 хв, постукуючи по стінках і видаляючи бульбашки. Після цього склянки закрити і розмістити у відповідних горизонтах (2 світлі та 1 темна на кожний горизонт), зафіксувати час початку експозиції. При заповненні склянок необхідно виключити надходження прямих сонячних променів.

5. Проби, які залишилися для визначення початкового вмісту розчиненого кисню, відразу фіксують, вливаючи у склянки 1 мл $MnCl_2$ і 1 мл лужного розчину KI. Піпетки при цьому необхідно тримати біля самої поверхні води, мл проби, яка при цьому втрачається буде врахована в наступному розрахунку. Після фіксації склянку закрити, енергійно перемішати до тих пір, поки осад не стане рівномірно розмішеним по всій склянці. Після цього проби помістити в темне місце для відстоювання (від 3 год до 1 доби).

6. Після відстоювання до проби влити 1-3 мл конц. H_2SO_4 (кінчик піпетки над поверхнею розчину). Пробу закрити і перемішати до повного зникнення осаду. Отриманий розчин перенести по 50 або 100 мл. в конічну колбу і титрувати розчином $0.01 \text{ м} \cdot NaS_2O_3 \cdot \% H_2O$ (тіосульфату) до солом'яно-жовтого кольору. Потім

добавити 1–2 мл крохмалю (з'явиться синій колір) і титрувати тіосульфатом до повного знебарвлення. З однієї склянки необхідно відтитрувати 2–3 повторності.

Практичні завдання

1. Визначити вміст розчиненого кисню O_2 в мг/л за формулою:

$$O_2 = \frac{n \cdot N \cdot K \cdot 8 \cdot 1000}{V - 2}, \quad (7.4)$$

де: n – кількість натрію тіосульфату, витраченого на титрування проби, мл; N – нормальність тіосульфату; K – поправка на нормальність тіосульфату; 8 – еквівалент кисню; 1000 – перерахунок на 1 л проби; V – об'єм титрованої проби, мл; 2 – кількість втраченої проби, якщо титрують весь об'єм склянки; якщо титрують пробу по частинах, втрачений об'єм (2 мл) не враховується.

2. Перед визначенням вмісту розчиненого кисню визначити поправочний коефіцієнт нормальності натрій тіосульфату.

Для цього в конічну колбу об'ємом 100–150 мл влити 10 мл 10 % KI, 35–50 мл дистильованої води, 15 мл 0.02 н. $K_2Cr_2O_7$ і 10 мл HCl (2:1). Розчин перемішати і дати відстоятися 2–3 хв.

Після цього розчин титрувати до солом'яно-жовтого кольору. Добавити 1 мл розчину крохмалю і титрувати до повного знебарвлення.

Поправочний коефіцієнт розраховують за формулою:

$$K = V_1 \cdot K_2Cr_2O_7 / V_1 \cdot V_2 Na_2S_2O_3, \quad (7.5)$$

де: V_1 і V_2 – об'єм натрію тіосульфату і калій дихромату.

3. Провести розрахунок первинної продукції досліджуваного водного об'єкту за формулами (7.1–7.3):

а) валова продукція: $A = C - T / t$, мг O_2 /л / год;

б) чиста продукція: $P_{\text{чист.}} = C - K / t$, мг O_2 /л / год;

в) деструкція: $R = K - T / t$ мг O_2 /л / год,

де: K – початковий вміст O_2 перед експозицією (мг/л); C – вміст O_2 в світлих склянках після експозиції (мг/л); T – вміст O_2 в темних склянках після експозиції (мг/л); t – час експозиції (год).

4. Отримані результати занести в таблицю 7.1.

5. Оформити роботу.

Таблиця 7.1

Результати дослідження

№ п/п	Показники	Дата проведення дослідження			
1	Місце відбору проби води				
2	Прозорість по диску Секкі, м				
3	Горизонт відбору проби, м				
4	№ склянки: 1, 2, 3, 4				
5	Тривалість експозиції, год.				
6	Кількість $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, яка пішла на титрування проби, мл				
7	Довжина світлового дня, год.				
8	K, mgO_2 /л				
9	C, mgO_2 /л				
10	T, mgO_2 / л				
11	A, mgO_2 /л/год.				
12	$R_{\text{чист.}}$, mgO_2 /л/год				
13	R, mgO_2 /л/год.				

Контрольні запитання

1. Дати визначення та зазначити чинники біологічної продуктивності водойм.
2. Що таке первинна, валова та чиста продукція водойм.
3. Назвати методи визначення первинної продукції водойм.
4. В чому полягає суть методу кисневих склянок у визначенні первинної продукції?
5. Яка методика відбору проб для визначення первинної продукції і деструкції водойм?
6. Як розрахувати валову продукцію?

7. Як розрахувати чисту продукцію?
8. Як розрахувати деструкцію?
9. Чи висока самоочищувальна здатність водного об'єкту, якщо чиста продукція більша ніж деструкція і навпаки?

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 2

1. Курілов О. В. Гідробиологія : конспект лекцій. Частина II. [Електронний ресурс] / О. В. Курілов. – О. : Одес. держ. еколог. ун-т, 2009. – 202 с. – Режим доступу : www.twirpx.com/file/370886/
2. Нетробчук І. М. Практикум із курсу “Методи гідроекологічних досліджень” / І. М. Нетробчук. – Луцьк : РВВ “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. – 76 с.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л. : Гидрометиздат, 1983. – 240 с.
4. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підруч. / В. Д. Романенко; наук. ред. Л. П. Брагінський. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
5. Трушева С. С. Гідробиологія : Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни [Електронний ресурс] / С. С. Трушева; відпов. за вип. М. О. Клименко. – Рівне : РВЦ Нац. ун-ту водного господарства та природокористування, 2005. – 70 с. – Режим доступу : www.twirpx.com/file/393951/

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ ДО РОЗДІЛУ 3

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

Тема: *Визначення зон сапробності та індикаторні організми сапробності*

Мета: ознайомитися з індикаторними організмами різних зон сапробності забруднення водойм.

Матеріали та обладнання: відібраний біологічний матеріал; склянки для доставки розглядання матеріалу (250–300 мл);

мікроскоп, предметні й покривні скельця, чашки Петрі, 40 %-й формалін.

Теоретичні відомості

При надходженні в проточні водойми стічних вод у них послідовно виникають такі зони забруднення: полісапробна, альфа-мезосапробна, бета-мезосапробна й олігосапробна.

Полісапробна зона (P) характеризується великим умістом нестійких органічних речовин і наявністю продуктів їх анаеробного розкладу (метан, гідроген-сульфід). Оксиген відсутній, є багато органічного детриту, проходять відновні процеси, ферум міститься у формі Fe^{2+} , мул має чорне забарвлення із запахом гідроген-сульфіду. У цій зоні в значній кількості розвиваються рослинні організми з гетеротрофним типом живлення: сапрофітні бактерії, нитчасті бактерії (*Sphaerotulus*), сульфатні бактерії (*Beggiatoa*, *Thiothrix*), бактеріальні зооглеї (*Zooglea ramigera*), із найпростіших – інфузорії, безколірні джгутикові (рис. 8.1).

Альфа-мезосапробна зона (am). У цій зоні починається аеробний розклад органічних речовин з утворенням амоніаку, міститься багато вільної карбонатної кислоти, розчинений кисень присутній у малих концентраціях. У воді й донних відкладах протікають окиснювально-відновні процеси, ферум у закисній та окисній формах, мул сіруватого кольору. В am-зоні розвиваються організми, які мають велику стійкість до нестачі оксисену та великого вмісту карбонатної кислоти. Переважають рослинні організми з гетеротрофним і міксотрофним живленням, окремі організми мають масовий розвиток. Інтенсивно розвиваються бактеріальні зооглеї, нитчасті бактерії, гриби, із водоростей – осциляторії, стигеоклоніум. Тваринні організми обростання представлені сидячими інфузоріями (*Carchsium*), трапляється коловертки (*Brachionus*), багато забарвлених і безколірних джгутикових. У мулі є значна кількість тубіфіцид і личинок хірономід (рис. 8.2).

Бета-мезосапробна зона (βm) відзначається у водоймах, майже звільнених від нестійких органічних речовин, розпад яких дійшов до утворення окиснених продуктів (повна мінералізація). Концентрація оксисену й карбонатної кислоти сильно коливається протягом доби, у денний час концентрація оксисену у воді доходить до перенасичення

та карбонатна кислота може повністю зникати. У нічні години спостерігається дефіцит оксигену у воді. У мулах багато органічного детриту, інтенсивно протікають окиснювальні процеси, мул жовтого кольору. У цій зоні велике різноманіття тваринних і рослинних організмів (рис. 8.3). У масі розвиваються рослинні організми з автотрофним живленням, спостерігається “цвітіння” води багатьма представниками фітопланктону. В обростаннях – звичайні зелені нитчасті та епіфітні діатомеї; у мулах – черв’яки, личинки хірономід, молюски [10, 23, 24].

Олігосапробна зона (О) характеризує практично чисті водойми з незначним умістом нестійких органічних речовин і невеликою кількістю продуктів їх мінералізації. Концентрація оксигену й карбонатної кислоти не зазнає помітних коливань у денні та нічні години доби. Цвітіння водоростей, як правило, не спостерігається. У донних відкладах мало органічного детриту, автотрофних мікроорганізмів і бентосних тварин (черв’яків, личинок хірономід і молюсків). Показниками великої чистоти води в цій зоні є деякі червоні водорості (*Thodea*, *Volvox*) та водні мохи (рис. 8.4).

Потрібно пам’ятати, що окремі індикаторні організми, які взяті ізольовано, не можуть достатньо точно охарактеризувати ступінь забруднення води. Наприклад, при розкладі білків у господарсько-побутових стічних водах накопичується сульфур, унаслідок чого в них можуть у великій кількості траплятися сульфатні бактерії (р.р. *Beggiatca* і *Thiothrix*). Разом із тим вони абсолютно не містять органічних забруднень. Сульфатні бактерії є індикаторами сульфуру у воді, незалежно від того, якого походження цей сульфур. Наведений приклад наочно ілюструє, що судити про ступінь забруднення води з достатньою достовірністю можна лише за наявності в ній ценозів, які характерні для тієї чи іншої зони сапробності, а не окремих, навіть індикаторних, організмів.

Практичні завдання

1. Розглянути відібраний біологічний матеріал під мікроскопом та замалювати.
2. За допомогою рис. 8.1–8.4 визначити види найпростіших; коловерток, ракоподібних, личинок комах та інші групи гідробіонтів із водойм, які мають різний ступінь забруднення.

3. Дати еколого-систематичну характеристику масових форм, які відповідають зонам сапробності.

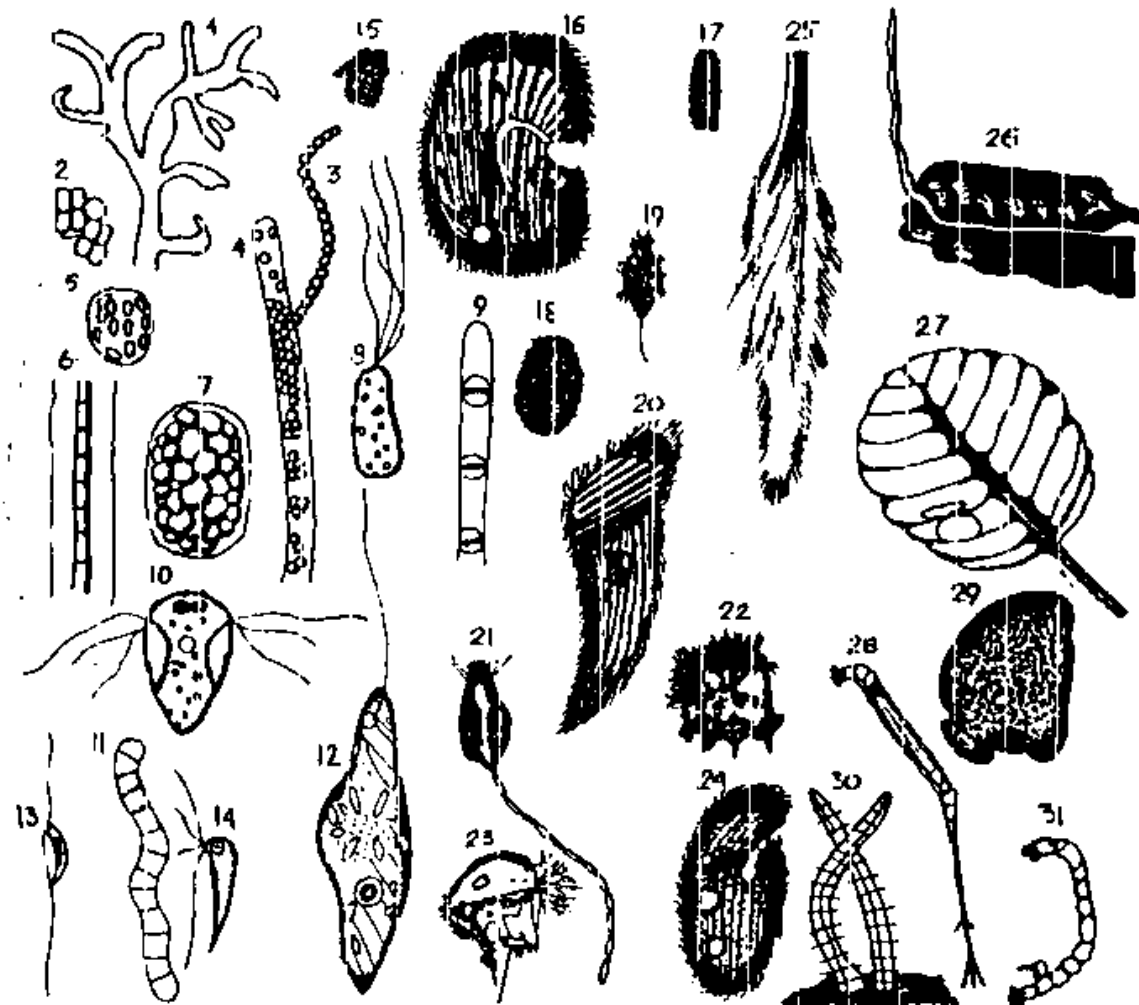


Рис. 8.1. Організми полісапробної зони:

- 1 – *Zooglea ramigera*; 2 – *Sargina paludosa*; 3 – *Streptococcus margaritaceus*; 4 – *Beggiatoa alba*; 5 – *Chlorobacterium aggregatum*; 6 – *Sphaerotilus natans*; 7 – *Achromatium oxaliferum*; 8 – *Chromatium okenii*; 9 – *Oscillatoria putripa*; 10 – *Trigonomonas compressa*; 11 – *Spirulina jenneri*; 12 – *Euglena viridis*; 13 – *Boto putrinus*; 14 – *Tetramitus pyriformis*; 15 – *Hexotricha caudate*; 16 – *Paramaecium putrinum*; 17 – *Enchelus vermicularis*; 18 – *Glaucoma scintillans*; 19 – *Trimyema compressa*; 20 – *Metorus es*; 21 – *Vorticella microstoma*; 22 – *Saprodinium dentatum*; 23 – *Caenomorpha medosola*; 24 – *Colpidium colpoda*; 25 – *Sphaerotilus natans*; 26 – *Larve Eristalis tenax*; 27 – *Lamprocystis roseopersicina*; 28 – *Rotaria neptunia*; 29 – *Pelomyxa palustris*; 30 – *Tubifex rivulorum*; 31 – *Chironomus thummi*

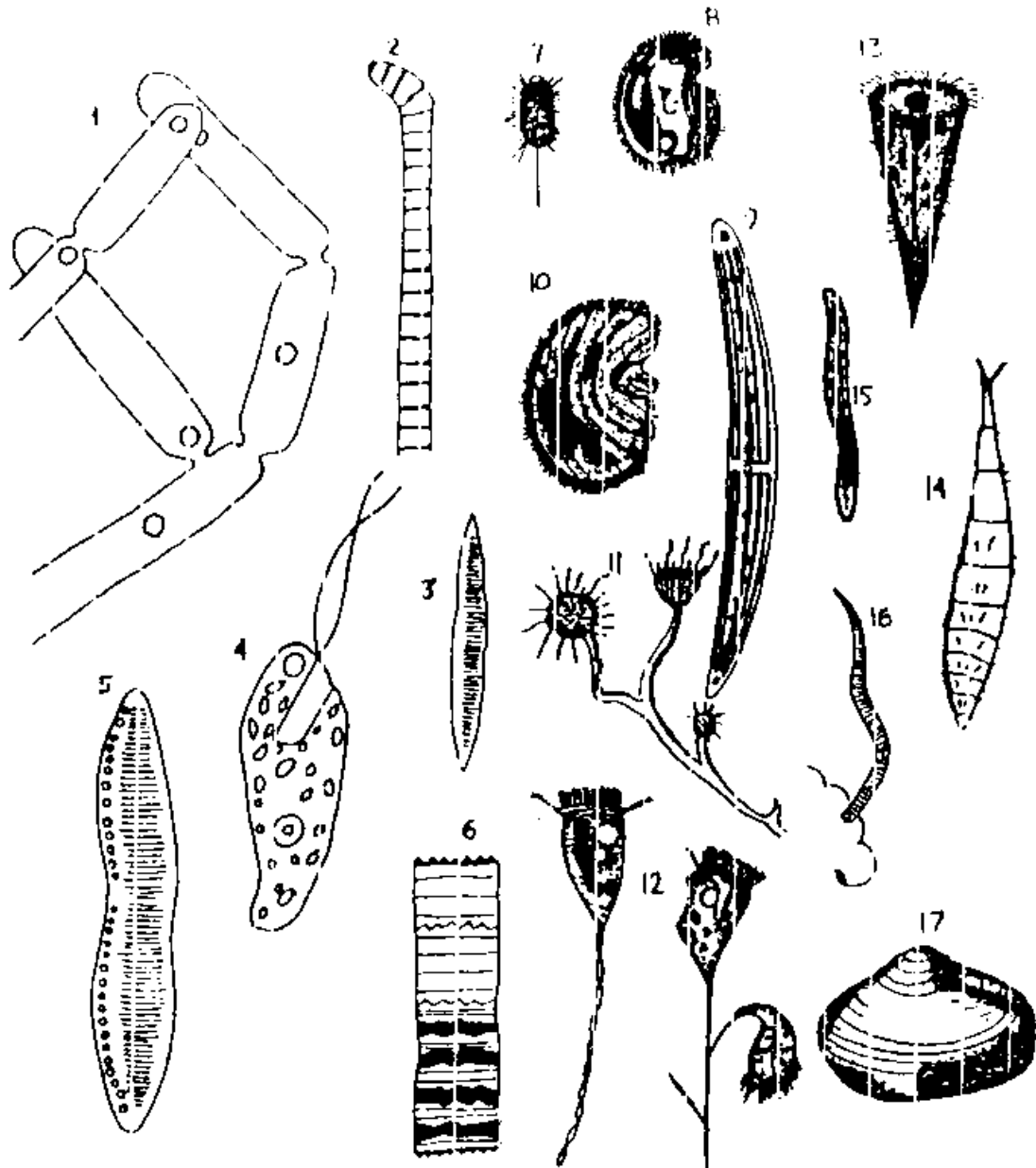


Рис. 8.2. Організми α – мезосапробної зони:

- 1 – *Leptomitius lacteus*; 2 – *Oscillatoria Formosa*; 3 – *Nitzschia palea*;
 4 – *Chilomonas paramaecium*; 5 – *Nantzshia amphioxys*;
 6 – *Stephanodiscus hantzschii*; 7 – *Uronema marinum*; 8 – *Chilodonella uncinata*; 9 – *Closterium Acerosum*; 10 – *Colpoda cucullus*;
 11 – *Anthophysa vegetans*; 12 – *vorticella convallaria*; 13 – *Stentor coeruleus*;
 14 – *Larve stratiomys*; 15 – *Spirostomum ambiquum*;
 16 – *Herpobdella atomaria*; 17 – *Sphaerium corneum*

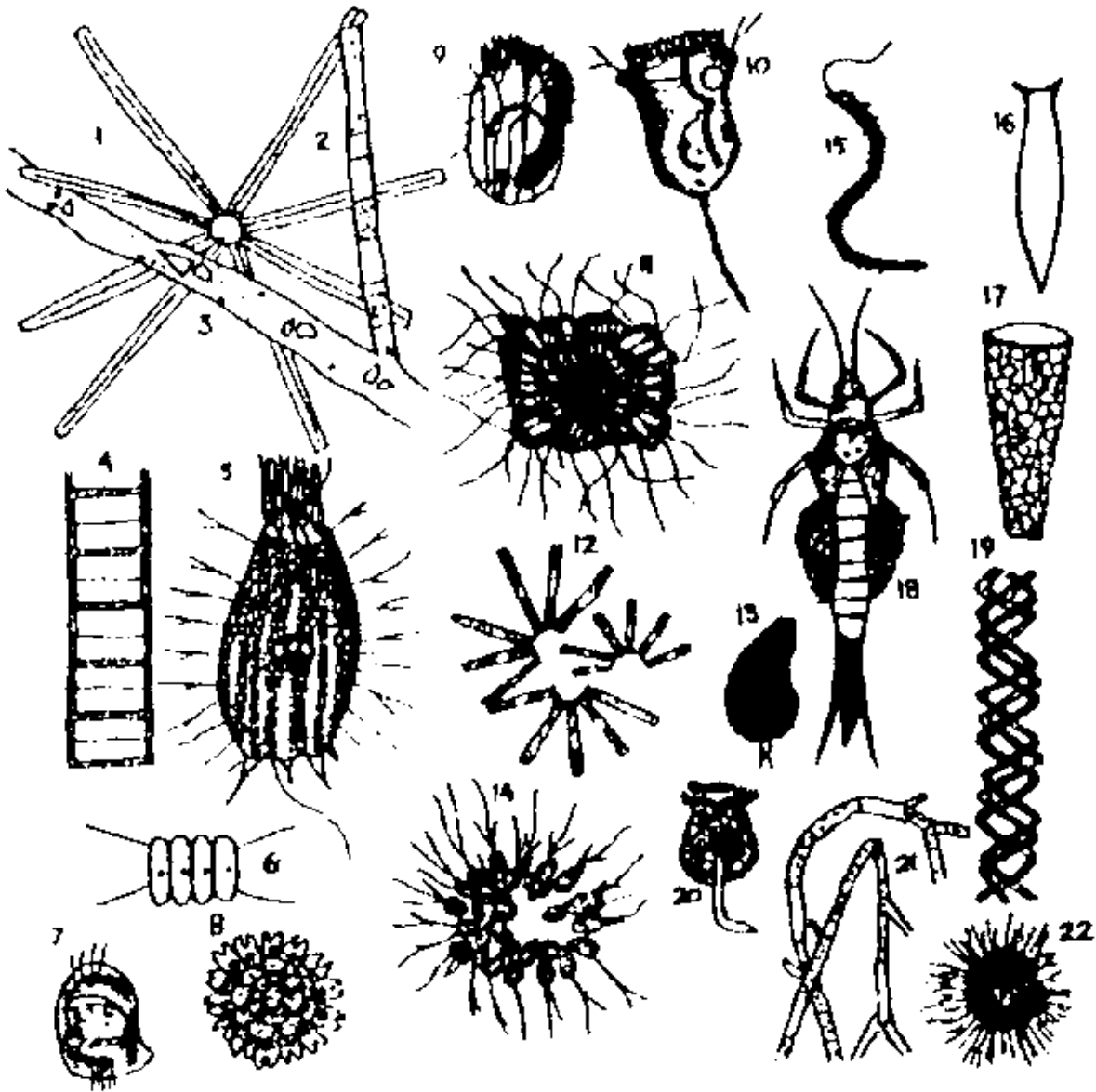


Рис. 8.3. Організми β -мезосапробної зони:

- 1 – *Asterionella formosa*; 2 – *Oscillatoria rubescens*; 3 – *Oscillatoria repekii*; 4 – *Melosira varians*; 5 – *Coleps hirtus*; 6 – *Scenedesmus quadricauda*; 7 – *Aspidisca lyncens*; 8 – *Pediastrum Boryanum*; 9 – *Euplotes charon*; 10 – *Vorticella campanula*; 11 – *Synura uvella*; 12 – *Tabellaria fenestrata*; 13 – *Paramecium bursaria*; 14 – *Uroglena volvox*; 15 – *Stylaria lacostris*; 16 – *Polycelis cornuta*; 17 – *Hypopsyche lepida*; 18 – *Larve Cloen dipterum*; 19 – *Spirogyra crassa*; 20 – *Brachionus urceus*; 21 – *Cladophora crispate*; 22 – *Actinosphaerium eichorni*.

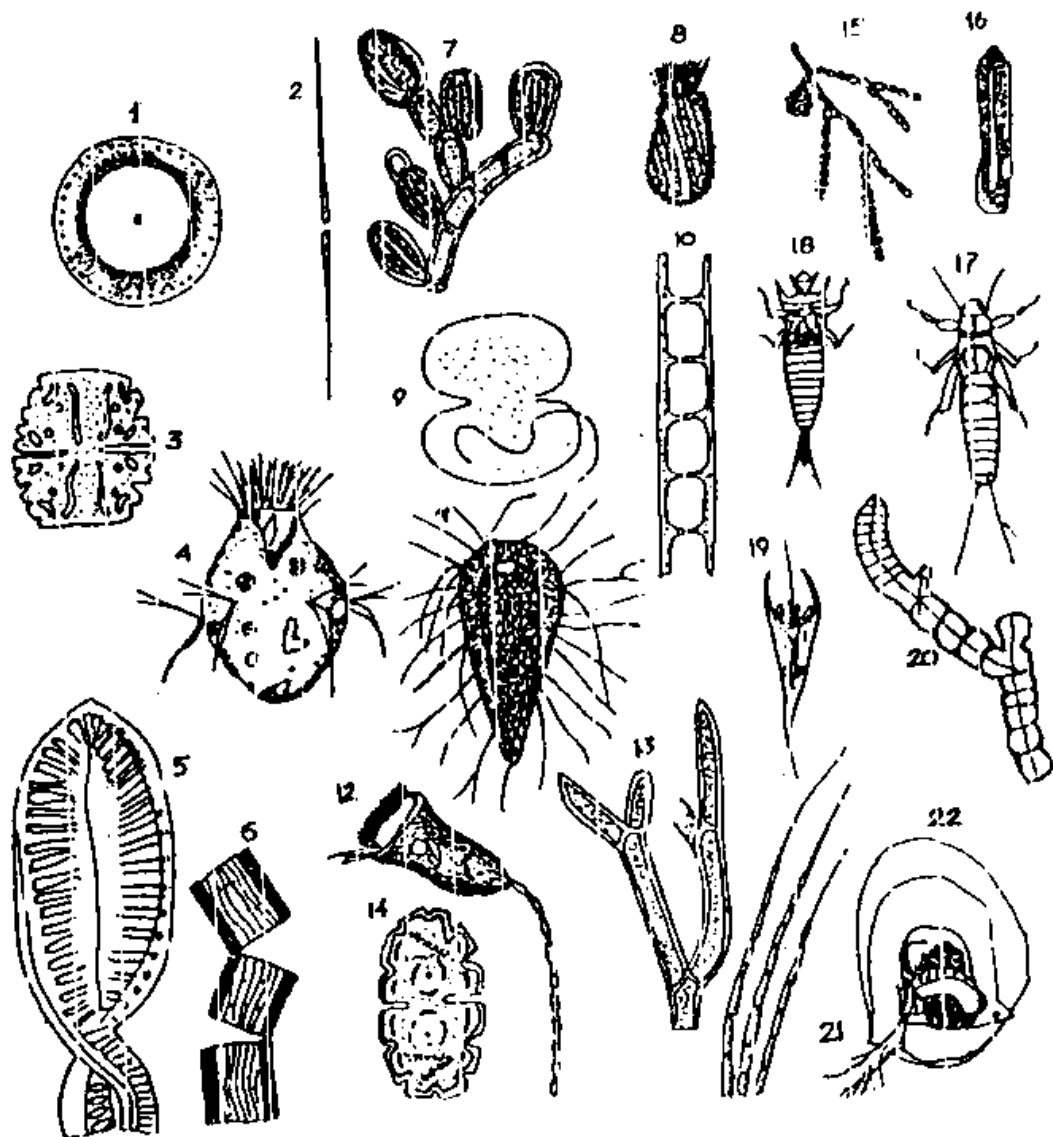


Рис. 8.4. Організми олігосапробної зони:

- 1 – *Cyclotella botanica*; 2 – *Synedra acus* var. *angustissima*;
 3 – *Mikrasterias iruncata*; 4 – *Haltera cirrifera*; 5 – *Surirela spiralis*;
 6 – *Tabellaria flocculosa*; 7 – *Bulbochaete mirabilis*;
 8 – *Strombidinopsis qurans*; 9 – *Staurastrum punctuatum*;
 10 – *Ulothrix zonata*; 11 – *Mallomonas cfudata*; 12 – *Vorticella nebulifera* var. *similis*; 13 – *Cladophora glomerata*; 14 – *Euastrum oblongum*; 15 – *Fontinalis antipyretica*; 16 – *Planaria gonocephala*;
 17 – Larve perla *bipunctata*; 18 – Larve *Oligoneuria rhenana*;
 19 – *Notholca longispina*; 20 – *Batrachospermum vagum*;
 21 – *Lemanea annulata*; 22 – *Holopedium gibberum*.

Контрольні запитання

1. Що таке сапробність і сапробні організми?
2. Хто розробив систему сапробності?
3. Чим відрізняються підходи вчених в удосконаленні системи сапробності Кольквітца й Марсона?
4. Назвіть організми індикатори Полісапробної зони.
5. Назвіть організми індикатори Мезосапробної зони.
6. Назвіть організми індикатори Олігосапробної зони.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

Тема: Вивчення методів розрахунку індексу сапробності

Мета: ознайомитися із методами розрахунку індексу сапробності за фітопланктоном, індексом Вудівісса, індексом Гуднайта-Уітлея.

Теоретичні відомості

Індекс сапробності за фітопланктоном. У гідробіологічних дослідженнях використовується метод індикаторних організмів Пантле й Букка в модифікації Сладечека.

Метод уключає визначення відносної частоти трапляння гідробіонтів (h) та їх індикаторної значимості (S). Визначення (h) проводять за оковимірювальною шкалою: 9,0 – у полі зору багато організмів; 7,0 – часто трапляються в кожному полі зору; 5,0 – нерідко, 3,0 – дуже рідко; 1,0 – поодинокі. Індикаторну значимість (S) і зону сапробності визначають за списками сапробних організмів (Уніфіковані методи дослідження якості води. – М., 1975).

Індекс сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка розраховують за формулою:

$$f = \frac{\sum (Sh)}{\sum h} \quad (9.1)$$

Для статичної достовірності потрібно, щоб у пробі було не менше 12 індикаторних видів із загальною сумою трапляння $h=30$.

У тому випадку, коли в пробах, відібраних на одному місці, не вивчаються декілька різних груп біоценозу, то розрахунок ведуть за формулою:

$$f_m = \frac{S_1 \sum h_1 + S_2 \sum h_2 + S_3 \sum h_3 + \dots S_1 \sum h_1}{\sum h_1 + \sum h_2 + \sum h_3 + \dots \sum h_1}, \quad (9.2)$$

де: f_m – середній індекс; S_1, S_2, S_3 – індекс сапробності окремих співтовариств (макрофлора, макрофауна обростання) або декілька проб одного співтовариства; h_1, h_2, h_3 – суми значень частоти зустрічання окремих співтовариств або декількох проб одного співтовариства [11, 26].

Величину індикаторної значимості (S) визначають за даними (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

Дані величини індикаторної значимості

Індикаторні організми	S	Умовні позначення сапробної зони
Організми ксеносапробної зони	0	X
Організми олігосапробної зони		0
Організми бета-мезосапробної зони	2	β
Організми альфа-мезосапробної зони	3	α
Організми полісапробної зони	4	P

Визначення індексу Вудівісса для біотестування мілководних та не широких річок із добре розвинутою водною рослинністю.

Система сапробності дає змогу прослідкувати черговість зникнення й повторної появи організмів, водоростей, найпростіших мікробезхребетних і риб (залежно від впливу забруднювальних речовин).

За базу досліджень Вудівіссом прийнято частоту виявлення в пробах води мікробезхребетних організмів бентосу: веснянки, одноденки, ручейники, тубіфіциди.

Значення біотичного індексу Вудівісса змінюється від 1, 2, 3, 4 (забруднені води) до 10,0 (чисті води).

В екологічній класифікації якості річкових вод це значення становить: забруднені води – $< 4,5$; чисті – $> 4,5$ до 10,0.

Значення індексів таксономічних груп наведено в табл. 9.2.

Індекс Вудівісса розраховуємо за формулою:

$$I_{\text{Вудівісса}} = \sum x_i / n, \quad (9.3)$$

де x_i – значення індексів індикаторних організмів; n – кількість виявлених індикаторних організмів.

Визначення індексу Гуднайта-Уітлея (за крупними таксонами). Гуднайт та Уітлей провели індикацію стану водного об'єкта з виявлення організмів бентосу, що визначають ступінь забруднення – олігохет (за частотою виявлення) у відсотках до всіх виявлених видів донних організмів. Шкала вимірювань – від 0–100 % [2, 20, 23].

Забрудненим водам відповідають значення від 66 до 100 %, чистим – до 60 % (табл. 9.3).

Таблиця 9.2

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея індексам та зонам сапробності

Зона сапробності	Індекс сапробності Пантле й Букка	Індекс Гуднайта-Уітлея (% , олігохет)
Олігосапробна	0,5–1,5	до 30,0
β-мезосапробна	1,5–2,5	30,0–60,0
β, α- мезосапробна	2,5–3,5	70,0–80,0
Полісапробна	3,5–4,0	80,0

Таблиця 9.3

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея екологічним індексам якості води

Екологічний клас	Індекс сапробності Пантле й Букка	I_e	Індекс Гуднайта-Уітлея (% , олігохет)
I	0,7	1,0	15,0
II	1,4	3,0	30,0
III	2,2	8,0	45,0
IV	3,3	21,0	66,0
V	> 3,3	> 21,0	> 66,0

Практичні завдання

1. Розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка за даними таблиці 9.4, використовуючи формулу (9.1), і вказати, до якого класу та зони сапробності належить цей індекс.

Таблиця 9.4

№ з/п	Індикаторні організми	S	h	S·h
1	<i>Euglena viridis</i>	4	1	
2	<i>Vorticella convalaria</i>	3	3	
3	<i>Zooglea ramigera</i>	4	5	
4	<i>Oscillatoria purriola</i>	4	1	
5	<i>Glosterium acerosum</i>	3	3	
6	<i>Stentor couruleus</i>	3	7	
7	<i>Jarve saratiomys</i>	3	1	
8	<i>Paramecium bigsagia</i>	2	3	
9	<i>Spirogira crassa</i>	2	5	
10	<i>Cladophora crispate</i>	2	7	
11	<i>Cyclotella bocanica</i>	1	1	
12	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	3	
13	<i>Planaria gonosephala</i>	1	5	
14	<i>Jehahea annulata</i>	1	7	
			$\Sigma h =$	$\Sigma S \cdot h =$

Висновок: $f =$; зона сапробності.

Ксеносапробна зона визначається індексом сапробності – I клас – 0–0,50; олігосапробна – II клас – 0,57–1,50; бета-мезосапробна – III клас – 1,51–2,50; альфа-мезосапробна – IV клас – 2,50–3,50; полісапробна – V клас – 3,51–4,00.

2. Визначити індекс Вудівісса для мілководної річки Сапалаївки (м. Луцьк).

Контрольні запитання

1. Як Ви розумієте трофічні зв'язки у водному середовищі?
2. Як розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном?
3. Як розрахувати індекс Вудівісса?
4. Як розрахувати індекс Гуднайта-Уітлея?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

Тема: Розчинений Оксиген як показник екологічного стану водойм

Мета: ознайомитися з методикою визначення умісту розчиненого Оксигену в різних пробах води; навчитися установлювати значення розчиненого Оксигену в самоочисній здатності водойм.

Теоретичні відомості

Розчинений Оксиген у воді є одним із важливих гідрохімічних показників екологічного стану водойми, що зумовлює процеси сомоочищення. Рівноважна концентрація Оксигену залежить від атмосферного тиску, температури й концентрації розчинених у воді солей. Уміст Оксигену здебільшого змінюється у межах від 6–10 мг/л. Однак у сильно забруднених водоймах концентрація його може значно зменшуватися майже до нуля. Під час інтенсивного “цвітіння” у поверхневих шарах води вона може сягнути 15–16 мг/л. Зниження концентрації Оксигену супроводжується активізацією процесів денітрифікації і гідроген-сульфідного бродіння, збільшенням розчинності органічних речовин донних відкладів, підвищенням умісту рухомості феруму, мангану, силіцію та інших елементів. Усе це різко погіршує органолептичні показники якості води та екологічний стан водойм .

При забрудненні водойм пестицидами та промисловими стічними водами, які містять сполуки, що легко окиснюються, простежується різке зниження умісту розчиненого Оксигену. Це, в свою чергу, утруднює визначення фактичного умісту його концентрації. У річках, води яких використовуються для господарсько-питного водопостачання, уміст розчиненого Оксигену не повинен бути нижчий, ніж 4 мг O_2 /дм³. При концентрації Оксигену нижче за 1–1,5 мг O_2 /дм³ гине риба [25, 27].

Стічні промислові стоки знищують планктонні водорості, що призводить до поширення різного роду бактерій, виникнення епідемій кишкових інфекцій тощо. Крім того, пестициди отруюють фотосинтезуючі організми, чим значно скорочується природне джерело насичення водойми киснем. Тому для визначення концентрації розчиненого Оксигену у воді обов'язково потрібно проводити також гідробіологічний аналіз.

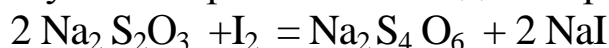
Концентрацію розчиненого Оксигену у воді визначають титриметрично йодометричним методом Вінклера або полярографічним методом. Визначення проводять відразу після відбору проби води. Аналіз складається з двох етапів: фіксації розчиненого Оксигену, яку необхідно провести на місці відбору проби води, і титрування, яке можна виконати через деякий час у стаціонарних умовах. Суть методу полягає в тому, що при введенні в досліджувану воду лужного розчину солі Мангану утворюється білий осад $Mn(OH)_2$, який поглинає розчинений Оксиген, переходячи в манганітну кислоту (бурий осад).



H_2MnO_3 при підкисленні розчину в присутності надлишку калій іодиду утворюється іод, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого Оксигену у воді:



Розчин іоду, який виділився, титрують розчином натрій тіосульфату в присутності крохмалю як індикатора:



За кількістю витраченого на титрування натрій тіосульфату можна розрахувати вміст розчиненого Оксигену у воді. Мінімальна кількість Оксигену, яку можна визначити цим методом, дорівнює 0,05 мг/л [1, 20].

Хід виконання роботи

1. Ознайомитись з правилами техніки безпеки, яких необхідно дотримуватися при виконанні роботи.

2. Відібрати пробу. Для відбору проб використовують відкалібровані кисневі склянки або бюкси. Для цього попередньо зважують суху порожню склянку з точністю до 0,01 г, потім заповнюють її по вінця дистильованою водою, закривають корком так, щоб не залишилось у воді бульбашок повітря і витирають досуха.

Склянку повторно зважують. Різниця між вагою заповненого і порожнього посуду буде становити об'єм склянки V в мл, а значить і об'єм води, взятої для дослідження:

$$V = (m_1 - m_2) / \rho, \quad (10.1)$$

де m_1 і m_2 – відповідно маса склянки з водою та без неї, г; ρ – густина води при температурі зважування, г/см³ (в інтервалі температур 15–20° С можна прийняти $\rho=1$).

На місці відбору проба відбирається в кисневу склянку і там же безпосередньо консервується додаванням 2 мл $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ і 2 мл KI , якщо визначення не буде проводитись в день відбору проби. Подальше визначення розчиненого Оксигену проводиться в лабораторії.

3. Провести визначення розчиненого Оксигену.

В кисневу склянку або бюкс, що заповнені доверху досліджуваною водою, ввести окремими піпетками 1 мл 1 моль/л розчину манган сульфату та 1 мл лужного розчину калій іодиду (15 г KI розчинити у 20 мл дистильованої води і 50 г $NaOH$ розчинити у 50 мл дистильованої води, отримані розчини змішати і розбавити до 100 мл, якщо розчин каламутний, його відфільтрувати через скляну вату). Для цього наповнену піпетку занурити до половини кисневої склянки і в міру витікання розчину піпетку піднімати. Потім склянку швидко закрити так, щоб під пробкою не утворились бульбашки повітря, і вміст ретельно перемішати, перевертаючи склянку. При цьому утворюється осад манган (II) гідроксиду, який частково окислюється розчиненим у воді киснем. Дати можливість осаду осісти на дно склянки і залишити його відстоюватись не менше ніж 10 хв., потім додати із піпетки 5 мл розбавленої (1:4) сульфатної кислоти. Кисневу склянку знову закрити корком і вміст її перемішати, перевертаючи склянку кілька разів догори дном. При цьому іодид окиснюється до іоду, а осад манган гідроксиду розчиняється. Через 5 хвилин відібрати піпеткою 50 мл розчину, перенести у конічну колбу на 250 мл і титрувати розчином натрій тіосульфату, доки розчин не стане світло-жовтим. Після цього додати 1 мл 0,5 % розчину крохмалю і продовжувати титрувати до знебарвлення синього кольору.

Практичні завдання

1. Розрахувати уміст розчиненого Оксигену $C(O_2)$ у пробі води в мг/л, користуючись формулою 10.2:

$$C(O_2) = \frac{a \cdot K \cdot 8 \cdot 1000}{V_1 - V_2}, \quad (10.2)$$

де: а – об'єм розчину натрій тіосульфату, витраченого на титрування проби, мл; К – коефіцієнт реальної молярності натрій тіосульфату для досягнення точно 0,01 М; 8 – молярна маса еквівалентного Оксигену; 1000 – коефіцієнт перерахунку при використанні 0,01 М натрій тіосульфату; V_1 – об'єм кисневої склянки, в яку відбиралась вода, мл; V_2 – загальний об'єм реактивів, доданих в кисневу склянку при фіксації розчиненого Оксигену, мл.

Ступінь насичення води розчиненим оксигеном (O_2) в % визначають за формулою:

$$O_2 = \frac{C_1 \cdot 100}{C_2}, \quad (10.3)$$

де: C_1 – знайдена концентрація Оксигену в мг/л; C_2 – рівноважна концентрація Оксигену в мг/л при температурі води, взятої для аналізу, та атмосферного тиску 760 мм.рт.ст.

При нормальному атмосферному тиску ($P = 760$ мм.рт.ст.) користуються табл. 10.1. Якщо атмосферний тиск відхиляється від значень нормального тиску, то в такому випадку дані, отримані з табл. 10.1, перераховують за формулою:

$$O_p = \frac{O \cdot P}{760}, \quad (10.4)$$

де: O_p – розчинність Оксигену при нормальному атмосферному тиску, мг/л; O – розчинність Оксигену при тиску P , мг/л; P – атмосферний тиск, мм.рт.ст.

Таблиця 10.1

Рівноважна концентрація Оксигену для обчислення насичення Оксигеном

t° С	Розчинений Оксиген, мг/л									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,62	12,59	12,56	12,53	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,06	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87

Закінчення таблиці 10.1

8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,0	10,98	10,85	10,93	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,60
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,10	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

2. Результати дослідження занести до табл. 10.2.

Таблиця 10.2

Результати дослідження

Досліджувані зразки води	Вага порожньої кисневої склянки, г	Вага кисневої склянки з водою, г	Об'єм кисневої склянки, г	Об'єм розчину натрій тіосульфату, взятий на титрування, мл	Уміст розчиненого Оксигену, мг/л

3. Порівняти отримані результати з нормативами.
4. Оформити роботу.

Контрольні запитання

1. Яка методика відбору проб води для визначення концентрації розчиненого Оксигену?
2. В чому полягає суть методу визначення концентрації розчиненого Оксигену у водоймі?
3. Чому концентрація розчиненого Оксигену у воді є якісним показником самоочисної здатності водойм?
4. Від чого залежить насиченість водойм киснем?
5. Як впливає температура, уміст органічних сполук, метеочинники на насиченість водойм розчиненим Оксигеном?
6. Які Ви можете запропонувати заходи щодо збільшення концентрації розчиненого Оксигену у воді?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

Тема: Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями

Мета: оволодіти методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями

Теоретичні відомості

Екологічна оцінка якості вод – це віднесення води до певного класу, категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників її складу і властивостей. Екологічна оцінка якості вод дає інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів, а також придатність її для конкретних цілей використання людиною.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є основою для з'ясування тенденцій її змін в часі і просторі, визначення впливу антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів, оцінки змін стану водних ресурсів, вирішення економічних і соціальних питань, пов'язаних із забезпеченням охорони довкілля, інформування громадськості. Вона є основою для оцінки впливу

людської діяльності на навколишнє середовище (ОВНС), визначення певних водоохоронних регламентів і застережень (стосовно кожного водного об'єкта окремо), планування і здійснення водоохоронних заходів та оцінки їх ефективності.

Критеріальною базою екологічної оцінки є *екологічна класифікація* якості поверхневих вод, яка має здійснюватися за екосистемним принципом. Необхідна повнота і об'єктивність характеристики якості поверхневих вод досягається достатньо широким набором гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та інших показників, які відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем.

Екологічну класифікацію здійснюють за певними якісними ознаками об'єктів чи за їх числовими значеннями – *критеріями*. *Критерії якості води* – це показники її складу та властивостей у кількісному виразі у вигляді значення, якому відповідають певні *клас* та *категорія* – рівні якості води, установлені за інтервалами числових значень показників її складу і властивостей.

Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає *загальні* та *специфічні* показники. *Загальні показники* – це показники *сольового складу* і *трофо-сапробності* вод, що характеризують звичайні властиві водних екосистем, концентрації яких можуть змінюватися під впливом господарської діяльності. *Специфічні показники* характеризують вміст у воді забруднюючих речовин *токсичної* і *радіаційної дії* [3, 6, 17–19].

Система екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України включає три блоки показників:

- блок показників *сольового складу*;
- блок *трофо-сапробіологічних* (еколого-санітарних) показників;
- блок специфічних показників *токсичної* і *радіаційної дії*.

Оцінка сольового складу поверхневих вод передбачає наступне:

- визначення *мінералізації*, або *галинності* (від гр. *hals* – *сіль*) вод;
- визначення класу, групи і типу вод за *іонним складом* (співвідношенням основних іонів);
- *оцінку якості* прісних (гіпо- і олігогалинних) та солонуватих (β-мезогалинних) вод за вмістом компонентів сольового складу, що відображає ступінь їх антропогенного забруднення хлоридами, сульфатами та іншими іонами.

Класифікація якості поверхневих вод за критерієм мінералізації (табл. 11.1) має три класи і підпорядковані їм сім категорій якості води:

– клас *прісних* вод (I) з двома категоріями – гіпогалинних (1) і олігогалинних (2) вод;

– клас *солонуватих* вод (II) з трьома категоріями – β-мезогалинних (3), α-мезогалинних (4) і полігалинних (5) вод;

– клас *солоних* вод (III) з двома категоріями – еугалинних (6) і ультрагалинних (7) вод.

Таблиця 11.1

Класифікація якості поверхневих вод за критерієм мінералізації

Клас якості	Прісні води (I)		Солонуваті води (II)			Солоні води	
	Гіпогалинні (1)	Олігогалинні (2)	β-мезогалинні (3)	α-мезогалинні (4)	Полігалинні (5)	Еугалинні (6)	Ультрагалинні (7)
Мінералізація, г/л (‰)	<0,50	0,51-1,00	1,01-5,00	5,01-18,0	18,01-30,0	30,01-40,0	>40,00

Класифікація якості поверхневих вод за критеріями іонного складу поділяє їх на три класи за аніонним складом – *гідрокарбонатні, сульфатні та хлоридні*, кожен з яких, в свою чергу, диференціюється на три групи за катіонним складом – *кальцієві, магнієві та натрієві*, тобто існує дев'ять категорій вод за іонним складом (табл. 11.2). Крім того, певні категорії вод за іонним складом поділяються також на чотири типи за кількісним співвідношенням іонів [1, 25].

Сольовий склад поверхневих вод оцінюють за сумою іонів та окремими інгредієнтами. Клас води визначають за переважаючими аніонами, групи – за переважаючими катіонами, типи вод – за співвідношенням між іонами (в еквівалентах):

- I – $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$;
- II – $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$;
- III – $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ або $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$;
- IV – $\text{HCO}_3^- = 0$.

Таблиця 11.2

Класифікація якості поверхневих вод за критеріями іонного складу (за О. А. Алекиним, 1948)

Клас	Гідрокарбонатні (C)			Сульфатні (S)				Хлоридні (Cl)		
	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	
Група	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	
Тип	I II III	I II III	I II III	I II III	II III IV	I II III	II III IV	II III IV	I II III	

Приклади позначення видів природних вод: C_{II}^{Ca} – гідрокарбонатний клас, кальцієва група, тип другий; SCl_{II}^{Ca} – сульфатно-хлоридно-кальцієві води другого типу.

Прісні гіпо- і олігогалинні та солонуваті β -мезогалинні води оцінюють також за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів (табл. 11.3 та 11.4).

Таблиця 11.3

Класифікація якості прісних гіпо- та олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості	I		II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мг/л								
Сума іонів	≤500	501-750	751-1000	1001-1250	1251-1500	1501-2000	>2000	
Хлориди	≤ 20	21-30	31-75	76-150	151-200	201-300	>300	
Сульфати	≤ 50	51-75	76-100	101-150	151-200	201-300	>300	

Таблиця 11.4

Класифікація якості солонуватих β -мезогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості	I		II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мг/л								
Сума іонів	1000-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3000	3001-3500	3501-4000	>4000	
Хлориди	≤ 200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	>1200	
Сульфати	≤ 400	401-800	801-900	901-1000	1001-1100	1101-1200	>1200	

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофосапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. 11.5) включає такі групи показників:

- *гідрофізичні* показники – завислі речовини, прозорість;
- *гідрохімічні* показники – рН, концентрації азоту амонійного, нітритного, нітратного, фосфору фосфатів, розчиненого кисню, перманганатна та біхроматна окисності (ХСК), БСК;
- *гідробіологічні* показники – біомаса фітопланктону, індекс самоочищення-самозабруднення;
- *бактеріологічні* показники – чисельність бактеріопланктону та сапрофітних бактерій;
- *біоіндикація сапробності* – індекси сапробності за системами Пантле-Букка і Гуднайта-Уітлея.

Для забезпечення обґрунтованих висновків загальна кількість показників цього блоку повинна бути не менша 10 [17].

Таблиця 11.5

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними критеріями)

Клас якості	I		II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7	
Гідрофізичні показники, мг/л								
Завислі речовини	<5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	>100	
Прозорість (по диску Секкі), м	>1,5	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	<0,20	
Гідрохімічні показники, мг/л								
pH	6,9-7,0	6,7-6,8	6,5-6,6	6,3-6,4	6,1-6,2	5,9-6,0	<5,9	
	7,1-7,5	7,6-7,9	8,0-8,1	8,2-8,3	8,4-8,5	8,6-8,7	>8,7	
Азот, мг/л								
- амонійний	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	>2,50	
- нітритний	<0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	>0,10	
- нітратний	<0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	>2,50	
Фосфор фосфатів, мг/л	<0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	>0,300	
Розчинений Оксиген, мг/л	>8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	<4,0	
ХСК, мг/л	<9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	>60	
БСК ₅ , мг/л	<1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	>12,0	
Гідробіологічні показники								
Біомаса фітопланктону, мг/л	<0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	>50,0	
Індекс самоочищення/самозабруднення (A/R)	1,0	0,9-1,1	0,8-1,2	0,7-1,3-1,5	0,6-1,6-2,0	0,5-2,1-2,5	<0,5->2,5	
Бактеріологічні показники								
Чисельність бактеріопланктону, млн.кл./см ³	<0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	>50,0	
Клас якості	I	II		III		IV	V	
Категорія	1	2	3	4	5	6	7	

Продовження таблиці 11.5

Сапробність							
- зона	олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		Полі-сапробні
- підзона	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	Полі-сапробні
Трофність (переважаючий тип)							
категорія	Оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	Гіпертрофні
підкатегорія	Оліготрофні оліго-мезотрофні	мезотрофні	Мезоевтрофні	евтрофні	евполітрофні	політрофні	Гіпертрофні

Блок показників якості поверхневих вод за критеріями вмісту і біологічної дії специфічних речовин включає такі три спеціалізовані класифікації:

- екологічну класифікацію якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин *токсичної дії*;
- екологічну класифікацію якості прісних гіпо- і олігогалинних та солонуватих β-мезогалинних вод за *рівнем токсичності*;
- екологічну класифікацію якості поверхневих вод за критеріями специфічних показників *радіаційної дії*.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками *токсичної та радіаційної дії* (табл. 11.6) дається на підставі наявності та вмісту у воді таких інгредієнтів, як ртуть, кадмій, мідь, цинк, свинець, хром, нікель, миш'як, залізо, марганець, фториди, ціаніди, нафтопродукти, феноли (леткі), синтетичні поверхнево-активні речовини. Оцінка важких металів дається за їх загальним вмістом у воді.

Екологічна оцінка якості води в певному водному об'єкті може бути *орієнтовною і ґрунтовною*. *Ґрунтова* узагальнююча оцінка необхідна для переконливих, відповідальних висновків і рішень.

Орієнтовна екологічна оцінка є необхідною з розвідувальною (рекогносцирувальною) метою для надання попередніх висновків та рішень і виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води.

Таблиця 11.6

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної дії

Клас якості	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мкг/л								
Ртуть	<0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,0	1,01-2,5	>2,50	
Кадмій	<0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	>5,0	
Мідь	<1	1	2	3-10	11-25	26-50	>50	
Цинк	<10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	>200	
Свинець	<2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100	
Хром (заг.)	<2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	>50	
Нікель	<1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100	
Миш'як	<1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	>35	
Залізо (заг.)	<50	50-70	71-100	101-500	501-1000	1001-2500	>2500	
Марганець	<10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	>1250	
Фториди	<100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	>1000	
Ціаніди	0	1-5	6-10	11-25	26-50	51-100	>100	
Нафто-продукти	<10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	>300	
Феноли (леткі)	0	<1	1	2	3-5	6-20	>20	
СПАР	0	<10	10-20	21-50	51-100	101-250	>250	

Грунтова узагальнююча оцінка необхідна для переконливих, відповідальних висновків і рішень. Процедура виконання екологічної оцінки складається з чотирьох послідовних етапів:

- групування і обробки вихідних даних (результатів систематичного контролю якості води);
- визначення класів і категорій якості води за окремими показниками;
- узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;
- визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта загалом або окремих ділянок за певний період спостережень [6, 17].

Таблиця 11.7

Класи і категорії якості поверхневих вод за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
Категорія якості	1	2	3	4	5	6	7	
Назва класів і категорій якості вод за їх природним станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані	
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані	
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (антропогенної забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні	
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні	
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні	
	Оліготрофні-оліго-мезотрофні	Мезотрофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні	
Сапробність	Олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		Полісапробні	
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	Полісапробні	

Вихідні дані з якості води за окремими її показниками групуються у просторі і часі, а також в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчислюються середньоарифметичні та визначаються найгірші (мінімальні чи максимальні) значення. Екстремальні значення окремих показників аналізуються з метою з'ясування природних чи антропогенних причин, які могли викликати їх появу, і прийняття рішень про використання чи вилучення цих значень.

Визначення класів і категорій якості води для окремих показників здійснюють шляхом зіставлення середніх і найгірших (максимальних чи мінімальних) значень показників з критеріями спеціалізованих класифікацій.

Узагальнення оцінок за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконують на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води:

- середні значення визначають шляхом обчислення середнього номера категорії за всіма показниками даного блоку;
- найгірші значення визначають за відносно найгіршим показником (з найбільшим номером категорії) серед всіх показників даного блоку.

Визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта загалом чи для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального, або екологічного індексу I_e , величина якого дорівнює середньому арифметичному значень блокових індексів

$$I_e = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (11.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу; I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників; I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюють для середніх і найгірших значень категорій окремо, він також може бути дробовим числом [19].

За допомогою екологічного індексу можлива оцінка і співставлення рівня екологічного благополуччя води по окремих ділянках водних об'єктів, по басейнах, регіонах і загалом в Україні, проте слід мати на увазі, що при цьому необхідно користуватися

однаковим переліком показників. Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод подають у вигляді таблиць, графіків і карт.

Практичні завдання

1. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за критерієм *мінералізації* (за табл. 11.1).
2. Провести класифікацію якості поверхневих вод за критеріями *йонного складу* (за табл. 11.2–11.4) та встановити відповідні позначення.
3. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними критеріями (за табл. 11.5).
4. Провести класифікацію сапробності й трофності.
5. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за критерієм вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (за табл. 11.6).
6. Встановити відповідні значення екологічного індексу I_e та провести об'єднану оцінку якості води (за табл. 11.7).

Вихідні дані для виконання роботи

№ з/п	Показник	Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Сума іонів, мг/дм ³	1019	917	805	869	786	834	701	625	619	360
2	НСО ₃ , мг/дм ³	698	587	498	564	505	480	432	366	232	145
3	SO ₄ , мг/дм ³	44,0	56,0	124	104	96,0	136	126	56,0	154	156
4	Cl, мг/дм ³	28,0	30,0	63,0	23,0	34,0	76,0	25,0	54,0	153	12,0
5	Ca, мг/дм ³	177	185	86,0	76,0	74,0	84,0	96,0	124	34,0	18,0
6	Mg, мг/дм ³	30,0	26,0	10,6	84,0	63,0	45,0	12,0	8,0	25,0	14,0
7	Na, мг/дм ³	42,0	33,0	24,0	18,0	14,0	13,0	10,0	17,0	21,0	15,0
8	Завислі речовини, мг/дм ³	3,5	6,2	12,4	22,5	42,0	2,1	7,0	13,2	24,9	58,2
9	pH (одиниць)	6,9	7,1	6,7	7,6	6,5	8,0	6,3	8,2	7,0	7,2

Закінчення таблиці

10	NH ₄ , мг/дм ³	0,2	0,7	0,35	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	1,6
11	NO ₂ , мг/дм ³	0,01	0,008	0,12	0,03	0,06	0,07	0,08	0,09	0,02	0,04
12	NO ₃ , мг/дм ³	0,31	0,45	0,54	0,67	0,87	0,93	1,02	1,16	2,01	1,47
13	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,07	0,24	0,58	0,39	0,17	0,29	0,54	0,71	0,93	0,78
14	Розчинений O ₂ , мгO ₂ /дм ³	11,2	7,8	7,2	7,0	6,8	5,2	5,0	3,9	4,1	6,3
15	Прозорість, см	65	45	22	15	10	48	42	32	24	12
16	ПО, мг O ₂ /л	5,1	4,8	5,6	6,3	6,4	7,2	8,6	9,2	3,2	4,2
17	БО, мг O ₂ /л	9,2	8,9	9,6	10,1	10,4	8,6	12,3	13,4	11,8	9,5
18	БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	0,8	1,2	1,7	2,3	2,8	3,1	3,6	3,4	6,5	5,9
19	Cd, мкг/дм ³	0,12	0,16	0,2	0,21	0,23	0,26	0,32	0,35	0,62	0,42
20	Cu, мкг/дм ³	0,52	0,82	1,23	1,46	1,85	2,0	2,35	2,68	3,01	3,02
21	Fe, мкг/дм ³	42	25	52	65	84	99	102	356	517	1052
22	Mn, мкг/дм ³	8,5	12,3	15,2	23,4	26,7	37,1	44,2	53,2	18,2	19,7
23	Zn, мкг/дм ³	11,3	10,2	8,5	7,6	15,6	18,7	6,5	21,2	10,4	9,3
24	Ni, мкг/дм ³	0,08	0,25	0,68	0,85	1,20	6,75	12,3	18,7	1,2	0,09
25	Pb, мкг/дм ³	1,52	0,95	2,05	5,6	6,54	7,85	11,2	22,6	21,0	10,9
26	Cr (загал.), мкг/дм ³	2,15	3,62	0,95	1,56	6,5	4,56	11,2	6,85	2,56	4,89
27	Феноли, мкг/дм ³	0,56	0,98	1,02	0	2,2	3,5	4,7	5,0	6,58	12,8
28	Нафтопродукти, мкг/дм ³	0	0,56	9,5	10,2	15,9	25,0	54,2	78,9	112	28,9
29	СПАР, мкг/дм ³	9,5	8,5	10,2	15,6	21,0	22,5	45,8	52,3	98,5	12,0

Контрольні запитання

1. Дати визначення екологічної оцінки якості вод.
2. Які критерії покладені в основу екологічної класифікації якості поверхневих вод?
3. Назвати показники сольового, трофо-сапробіологічного блоку та вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії.
4. Як визначити інтегральний екологічний індекс I_e?
5. Назвати етапи процедури виконання ґрунтової екологічної оцінки.
6. Назвати класи і категорії якості поверхневих вод.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12

Тема: Біологічні компоненти водних екосистем – водорості

Мета: закріпити теоретичні знання студентів про біологічні компоненти екосистеми – водорості.

Теоретичні відомості

Будова водоростей. Вегетативне тіло водоростей представлено сланню, або таломом. Серед них є одноклітинні, багатоклітинні, неклітинні (сифональні і сифонокладальні) індивіди, які існують окремо або утворюють різноманітні з'єднання (колоніальні індивіди і колонії індивідів).

Вегетативне тіло водоростей різне за розміром (від організмів не більше 1 мкм до кількох десятків метрів), формою і кольором. Розрізняють монадну, пальмелоїдну або гемімонадну, кокоїдну, сарциноїдну, нитчасту, різнонитчасту або гетеротрихальну, псевдопаренхіматозну, паренхіматозну (тканинну, пластинчасту), сифонову, сифонакладальну морфологічні структури, які відповідають значним етапам еволюційного розвитку та амебоїдну, яка з'явилась як результат пристосування до спрощених екологічних умов і характеризується появою ознак недорозвитку, зниженні загального рівня організації. Амебоїдні водорості існують переважно у біотопах багатих на органічну речовину, деякі з них повністю втратили пігменти і навіть пластиди і живляться фаготрофно або є паразитами [21].

Амебоїдна (ризоподіальна) структура – об'єднує водорості, які характеризується відсутністю твердої клітинної оболонки і здатністю до амебоїдного руху за допомогою псевдоподій.

Монадна структура – об'єднує одноклітинні і колоніальні водорості, які характеризуються наявністю одного чи декількох джгутиків, за допомогою яких активно рухаються у воді.

Пальмелоїдна структура або гемімонадна – об'єднує одноклітинні і колоніальні водорості, які нерухливі у вегетативному стані та мають рудименти органел притаманних монадним організмам (скоротливих вакуолей, стигм, джгутиків). Гемімонадні водорості займають проміжне положення між рухливими монадними організмами і нерухливими, кокоїдними з рослинним типом клітини.

Кокоїдна структура – об'єднує нерухливі одноклітинні і колоніальні водорості з твердою оболонкою і протопластом як у рослинних клітин (з тонопластом, без скоротливих вакуолей, стигм, джгутиків або псевдоцилій).

Сарциноїдна структура – об'єднує нерухливі одноклітинні і колоніальні водорості, які характеризуються кокоїдним габітусом, але здатні до найпростішого виду клітинного поділу у трьох взаємно перпендикулярних площинах і тому можуть утворювати пакетовидні форми. Водорості сарциноїдної організації є ланцюжком, що пов'язують між собою одноклітинні і багатоклітинні водорості.

Нитчаста структура, (трихальна) – об'єднує багатоклітинні водорості які складені з нерухомих клітин нитковидно розміщених в один чи кілька рядів. Поділ клітин відбувається в одній площині [21].

Різноститчаста структура (гетеротрихальна) – об'єднує багатоклітинні водорості, які складаються з двох морфологічно різних частин нитчастого талому пристосованих до виконання різних функцій – горизонтальної, яка стелиться по субстрату і є опорою, та асимілюючої вертикальної, прямостоячої.

Псевдопаренхіматозна структура – об'єднує багатоклітинні водорості з великими об'ємними таломми, які утворені в результаті зростання розгалужених ниток різноститчастих сланей.

Паренхіматозна структура – об'єднує багатоклітинні водорості, які утворюються внаслідок ділення клітин у трьох взаємно перпендикулярних напрямках.

Сифональна структура – об'єднує водорості, які характеризується відсутністю всередині слані, як правило макроскопічного розміру, клітинних перегородок при наявності великої кількості ядер та їх органел.

Сифонокладальна структура – об'єднує водорості, які характеризується складно побудованою сланню з первинно багатоядерних сегментів.

Екологія водоростей. Водорості зустрічаються у різноманітних місцезростаннях: в прісних і солоних водоймах, на поверхні ґрунту і в його товщі, на скелях, деревах та ін. Здатність водоростей адаптуватися до різноманітних екологічних умов, фізіологічна пластичність і невимогливість сприяли розселенню їх по всій земній кулі [21;22].

На склад і розподіл водоростей у різних біотопах впливає великий комплекс факторів: абіотичних, біотичних, антропогенних.

Різні види водоростей неоднаково стійкі (толерантні) до дії певних екологічних факторів і ряд з них може виступати лімітуючими і обмежувати розвиток водоростей. У водних екосистемах лімітуючими факторами можуть бути температура, прозорість, концентрація солей, біогенних речовин тощо. В наземних місцезнаходженнях серед головних обмежуючих факторів можна виділити кліматичні (температура, вологість, світло та ін.), склад і будова субстрату та ін.

Абіотичні фактори

До абіотичних факторів відносяться фізичні і хімічні особливості середовища існування. При цьому з фізичних характеристик найбільше значення мають світловий режим, температура, для водоростей позаводних місцезнаходжень – вологість, з хімічних – солоність води, вміст поживних речовин, і, в першу чергу, сполук азоту і фосфору.

Більшість водоростей – автотрофи і світло є для них головним джерелом енергії. В процесі фотосинтезу одні водорості (зелені, бурі, діатомові) переважно використовують червоні і у меншій ступені сині промені спектру, інші (червоні, синьозелені) – сині і у меншій ступені червоні промені [21;22].

Світло проходячи через шари води змінюється. Вода швидко поглинає червоне випромінювання і на великих глибинах панують зеленуваті або голубуваті промені. Водорості є досить тіньовитривалими організмами що дозволяє їм жити при незначному освітленні, проте на значних глибинах фотосинтез може відбуватися завдяки наявності червоного пігменту – фікоеритрину. З цієї причини представники різних відділів водоростей, а відповідно і різного пігментного складу, мають неоднакові максимальні глибини поширення.

Температура є одним із важливих факторів який впливає на живі організми. Серед водоростей є стенотермні і евритермні види. Стенотермні водорості живуть у порівняно вузьких межах змін температури, евритермні – зустрічаються у широкому діапазоні змін температури. Серед стенотермних видів є як холодолюбні (наприклад, більшість ламінаріальних) так і теплолюбні (наприклад, сифонові). Температурні межі поширення видів впливають на ареал його поширення, сезонну динаміку [21;22].

Більшість водоростей живе у воді і її **солоність та мінеральний склад** впливає на їх поширення. Морські водойми мають середню солоність 35‰–евгалінні. Континентальні водойми, мінералізація яких не перевищує 0,5‰ називають агалінними, а інші поділяються в залежності від мінералізації на олігогалінні (солоність 0,5–5‰), мезогалінні (5–18‰), полігалінні (18–30‰), евгалінні (30–40‰) і ультрагалінні (не менш 40‰) (серед останніх розрізняють ще гіпергалінні). Характер мінералізації може бути різним: гідрокарбонатним, сульфатним або хлоридним. Відповідно до солоності водойм серед водоростей розрізняють прісноводні, олігогалінні, мезогалінні, евгалінні, ультрагалінні та ін.

Значний вплив на життєдіяльність водоростей має **кислотність води (рН)**. У кислих водах мешкають ацидофільні водорості у лужних – алкаліфіли.

Поширення водоростей у водоймах залежить і від наявності біогенних речовин: мікро- і мікроелементів необхідних для тіла водоростей [21;22].

По вмісту поживних речовин водойми поділяються на типи: оліготрофні, евтрофні, сапротрофні, дистрофні. Макроелементи використовуються водоростями у відносно великих кількостях. З макроелементів для водоростей найважливіші – азот і фосфор. Азот входить до складу всіх білкових молекул, а фосфор – складова ядерної речовини і необхідний для окислювально-відновних реакцій. Також необхідні калій, кальцій, сірка і магній.

Мікроелементи (залізо, марганець, цинк, мідь, бор, кремній, молібден, хлор, ванадій, кобальт) потрібні водоростям у дуже малих кількостях, проте відіграють важливе значення для їх життя, оскільки входять у склад важливих ферментів.

Водорості різних відділів мають неоднакову потребу в макро- і мікроелементах. Наприклад, для нормального розвитку діатомових водоростей необхідна досить значна кількість кремнію. Тому наявність біогенних елементів може виступати лімітуючим фактором. Деякі водорості (зелені, синьозелені, діатомові) здатні засвоювати органічні речовини і переходити повністю на сапротрофний тип живлення.

Здатність водоростей використовувати в процесі життєдіяльності різноманітні групи розчинних речовин визначає їх участь у самоочищенні водойм [11;21].

Для оцінки ступеню забрудненості вод органічними речовинами та продуктами їх розкладу можна використовувати водорості як індикаторні організми. У зоні, що знаходиться поблизу місця скиду стічних вод і де відбувається розщеплення білків і вуглеців в аеробних умовах створюються специфічні умови в яких здатні жити незначна кількість видів водоростей, проте у значній кількості. Цю зону називають полісапробною. В мезосапробній зоні забруднення меншої ступені: нерозкладені білки відсутні, є незначна кількість сірководню і діоксиду вуглеводу, присутній вільний кисень, проте є ще слабо окислені азотисті сполуки. Мезосапробна зона поділяється на α - і β -мезосапробні підзони. В першій підзоні відмічаються синьозелені з родів *Oscillatoria*, *Phormidium*, у другій підзоні видове різноманіття більше – зустрічаються діатомові, зелені водорості. В олігосапробній зоні сірководень відсутній, діоксиду вуглеводу мало, кількість кисню наближується до нормального насичення, розчинені органічні сполуки практично відсутні. Для цієї зони характерно високе видове різноманіття водоростей, проте чисельність і біомаса їх незначні.

Біотичні фактори

До біотичних факторів відносяться взаємовідносини між самими водоростями та між водоростями і іншими організмами.

У більшості випадків водорості в екосистемах виступають як *продуценти органічної речовини* і за їх рахунок існують різноманітні консументи (наприклад, у водоймах: риби, морські їжаки, молюски та ін.). Одні види водоростей з іншими можуть бути пов'язані різноманітними алелопатичними зв'язками. На розвиток окремих видів водоростей можуть впливати і конкурентні зв'язки. Надзвичайно цікавими є симбіотичні зв'язки водоростей з іншими організмами [21;22].

Взаємозв'язки між організмами найкраще розкриває поняття консорції. Консорції є найменшими елементарними одиницями, через які реалізуються потоки енергії в біоценотичній системі.

Консорція складається із центрального ядра (детермінанта консорції) і, пов'язаних із ним трофічно або топічно, організмами. У більшості випадків як детермінант консорції розглядають автотрофний не епіфітний вид. Наприклад формування консорцій водоростями, що мешкають у ґрунті.

Дослідження водоростей різних природних місцезростань показало їх тісний зв'язок із іншими мікроорганізмами. Це різноманітні бактерії, які часто називають супутніми, актиноміцети, гриби, ґрунтові безхребетні. Останнім часом підкреслюють зв'язок деяких вірусів із клітинами водоростей.

Найбільш яскраво роль водоростей, не лише як продуцентів органічної речовини, але й як ценозоутворювачів, виявляється при формуванні ними піонерних угруповань на субстратах різного походження. Особливого значення у цьому випадку набувають такі їх особливості, як утворення слизистих чохла і колоніального слизу, які здатні поглинати і утримувати воду, а також виділення у процесі росту в навколишнє середовище різних метаболітів. Водорості, які першими оселяються на промислових відвалах, стають центрами, навколо яких розвиваються різноманітні бактерії, гриби, безхребетні, що значно прискорює мікробіологічні процеси, особливо у циклах основних біогенних елементів – азоту і вуглецю і активізує відновлювальні сукцесії на промислових відвалах.

У сформованих біогеоценозах водорості є обов'язковими учасниками функціонування ґрунтових ценозів [21;22].

Детермінант альгоконсорції може бути представлений групою клітин, слизистою колонією водоростей, нитчастим, різнонитчастим або іншої будови таломом. В залежності від завдань дослідження обсяг альгоконсорції може бути різний. У центрі альгоконсорції може бути популяція, вид, синузія та ін.

Як детермінанти водорості у відповідності із визначенням консорції пов'язані або трофічно (альгофаги), або трофічно і топічно (паразитичні організми, симбіонти), або топічно (епіфіти) із різноманітними групами організмів. Трофічні відносини пов'язують водорості із ґрунтовими безхребетними (альгофагами). Одні із них виїдають водорості у чистому вигляді (найпростіші, кліщі, коллемболи, личинки комах), інші – ковтають водорості разом із ґрунтом або листяним опадом (люмбрициди, енхітреїди, ківсяки, молюски). Наприклад, енхітреїди, живлячись лише одними водоростями, здатні виїдати за рік із площі в 1 га 131–140 кг органічної речовини.

Про тісний зв'язок водоростей і найпростіших свідчить, як правило, суттєве збільшення чисельності і різноманіття останніх при внесенні культур водоростей у ґрунт. Рідше спостерігається токсична дія водоростей на деяких безхребетних. Відомо,

наприклад, що токсини зеленої одноклітинної водорості із роду *Prototheca*, яка трапляється у ґрунті, можуть викликати хворобу прототекоз не лише у тварин, але й у людей.

Частина водоростей, що проходить через кишечник тварин перетравлюється, а інша разом із екскрементами розсіюється у нових місцях, в чому виявляються форичні зв'язки між консортами і детермінантом.

Серед біотрофів (альготрофів) першого концентру, які пов'язані із водоростями як трофічно, так і топічно, слід відзначити різноманітних паразитів водоростей. Серед них розрізняють організми, які не здатні до фагоцитозу (передусім, нижчі гриби) і найпростіші, які здатні до фагоцитозу, але розвиваються всередині клітин водоростей. Останнім часом увагу науковців привернула ще одна група паразитів водоростей – віруси. Водорості розглядаються як можливі резервати фітопатогенних вірусів, які сприяють збереженню збудників хвороб у ґрунті [21;22].

Симбіотичні відносини серед консортивних зв'язків водоростей у вузькому мутуалістичному розумінні спостерігаються із різними організмами: грибами, актиноміцетами, бактеріями. У цілому, виключаючи лишайники, які є досить виразним прикладом симбіозу, що проявляється не лише функціонально, але й морфологічно, відносини водоростей із грибами найчастіше носять симбіотичний характер, нерідко із взаємною стимуляцією. Високий рівень компліментарності один до одного можуть проявляти водорості і актиноміцети аж до формування лишайникоподібного талому (актинолишайника).

Неодноразово підкреслювався тісний зв'язок водоростей із бактеріями. Наприклад, синьозелені водорості, екскретуючи органічні речовини, забезпечують ними бактерії, а бактерії в свою чергу мінералізують органічну речовину, утворюють вуглекислий газ, який у період інтенсивного фотосинтезу нерідко є лімітуючим субстратом для водоростей. Мінералізацію метаболітів та відмерлих таломів водоростей, формування нових органічних речовин здійснюють різноманітні гетеротрофні бактерії, гриби, актиноміцети (сапротрофи, екрісотрофи).

Взаємовідносини водоростей і грибів, не зважаючи на поширені явища симбіозу, як було показано вище, відзначаються неоднозначністю. У деяких випадках водорості і гриби ростуть разом, не вражаючи один одного, в інших спостерігаються явища

антагонізму. На формування тих чи інших взаємодій можуть впливати різні чинники. Наприклад, низька забезпеченість субстрату азотними сполуками викликати антагоністичну дію гриба на водорість. Найчастіше негативний вплив простежується із боку грибів, але й водорості можуть проявляти антагоністичну дію, наприклад, на ряд фітопатогенних грибів. Слід відзначити і той факт, що у ряді дослідів під час пророщування насіння на плівках водоростей, спостерігалось враження його грибами, які інтенсивно розростались на водоростях, і це дозволило припустити можливу участь розростань водоростей, що відмирають, у поширенні фітопатогенних грибів [21;22].

Зміна чисельності водоростей відносно грибів, бактерій і актиноміцетів корелятивна при більш-менш стабільному видовому складі, що ще раз підтверджує наявність тісного зв'язку між ними.

Слід підкреслити, що крім ґрунтових, до складу консортів вищих рослин-детермінантів, входять численні аерофільні водорості. Причому склад водоростей, які живуть на корі дерев, може мати певну специфічність. Наприклад, встановлена фітонцидність дії черемхи для ряду аерофільних водоростей. Відомі симбіотичні відносини для синьозелених із деякими голонасінними, мохами та ін.

Антропогенні фактори

Антропогенний вплив пов'язаний із діяльністю людей, перш за все, господарською. Скиди стічних вод нерідко призводять до збіднення видового складу, загибелі водоростей у випадку потрапляння у водойми токсичних речовин або масового розвитку окремих видів водоростей при надходженні біогенних речовин, особливо сполук азоту і фосфору (антропогенна евтрофікація). На аерофітні, ґрунтові водорості можуть мати вплив викиди в атмосферу токсичних речовин [21;22].

В залежності від сукупності діючих екологічних факторів водорості утворюють різноманітні угруповання. Кожне угруповання характеризується певним видовим складом, домінантами, екобіоморфами, характером сезонних змін та ін.

Виділяють такі екологічні групи (угруповання) водоростей: планктонні водорості, бентосні водорості, наземні водорості, ґрунтові водорості, водорості гарячих джерел, водорості снігу і льоду, водорості солоних водойм, водорості вапнякових субстратів.

Планктон – це сукупність організмів, які проводять все життя в товщі води у підвішеному стані і переносяться рухом води. Планктонні водорості – головний, а в деяких випадках і єдиний продуцент первинної органічної речовини, на основі якої існує все живе у водоймі.

Серед планктонних організмів виділяють як безпосередньо планктонні, тобто ті, що живуть у товщі води, так і нейстонні – ті, що мешкають у поверхневій плівці води. Видовий склад планктонних водоростей у різних водоймах не однаковий і пов'язано це із хімічними, фізичними особливостями кожного з них. Крім того, склад планктону змінюється в кожний сезон. Так, наприклад, у прісних водоймах з початком весни у планктоні чисельні евгленофітові, динофітові, золотисті і деякі холодостійкі діатомові водорості. Влітку, при температурі води вище 15 °С, спостерігається інтенсивний розвиток синьозелеених водоростей, евгленофітових і зелених. Морський планктон складається передусім із діатомових і динофітових водоростей. Не дивлячись на те, що морські екосистеми пов'язані між собою і представляють практично єдиний простір, склад планктону у різних частинах не однаковий. Це пов'язано із різною солоністю, температурою, освітленістю, вмістом поживних речовин, що відповідають різним акваторіям [21;22].

Всі планктонні водорості мають особливі пристосування для існування у воді в підвішеному стані. Вони, як правило, дрібні, деякі з видів мають різні вирости (шипи, перетинки, парашути), інші – утворюють порожні або плоскі колонії і виділяють багато слизу або накопичують в тілі масла, чи мають газові вакуолі.

Нейстонні водорості – це своєрідна група організмів, яка існує у поверхневій плівці води. Деякі з них мають характерні пристосування – слизисті або лусковидні парашути, що втримують їх на поверхні води. Іноді нейстонні водорості розвиваються у великій кількості і вкривають поверхню води суцільною плівкою.

Бентос – це сукупність організмів, які пристосовані до існування у прикріпленому або неприкріпленому стані на дні водоймищ. Для росту бентосних водоростей як фотосинтезуючих рослин особливо важливим є світло, проте ефективність його використання залежить і від інших екологічних факторів: температури, вмісту біогенних і біологічно активних речовин, кисню і неорганічних джерел вуглецю, а також темпів надходження

цих речовин в організм водоростей. Найбільший розвиток бентосних водоростей відмічається в місцях із інтенсивним рухом води.

Серед бентосних водоростей континентальних водойм відмічені діатомові, зелені, синьозелені і жовтозелені нитчасті-водорості. Наприклад, види родів навікула, кладофора, улотрикс, спірогира, мужоція, зигнема, осциляторія, лінгбія, формідій, трібонема, вошерія та ін.

Головні бентосні водорості морів та океанів – бурі та червоні водорості, іноді зелені. Це види родів бангія, фукус, порфіра, ентоморфа, ламінарія та ні. Всі вони можуть обростати дрібними діатомовими, синьозеленими та іншими водоростями [21;22].

Бентосні водорості займають прибережну, відносно вузьку частину моря. Глибина, на яку опускаються водорості в різних морях, неоднакова. Це може бути 40–50м або навіть 180м при значній прозорості води. Оскільки у більшості морів рівень води періодично змінюється у зв'язку із приливами і відливами, то прибережну частину поділяють на три зони (по вертикалі): супралітораль, літораль і сублітораль. Супралітораль – найбільш вузька смуга морського узбережжя, розташовується вище лінії найбільшого стояння води і зрошується лише бризками прибою. Літораль займає простір від найвищого рівня приливу до нижчого рівня відливу. Сублітораль знаходиться нижче смуги літоралі і простирається до глибини 40м і більше.

В залежності від місця, де ростуть бентосні водорості, серед них розрізняють кілька екологічних груп: *епіліти*, які живуть на поверхні твердого ґрунту (скелі, каміння та ін.), *епіпеліти*, ті, що населяють поверхню рихлих ґрунтів (пісок, мул), *епіфіти*, ті, які живуть на поверхні інших рослин, *ендоліти*, або свердлувальні водорості, які занурюються у вапняковий субстрат, ендofіти, які оселяються в тілі інших рослин але живляться самостійно (*паразити*, живуть в тілі інших рослин і не мають нормально розвинутих хлоропластів).

Іноді виділяють особливу групу водоростей, які живуть на предметах, що рухаються або обмиваються водою – **перифітон**. Ці організми віддалені від дна і мешкають в особливих екологічних умовах.

Водорості гарячих вод живуть при температурі 35–52°C, а в окремих випадках до 84°C і вище. Часто ця вода містить значну

кількість мінеральних або органічних речовин, які надходять із стічними водами різноманітних підприємств. Типовими мешканцями гарячих вод є синьозелені, дещо менш різноманітні діатомові і зелені.

Водорості снігу і льоду включають переважно представників зелених, синьозелених і діатомових водоростей. У випадку їх масового розвитку спостерігається явище «цвітіння» снігу або льоду. Ці водорості називають кріофільними і більшість з них не мають спеціальних морфологічних пристосувань для перенесення низьких температур.

Водорості солоних водойм отримали назву галобіонти. Вони живуть при збільшеній концентрації у воді солей, яка досягає 285 г/л в озерах із переважанням повареної солі і 347 г/л в глауберових озерах. Дуже високу концентрацію солей витримує небагато водоростей. В пересолених (гіпергалінних) водоймах переважають одноклітинні зелені водорості – гіпергалоби, клітини яких позбавлені оболонки і вкриті лише плазмалею (наприклад, дуналієла). Ці водорості відрізняються збільшеною концентрацією хлористого натрію в протоплазмі, високим внутрішньоклітинним осмотичним тиском, накопиченням в клітинах каротиноїдів і гліцерину, великою лабільністю ферментативних систем і обмінних процесів. Дно гіпергалінних водоймищ може бути вкрито розростаннями синьозелених водоростей [21;22].

Крім водного середовища, водорості зустрічають в позаводних місцезростаннях. Розрізняють аерофільні, едафофільні і літофільні.

Основним життєвим середовищем **аерофільних водоростей** є оточуюче їх повітря. Типові місцеіснування – поверхня різних позагрунтових твердих субстратів, які не мають на біонтів чіткого фізико-хімічного впливу (скелі, камені, кора дерев та ін.). В залежності від ступеня зволоженості їх поділяють на дві групи: повітряні, які існують тільки в умовах атмосферного зволоження, і водно-повітряні, які існують при постійному зрошенні водою (під бризками водоспаду, прибою та ін.). Умови існування водоростей аерофільних ценозів характеризуються, як правило, різкими змінами вологості, температури, освітленості. До несприятливих місць існування пристосувалась відносно незначна кількість водоростей із синьозелених, зелених і в значно меншій кількості діатомових. У якості пристосувань до не завжди сприятливих умов

існування є деякі особливості у будові клітин аерофітів (шаруваті, потовщені клітинні оболонки, слизисті обгортки, чохли, які утримують воду, накопичення олії в клітині та ін.), розмноженні та ін.

Основним життєвим середовищем **едафофільних водоростей** є ґрунт. Типові місцеіснування – поверхня і товща ґрунтового шару, який має на біонтів певний фізико-хімічний вплив. В залежності від місцезнаходження водоростей та їх способу життя в межах цього типу розрізняють три групи ценозів: наземні водорості, які масово розвиваються на поверхні ґрунту в умовах атмосферного зволоження; водно-наземні водорості, які масово розростаються на поверхні ґрунту постійно насиченого водою; ґрунтові водорості, які населяють товщу ґрунтового шару. Серед ґрунтових водоростей найчастіше відмічені види синьозелених, зелених, жовтозелених, діатомових і евстигматофітових водоростей.

Основним життєвим середовищем **літофільних водоростей** є оточуючий їх непрозорий щільний вапняковий субстрат. Типові місцеіснування – в глибині твердих порід певного хімічного складу, які оточені повітрям або водою. В залежності від фізіологічних особливостей водоростей, які входять в цю групу, розрізняють два угруповання: свердловальні водорості, які активно проникають у каменистий субстрат і заселяють утворені ними невеликі ходи і пори, за допомогою яких вони сполучаються з навколишнім середовищем; туфоутворюючі водорості, які відкладають навколо свого тіла вапно і існують в периферійних шарах відкладеного ними середовища в межах доступних для дифузії світла і води. З часом наростання відкладів ці ценози поступово відмирають із середини [21;22].

Практичні завдання

1. Користуючись навчальним матеріалом, заповнити таблицю «Типові представники водоростей та біоіндикаційне значення в прісних та солоних водоймах»

Назва водорості	Особливості будови	Місцезростання	Біоіндикаційне значення
-----------------	--------------------	----------------	-------------------------

2. Користуючись літературними джерелами та додатками, замалювати типових представників водоростей річкових й озерних водойм України.

3. Користуючись навчальними матеріалами коротко охарактеризувати екологічні групи водоростей: планктонні, бентосні, наземні водорості, ґрунтові водорості, водорості гарячих джерел, водорості снігу і льоду, водорості солоних водойм, водорості вапнякових субстратів.

Контрольні питання

1. Назвіть типових представників водоростей прісних водойм.

2. Назвіть типових представників водоростей солоних водойм.

3. Охарактеризуйте відділ синьо-зелених водоростей.

4. Охарактеризуйте відділ золотистих водоростей.

5. Охарактеризуйте відділ жовто-зелених водоростей та назвіть типових представників.

6. Назвіть типових представників бурих водоростей та охарактеризуйте їх.

7. Назвіть типових представників діатомових водоростей та охарактеризуйте їх.

8. Охарактеризуйте відділ динофітових водоростей та назвіть типових представників.

9. Назвіть типових представників криптофітових водоростей та охарактеризуйте їх.

10. Назвіть типових представників червоних водоростей та охарактеризуйте їх.

11. Назвіть типових представників зелених водоростей та охарактеризуйте їх.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13

Тема: Біологічні компоненти водних екосистем – вищі водні рослини

Мета: закріпити теоретичні знання студентів про біологічні компоненти екосистеми – вищі водні рослини.

Теоретичні відомості

У прісних водоймах розвивається складний комплекс водяної та водно-болотної рослинності й не менш різноманітної фауни.

Прісні води заселені організмами пізніше, ніж світовий океан, причому як вихідцями з останнього, так і видами, що потрапили сюди вже із суходолу. Розвиваючись у прісноводних умовах, які, на відміну від моря, характеризуються нестійкістю (прісні озера міліють і висихають, річки, залежно від тектоніки, то втрачають своє русло, то міліють, то зовсім зникають; болота пульсують), прісноводні види виявилися більш пристосованими до впливу несприятливих факторів, ніж морські, та виробили кращу здатність до виживання, переселення з однієї водойми в іншу. І чим довша історія існування того чи іншого прісноводного виду, тим краще він пристосований до коливань несприятливих зовнішніх факторів середовища [9].

Наприклад для водних рослин, певний період рослина повинна розвинути, дати насіння або зимуючі бруньки й запасти живильні речовини в підземних органах на зимовий період.

Недорозвиненість або відсутність деревини в судинних пучках пов'язана з тим, що рослина, що підтримується водою, не потребує стільки опорних елементів, як наземна. Механічні елементи в низки видів, що забезпечують гнучкість стебел і листя при сильній течії або хвилюванні, розміщені, на відміну від рослин суші, ближче до центру стебла та по центральній осі листка. Розвиток системи повітроносних порожнин (аеренхім) сприяє покращенню газообміну й підтримці рослини в плаваючому стані.

Редукція кореневої системи або зміна її функції. Так, корінь або коренеподібні утворення рясок – насамперед орган рівноваги. Добре розвинені кореневі системи німфейних служать як для прикріплення їх до ґрунту, так і для запасання живильних речовин.

Великий розвиток поверхні тіла відносно маси, що виражається в наявності перистих, розітнутого листя, тонких, довгих стебел або ж широкого, але дуже тонкого листя. Газообмін наземних рослин забезпечується листям через устя, що сполучаються із системою міжклітинних ходів, лакун. Ці ходи займають до 25 % усього об'єму рослини. Листя занурених водяних рослин позбавлене усть, зате їх поверхня проникна для газів і весь газообмін відбувається через неї. У водяних рослин із плаваючим листям продихи є й розміщені вони на верхній стороні листа. Кількість усть, порівняно з наземними видами, збільшена. Так, у білого латаття їх до 400 на 1 мм^2 у рогозу – до 1300 на 1 мм^2 . Поверхня плаваючого листя

буває покрита восковим нальотом, що не дозволяє їй змочуватися, у деяких видів краї листової пластинки загинаються вгору, утворюючи подібність блюдця [4, 16].

У зв'язку з меншою кількістю світла у воді, порівняно із сушею, у підводних рослин спостерігається часткова або повна відсутність диференціювання тканини паренхіми листка на губчасту й палисадну. Хлорофіл часто трапляється вже в клітинах епідермісу, що сприяє кращій утилізації світлової енергії. У деяких видів серед клітин епідермісу є й інші, так звані «гідропоти», що володіють більшою проникністю для води. У німфейних, крім того, є особливі клітини – гаусторії, розміщені на нижній стороні листки, здатні інтенсивно поглинати живильні речовини й запасати масло.

Гетерофілія, різнолистість, – явище, коли на одній рослині розвиваються як типово підводне листя, так і типово повітряне з низкою переходів (настурція, стрілолист, поручайник). Занурене листя може змінюватися плаваючим, абсолютно відмінним від першого (види сім, німфейних, плаваючий рдест).

Виділення слизу особливими залозами перешкоджає вилугуванню з рослин живильних речовин, а також є захистом при тимчасовому пересиханні водоймищ. Можливо, цей слиз має й бактерицидну захисну дію, подібно до фітонцидів наземних рослин.

Більшість вищих водних рослин – багаторічники. При настанні зими частина видів цілком опускається на дно водойми, більшість зимує у вигляді кореневищ, бульб або зимуючих бруньок (туріонів). Туріони морфологічно є видозміненими відростками та живильними речовинами, що запасують до осені (крохмаль) й занурюються на дно водойми. Навесні зимуючі бруньки проростають і спливають на поверхню.

Незважаючи на достатньо вузьку спеціалізацію занурених водяних рослин, коли, з одного боку, ми спостерігаємо розвиток специфічних пристосувань до водного середовища, а з іншого – повну або часткову втрату низки органів і систем (механічна тканина, провідна система й ін.), еволюцію водяних рослин у цілому не можна вважати регресивною [15].

Наявність стійкого механізму гомеостазу дає змогу вищим водним рослинам захоплювати значні території й мати широке географічне розповсюдження. Такі види створюють популяції,

пристосовані до крайніх умов ареалу, до значних коливань світла, температури тощо.

Первинним біологічним субстратом для формування гідробіоценозу прісних водойм є **рослинні угруповання**. Особливо велику середовищеутворювальну роль для гідробіоценозу відіграють вищі водні рослини.

Вищі водні рослини розвиваються в прибережних зонах озер, ставків, річок, водосховищ і займають важливе місце у створенні органічної речовини багатьох прісних водойм. Багато дрібних водойм повністю заростають квітковими рослинами.

Залежно від розміщення асимілюючих органів відносно дна та поверхні водойми вищі рослини поділяють на три екологічні групи: **занурені, із плаваючим листям, повітряно-водні рослини** [12, 13].

Занурені рослини. До них належать ті, що добре вкорінені в ґрунті, мають стебло й листок, занурені у воду. Занурені рослини, залежно від виду, можуть бути прикріпленими до дна або вільноживучими. До них належать такі поширені види: рдесник блискучий та пронизанолистий, водопериця колосиста, кушир занурений, водяний різак алоєподібний, елодея канадська.

Ці рослини розмножуються вегетативним шляхом, утворюючи бічні пагони, можуть створювати значні зарослі.

Рослини з плаваючим листям – це рослини, що вільно плавають у воді, без прикріплення до дна, а також рослини, які вкорінені в ґрунті, але мають плаваюче на поверхні води листя. До найбільш поширених належать гірчак земноводний, латаття біле й сніжно-біле, глечики жовті, водяний горіх, ряска, водокрас, рдест плаваючий та ін. Рослини вільноплаваючі: ряска мала, ряска триборозенчаста, ряска багатокоренева, або спіродела, сальвінія плавуча, пухирник звичайний, жабурник. Ці рослини можуть розмножуватися вегетативно, або за допомогою насіння. Деякі рослини (ряска), через інтенсивне розмноження дають дуже велику біомасу.

Повітряно-водні рослини за допомогою коріння прикріплені до ґрунту чи донних відкладів. Частина їх міститься у воді, а частина – над водою, у повітряному просторі, звідки й пішла їхня назва. Для них характерно те, що вони мають надводне листя та стебло й потужну кореневу систему. Молоді пагони можуть міститися цілком у воді, а берегові зарості – у повітряному просторі. Ці рослини розмножуються вегетативно та з допомогою

насіння, утворюючи потужні зарослі. Зарослі квіткових рослин, особливо занурених, є місцем розмноження та розвитку риби й безхребетних тварин. До цієї групи рослин належать очерет звичайний, рогіз вузьколистий, рогіз широколистий, куга озерна, або комиш, татар-зілля болотне (лепеха), частуха подорожникова, сусак зонтичний, стрілолист звичайний, їжача голівка пряма, рис водяний, або цицанія водяна, лепешняк великий і багато видів осок.

Вищі водні рослини, нерідко вистеляють дно біля берегів та на мілинах. Особливо багато їх розвивається в старицях разом із зануреними вищими рослинами. Утворюють вони також зелені «килими» з біомасою 2–3, а інколи – до 4–6 кг/м² водної поверхні.

Вищі водні рослини відіграють роль первинних продуцентів органічної речовини та кисню, беруть активну участь у самоочищенні води, виконують бар'єрну функцію на шляху надходження органічних і мінеральних забруднень із водозбірної площі у річку, а головне – є субстратом для річкового біоценозу в цілому.

Практичні завдання

1. Користуючись навчальним матеріалом, заповнити таблицю: «Типові представники вищих водних рослин та їх біоіндикаційне значення у водоймах».

Назва рослини	Особливості будови	Місцезростання	Біоіндикаційне значення

2. Охарактеризуйте основні пристосування вищих водних рослин до проживання у водному середовищі.

3. Заповніть таблицю «Типові представники екологічних груп вищих водних рослин».

Занурені рослини	Рослини з плаваючим листям	Повітряно-водні рослини

4. Охарактеризуйте типових представників боліт зони Полісся.

Контрольні питання

1. Назвіть основні пристосування вищих водяних рослин до проживання у водному середовищі.
2. Наведіть приклади занурених рослин.
3. Наведіть приклади рослин із плаваючим листям.
4. Наведіть приклади повітряно-водяних рослин.
5. Назвіть типових представників вищих рослин боліт.
6. Наведіть приклади рослин – індикаторів сапробності водойм.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14

Тема: Біотестування токсичності водного середовища за реакцією гідробіонтів

Мета: ознайомитися з тест-об'єктами та методами біотестування для контролю токсичності водного середовища.

Теоретичні відомості

Для оцінки хімічного забруднення водного середовища найбільшої популярності заслуговують різні хіміко-аналітичні методики (спектрофотометрія, паперова та газова хроматографія, мас-спектрометрія й багато інших). Усі ці методи, хоч і дають змогу встановлювати фактичне значення концентрацій різноманітних речовин, але не дають відповіді на питання про токсичність забрудненої води й ступінь її небезпеки для гідробіонтів. Хімічні методи аналізу токсикантів досить складні та дорого коштують. У зв'язку з цим для регулярного контролю токсичності води річок, озер, водосховищ, морів й інших водних об'єктів, забруднених різними токсикантами, вони рідко коли застосовуються.

Починаючи з 50-х рр. ХХ ст., у США й багатьох європейських країнах почали впроваджувати для контролю забруднень біологічні методи, в основу яких покладено реакцію гідробіонтів на забруднення води. Такі методи отримали назву *біотестування*.

Біотестування вод – це процедура встановлення токсичності окремих хімічних речовин поверхневих прісних, морських і солонуватих, підземних та стічних вод за реакцією гідробіонтів, що ґрунтується на кількісних оцінках зміни життєво важливих функцій або виявленні смертельної (летальної) дії гідробіонтів (*тест-об'єкти* або *тест-культури*). За технологією – це експеримент, що

проводиться із дотриманням певних методичних вимог. Досліди, у яких здійснюється визначення токсичності, називають *біотестами* (англійський еквівалент (bioassay, biotesting)).

Тест-об'єкти – це піддослідні організми, що піддаються впливу токсиканта або досліджуваного в токсикологічному відношенні водного середовища. **Тест-функції** – це біологічні показники (фотосинтез, дихання, поведінка, електрофізіологічні інгредієнти, темп розмноження, флюоресценція тощо).

Насамперед тест-об'єкти (тест-організми) повинні мати високу чутливість до токсичних речовин. Якщо використовуються лабораторні маточні культури, то їх потрібно утримувати з дотриманням жорстких вимог щодо хімічного складу штучного середовища, годівлі тест-організмів, підтримання оптимального газового режиму й рН, запобігати засміченню тест-культури іншими організмами, що перетворює чисту культуру у своєрідний біоценоз.

Експеримент уключає серію повторень із різними розведеннями (концентраціями) досліджуваної речовини, а контроль – ті самі тест-організми в чистій (лабораторній) воді або в середовищі для культивування гідробіонтів.

Біотести проводяться в лабораторних умовах, а також безпосередньо на водних об'єктах, причому біля випусків стічних вод застосовують дещо спрощені варіанти. Серед тест-об'єктів біотестування розрізняють *індикаторні* види, що мають універсальне значення для будь-яких токсикологічних досліджень, і *представницькі* – види, специфічні для певних акваторій чи водних об'єктів, наприклад рачок епішура, що мешкає лише в Байкалі [22].

Для відбору найбільш чутливих та показових тест-об'єктів до різних токсичних забруднювальних речовин дослідники багатьох країн здійснили оцінку понад 1,5 тис. видів прісноводних і морських гідробіонтів, серед яких були водорості, бактерії, безхребетні й риби. Проте основний масив інформації одержано при застосуванні як тест-об'єктів гіллястовусих рачків, переважно дафній, яких легко культивувати в лабораторних умовах.

Створено також набори тест-організмів, до складу яких входять не тільки гідробіонти, а й наземні рослини, наприклад корінці цибулі (*Allium sera*) та проросле насіння салату (*Lactuca sativa*), які реагують на токсичність води зниженням швидкості росту корінців та цитогенетичними порушеннями в процесі клітинного поділу, змінами клітинних ядерць тощо.

Професор Г. Персоон у Бельгії розробив набори кількох тест-об'єктів, що перебувають у стані анабіозу. Для біотестування вико-

ристовується проста переносна апаратура – *токскіти*. Водорості зберігаються у вигляді сухих спор, коловертки й дафнії – у вигляді неактивних яєць-ефіпіумів, які оживають за умов оптимального температурного режиму й освітлення. Такі організми використовують у гострих 24-годинних дослідах – переважно для встановлення $СК_{50}$. Упродовж 90-х рр. цим методом у багатьох країнах Європи проведено сотні досліджень токсичності різних речовин.

Тест-функції, які використовуються в різних варіантах біотестування, досить багатогранні: у водоростей це інтенсивність фотосинтезу або співвідношення фотосинтезу й деструкції (A/R), уміст хлорофілу, інших пігментів, зміни морфологічної структури клітин. У макрофітів, крім вищеназваних – зміни тургору та забарвлення листя, швидкість руху протоплазми (у клітинах елодеї); в інфузорій – інтенсивність (швидкість) руху, співвідношення макро- й мікронуклеуса, частота биття війок і багато інших мікроскопічних показників; у гіллястовусих ракоподібних реєструється частота коливальних рухів антен, ритм серцевих скорочень, викид (абортуння) яєць та ембріонів, обертальні рухи навколо осі тіла. Деякі методи біотестування токсичних забруднень ґрунтується на використанні реакції уникання зони забруднення (риби, водяні комахи) або реакції закривання черепашок (у двостулкових молюсків *Anodonta*, *Unio*).

Для визначення реакцій тваринних тест-об'єктів створено спеціальну апаратуру, яка дає змогу реєструвати зміни в поведінці безхребетних і риб. Для цього застосовують телекамери, насадки до мікроскопів, які автоматично реєструють зміни в поведінці тест-об'єктів. За допомогою мікроелектродів знімаються показники біоелектричної активності серця дафній і риб.

Біотестування покладено в основу розробки систем аварійної сигналізації надходження токсичних речовин у водойми. Так, на р. Рейн (Німеччина) функціонують станції автоматичного контролю й реєстрації надходження забруднювальних речовин у воду. Вони діють за принципом протидії риб потоку води: кілька невеликих риб уміщують у замкнену проточну лоткову систему, яка на задній стінці має чутливі елементи – сенсори. Сигнал дотику до них автоматично передається й реєструється. При надходженні в таку систему забрудненої води риби втрачають здатність протидіяти потоку та прибиваються до задньої стінки. Сигнали від неї подаються до самописців і на диспетчерський пункт, який реєструє викиди забруднень [22].

Більш глибоке вивчення токсичності хімічних речовин та забруд-

нених вод ґрунтується на *хронічних біотестах*, які проводяться на кількох поколіннях тест-об'єктів (більшість – на гіллястовусих ракоподібних). Головним критерієм токсичності в хронічних дослідах є зниження плодючості гідробіонтів, яке відчутно реєструється в третьому-четвертому поколіннях і досягає максимуму в п'ятому. Варто зазначити, що хронічно діюча концентрація на 1–3 порядки нижча від тієї, яка викликає гостре отруєння. Зниження плодючості обумовлюється значними змінами в ембріогенезі, порушеннями структури хромосом та інших елементів статевих клітин. Проте при значно більш тривалих дослідах (до 15 поколінь) плодючість дафній в останніх поколіннях часто не тільки відновлювалась, але ставала навіть більшою, ніж у рачків, порівняно з вихідною. Це дає підставу стверджувати про адаптацію рачків до відносно невисоких концентрацій токсикантів та можливість відтворення популяцій, які перебувають в умовах постійного невисокого забруднення середовища.

Гострі біотести дають оперативну експрес-інформацію про токсичність водного середовища упродовж короткого часу (до 4–5 годин). У сучасних екологічних класифікаціях якості води рівень токсичності водного середовища пропонується визначати за реакцією тест-об'єктів упродовж 24 та 48 годин [26].

Між сумарною концентрацією токсичних речовин і даними біотестування води не завжди існує пряма залежність. Ефект дії одного дуже отруйного токсиканта може бути більшим, ніж від кількох, але менш токсичних. При утворенні комплексних сполук металів з органічними й іншими речовинами токсичність зменшується. До того ж між різними речовинами виникають складні сполуки. Вони можуть посилювати токсичну дію однієї сполуки на іншу (*синергізм*) або, навпаки, протидіяти одна одній (*антагонізм*), послаблюючи токсичність. Тому наслідки біотестування забруднених вод потрібно розглядати як інтегральну оцінку життєвого середовища гідробіонтів, його можливого негативного впливу на основні їх функції.

Біотести на представниках окремих видів і культурах гідробіонтів дають певну інформацію про токсичність різних забруднених вод. Натомість вони проводяться на окремих речовинах вибірковими тест-об'єктами, що з екологічної точки зору недостатні, оскільки в природних водоймах протікають більш складні процеси, пов'язані з багатоконпонентністю біоти й міжпопуляційними зв'язками, які виникають у токсичному середовищі.

До того ж гідробіонти, розміщені в штучні ємності, фізіологічно

відрізняються від тих, що живуть у природних популяціях. Наприклад, синьо-зелена водорість у культурі розвивається тільки у вигляді окремих клітин, дуже чутливих до токсикантів, а в природі утворює великі колонії, укриті шаром слизу, який захищає клітини від проникнення токсикантів.

Тому для виявлення суто екологічних наслідків токсифікації водного середовища застосовується тестування безпосередньо у водоймах – *екотестування*. Значного поширення у світовій практиці набули так звані мікрокосми – штучні об'єми води, що вміщують у природні водойми, обмежуючи певні об'єми води, а також експериментальні ємності більшого об'єму мезо- та макрокосми, які встановлюють навіть в океанічних водах. Макрокосми – це досить складні інженерні споруди, які утримуються на плаву й витримують навіть великі хвилі. У таких ізольованих об'ємах води досліджують вплив антропогенних чинників на гідрохімічний режим та динаміку чисельності й біомаси гідробіонтів, застосовуючи звичайні гідробіологічні методи відбору та аналізу проб, зокрема кількісний облік фіто-, зоо- та бактеріопланктону. Це дає змогу виявити більш або менш чутливі до токсикантів види, відстежити за перебудовою планктонних ценозів, первинною продукцією та іншими параметрами водної екосистеми.

Практичні завдання

1. Користуючись нижченаведеною інформацією, ознайомтесь із методами біотестування водойм для життєдіяльності гідробіонтів і тест-організмами та законспекуйте основні їх положення.

2. Закласти дослід з біотестування якості води на прикладі проростання насіння культурних рослин (розмноження ряски малої тощо). Контроль – водопровідна відстояна вода.

Контрольні питання

1. *Що таке біотестування?*
2. *Які гідробіонти можуть бути тест-об'єктами?*
3. *Назвати вимоги щодо утримання тест-організмів у лабораторних умовах.*
4. *Які види розрізняють серед тест-об'єктів біотестування?*
5. *Яка переносна проста апаратура використовується для біотестування?*
6. *Назвіть тест-функції, які використовуються в різних варіантах біотестування.*

7. Що таке хронічні біотести?

8. Яке тестування застосовується безпосередньо у водоймах для виявлення суто екологічних наслідків токсифікації водного середовища?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 15

Тема: *Ставкова аквакультура та розрахунок рибної продукції*

Мета: ознайомитися із технологіями вирощування риби у ставках та способами розрахунку рибної продукції.

Теоретичні відомості

Ставкова аквакультура. Однією із розроблених форм аквакультури є риборозплід за рахунок споруди штучних водойм і контролю за складом іхтіофауни. Ставки влаштовуються спусковими, що дає змогу повністю відловлювати вирощених риб та полегшує догляд за водоймами.

Для товарного вирощування в ставках використовуються численні види коропа, форелі, товстолоби, ікталуриси, тиліпії, буффало тощо. Вирощування здійснюють у монокультурі, коли ставки зарибнюють мальками одного виду, або в полікультурі за рахунок сумісного вмісту різних риб, які забезпечують повніше використання природної кормової бази та дають додаткову продукцію.

За складом вирощуваних риб рибні господарства поділяються на **тепководні** (короп, товстолобик, тиліпія тощо) та **холодноводні** (райдужна форель тощо). Усі підприємства товарного риборозведення здебільшого мають однакові гідротехнічні споруди, але відрізняються за ступенем проточності, глибинами та розмірами ставків.

За способом організації розрізняють **повносистемні й неповносистемні** ставкові господарства. У першому випадку риба вирощується від ікринки до товарної маси у дворічному віці, у другому – забезпечується тільки одна частина виробничого процесу: або вирощування посадкового матеріалу (рибгоспами), або товарної риби з привозного посадкового матеріалу.

За термінами вирощування товарної риби ставкові господарства поділяють на господарства з одно-, дво-, і трирічним обігом [27].

Весь процес вирощування товарної риби забезпечується використанням ставків різного типу (рис. 15.1). У порівняно глибоких маточних ставках містяться репродуктори вирощуваного виду риби, тобто особини, залишені для забезпечення посадковим матеріалом рибних господарств. Навесні репродуктори пересаджують у дрібні нерестові ставки, у яких ікра, що відкладається, запліднилася природним чином. Мальки, що викльовуються, через деякий час пересаджують у вирощувальні ставки, а репродуктори повертають у маточні ставки. Осінню вирощувальні ставки обловлюють, мальків переміщують у зимувальні ставки, а наступного року навесні пересаджують у нагульні ставки, де вирощують до товарної маси.

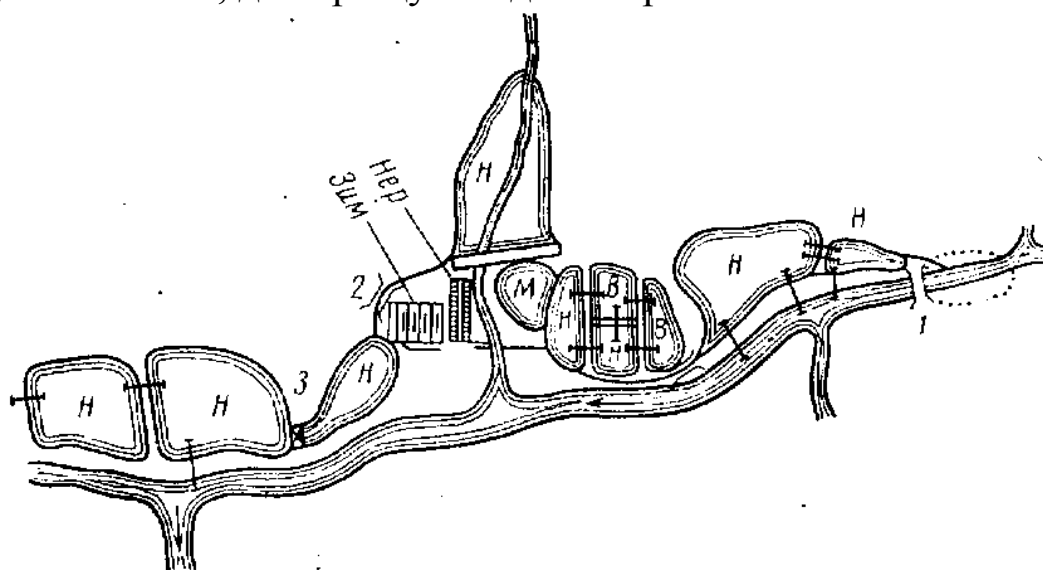


Рис. 15.1. *Схема організації коронового ставкового господарства (за Жадіним і Гердим, 1961)[22]:*

*Н – нагульні ставки, В – вирощувальні ставки, М – маточні ставки, Нер – нерестові ставки, Зим – зимувальні ставки;
1 – дамба, 2 – розподільник, 3 – регулятор*

Цьоголітки й однорічки висаджують у ставки за певними нормами (чим більша риба, тим нижча щільність посадки). При інтенсивному годуванні та сприятливих кліматичних умовах отримують з 1 га в рік до 50 т коропа, (Малайзія), 8–12 т тилляпі (Камбоджа), 3 т ікталурисів (Південь США); у середніх широтах продукція значно нижча. На 1 кг приросту риб витрачається 3–4 кг сухого корму.

У нашій країні найбільш розроблена **полікультура**, що включає коропа (еврифаг) і білого товстолоба (фітопланкто-детритофаг). Іноді до них додають строкатого товстолоба (зоопланктофаг) й білого

амура (макрофітофаг). Оскільки рослиноїдні риби ще теплолюбивіші, ніж короп, полікультура дає добрі результати у відповідних кліматичних зонах. За кордоном полікультура найширше ведеться в Індії, Китаї Японії, у країнах Близького Сходу й Африки. Присутність у ставках рослиноїдних риб не тільки не знижує, але навіть підвищує вихід продукції коропа, оскільки їхні фекалії, що містять велику кількість недовикористаної органіки, покращують кормову базу ставків. Одним із засобів підвищення ефективності полікультури є використання для її ведення нових об'єктів, у тому числі різних видів буффало, що володіють досить високими потенційними можливостями зростання.

Рибопродуктивність ставків визначається тим, наскільки близькі до оптимальних абіотичні й біотичні чинники створених водних екосистем. З абіотичних чинників найбільш вагомим значення мають температурний і кисневий, які у відомих межах контролюються конструкцією ставків та організацією їх водопостачання. Із біотичних чинників найбільше значення має трофічний, уключаючи хижаків, паразитів і харчових конкурентів.

Покращення трофічних умов найефективніше досягається внесенням добрив у ставки. Внесення біогенів стимулює первинне продукування, роблячи екосистему здатною зв'язувати більшу кількість сонячної енергії й тим самим підвищувати її трофічний потенціал. Внесення органічних добрив зумовлює уведення в екосистему вже зв'язаної енергії й у ширшому екологічному плані є менш перспективним, хоча в багатьох конкретних випадках дає високий господарський ефект.

Склад іхтіофауни, наявність тих чи інших видів риб, стан популяції промислових видів риб, потенційна рибопродуктивність водних об'єктів та загальна величина вилову з них рибопродукції (**реальна або промислова**) є важливими характеристиками водних екосистем. Бо вони є індикаторами якості води, загального благополуччя або неблагополуччя гідроекосистем та визначають рибогосподарське значення водойм.

Більшість методів обчислення величин потенційної ($P_{p-потенц.}$) та промислової ($P_{p-реальн.}$) рибної продуктивності водойми базується на результатах фактичних спостережень за рибопродукцією, морфометричними характеристиками, гідрологічним, гідрохімічним, загальним гідробіологічним та санітарно-гідробіологічними

режимами на конкретних водних об'єктах, що виконуються упродовж декількох вегетаційних сезонів [7, 8].

На водоймах, де спостереження за величинами рибної продукції не виконувалися, для їх визначення використовують метод розрахунку "за аналогією", тобто для невивченого водного об'єкта, з урахуванням даних про валову первинну продукцію фітопланктону, біомасу зоопланктону, гідролого-морфометричні, гідрохімічні характеристики водойми, температурний режим та інші показники. Підбирається метод обчислення рибної продукції, який було розроблено за фактичними даними про рибопродукцію на вже дослідженій водоймі з аналогічними величинами валової первинної продукції фітопланктону, біомаси зоопланктону тощо.

Існують такі орієнтовні розрахунки рибної продукції за фітопланктоном і зообентосом.

Визначення *рибної продукції за фітопланктоном* ґрунтується на залежності розміру вилову риби ($P_{p-реальн.}$, кг/(га·рік)) від величини первинної продукції фітопланктону ($P_{фп.}$, кг/(га·рік)), яка встановлена В. В. Бульоном і Г. Г. Вінбергом [2], та виражена наступним лінійним рівнянням

$$P_{p-реальн} = 0,001 \cdot (1,8+0,9) \cdot P_{фп.} \quad (15.1)$$

Середнє значення промислової рибної продукції дорівнює

$$P_{p-реальн} = 0,02 \cdot P_{фп.} \quad (15.2)$$

Використовуючи ці рівняння, можна визначити величину очікуваної промислової рибної продукції у водоймі, що досліджується, при відомому значенні первинної продукції фітопланктону за рік.

На озерах та водосховищах промислом вилучається тільки частина всієї маси риби у водоймі. Коефіцієнт вилову риби (k_p) може змінюватися на різних водних об'єктах від 0,02 до 0,35, дорівнюючи пересічно 0,1.

Тому потенційна рибна продуктивність водойми ($P_{p-потенц.}$, кг/(га·рік)) дорівнює

$$P_{p-потенц.} = P_{p-реальн.}/k_p \quad (15.3)$$

З урахуванням пересічної величини коефіцієнта k_p та (15.2), рівняння (15.3) має наступний вигляд

$$P_{p-потенц.} = 0,2 \cdot P_{фп.} \quad (15.4)$$

Розглянемо *розрахунок рибної продукції за зоопланктоном*. Обчислення рибної продукції за зоопланктоном ґрунтується на

інформації про пересічну величину біомаси зоопланктону за вегетаційний період ($B_{зп}$, кг/га). Вона у різних водоймах коливається в межах від 1 до 1000 кг/га та залежить від рівня трофності водойм та особливостей гідрологічного режиму.

Для визначення річної продукції зоопланктону за вегетаційний період ($P_{зп1}$, кг/(га·рік)) використовують Р/В-коефіцієнт (відношення річної питомої продукції безхребетних до їхньої питомої біомаси)

$$P_{зп1} = 10 \cdot B_{зп} \cdot P_{зп}/B_{зп}. \quad (15.5)$$

Розміри Р/В-коефіцієнта зоопланктону в різних водоймах коливаються від 10 до 45 у мирних видів та від 4 до 32 – у хижих планктонних ракоподібних, та пересічно становлять 23.

З урахуванням пересічної величини Р/В-коефіцієнта планктону маємо:

$$P_{зп1} = 230 \cdot B_{зп}. \quad (15.6)$$

Однак риби використовують тільки частину зоопланктону, яка складає 50–80 % всієї продукції зоопланктону у водоймі. Тому для визначення кількості зоопланктону, що йде на корм риbam $P_{зп2}$ використовують коефіцієнт вживання зоопланктону рибами ($k_{зп1}$), який становить 0,50–0,80.

З допомогою цього коефіцієнта частка річної продукції зоопланктону, що йде на корм риbam, обчислюється за рівнянням:

$$P_{зп2} = k_{зп1} \cdot P_{зп1}. \quad (15.7)$$

З урахуванням (15.6) а також того, що $k_{зп1}$ пересічно дорівнює 0,65, рівняння (15.7) буде мати вигляд:

$$P_{зп2} = 150 \cdot B_{зп}. \quad (15.8)$$

Величина потенційної рибної продуктивності (питома рибна продукція, приріст іхтіомаси) обчислюється за допомогою кормового коефіцієнта ($k_{зп2}$), що виражає відношення якості засвоєного корму (зоопланктону) до приросту іхтіологічної маси риб ($P_{р-потенц.}$):

$$P_{р-потенц.} = P_{зп2} / k_{зп2}. \quad (15.9)$$

З урахуванням рівняння (15.8) та того, що пересічне значення коефіцієнта $k_{зп2}$ (що зазвичай становить 5–10) дорівнює 7,5, рівняння (15.9) буде мати такий вигляд:

$$P_{р-потенц.} = 20 \cdot B_{зп}. \quad (15.10)$$

Загальна величина промислової рибопродуктивності ($P_{р-реальн.}$) обчислюється за рівнянням:

$$P_{p\text{-реальн.}} = k_p \cdot P_{p\text{-потенц.}} \quad (15.11)$$

З урахуванням (15.10) а також того, що пересічна величина вилова риби в озерах та водосховищах становить близько 0,5 % ($k_p = 0,005$), маємо:

$$P_{p\text{-реальн.}} = 0,1 \cdot B_{зп} \quad (15.12)$$

Практичні завдання

1. Обчисліть величину промислової та потенційної рибної продукції за фітопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 15.1.

Таблиця 15.1

Значення $P_{фп}$ згідно варіантів

№ Вар.	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$P_{фп}$, кг/ (га·рік)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000

2. Обчисліть величину потенційної та промислової рибної продукції за зоопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 15.2.

Таблиця 15.2

Значення $B_{зп}$ згідно варіантів

№ Вар.	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$B_{зп}$, Кг/га	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000

Контрольні питання

1. Назвати основні види риб, що вирощуються в аквакультурі.
2. Чим відрізняється повносистемне такове рибництво від неповносистемного.
3. Що є найбільш керованою формою аквакультури?
4. Як Ви розумієте поняття полікультури в рибному господарстві.
5. Назвати способи розрахунків рибної продукції у водоймах.
6. Як обчислити величину промислової рибної продуктивності водойми за рік.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3

1. Алекин О. А. Общая гидрохимия / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеоздат, 1948. – 208 с.
2. Винберг Г. Г. Общие основы изучения водных экосистем / Г. Г. Винберг. – Л. : Наука, 1979. – 273 с.
3. Гриб Й. В. О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод / Й. В. Гриб // Гидробиологический журн. – 1993. – № 3. – С. 38–43.
4. Гроховська Ю. Р. Біологічний моніторинг водного середовища: навч. посіб. / Ю. Р. Гроховська, С. В. Кононцев, Т. М. Колесник. – Рівне : НУВГП, 2010.
5. Дідух Я. П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта. – Київ : Наук. думка, 1994. – 280 с.
6. Досвід використання “Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями” : пояснення, застереження, приклади / А. В. Яцик, В. М. Жукинський, А. П. Чернявська, І. С. Єзловецька. – К. : Оріяни, 2006. – 44 с.
7. Иванов А. П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 368 с.
8. Исаев А. И. Рыбоводство / А. И. Исаев, Е. И. Карпова. – М. : Агропромиздат, 1991. – 96 с.
9. Катанская В. М. Методика исследования высшей водной растительности / В. М. Катанская // Жизнь пресных вод СССР. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 4. – Ч. 1. – С. 160–182.
10. Кафтаникова О. Г. Зообентос как индикатор санитарного состояния р. Днепр / О. Г. Кафтаникова, Мартынова Е. Г. // Самоочистка и биоиндикация загрязненных вод. – М. : Наука, 1980. – С. 64–70.
11. Клименко М. О. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) / М. О. Клименко, С. С. Трушева, Ю. Р. Гроховська. – Рівне : Волинські обереги, 2004. – Т. 3. – 211 с.
12. Клименко М. О. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими рослинами : монографія / М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська. – Рівне : НУВГП, 2005. – 194 с.
13. Кокин К. А. Экология высших водных растений. / К. А. Кокин. – М. : Знание, 1982. – 160 с.

14. Костіков І. Ю. Ботаніка. Водорості та гриби : навч. посіб. / І. Ю. Костіков, В. В. Джаган, Е. М. Демченко [та ін.]. – К. : Арістей, 2006. – 475 с.
15. Кучерява Л. Ф. Систематика вищих рослин / Л. Ф. Кучерява, В. О. Войтюк, В. А. Нечитайло. – К. : Фітосоціоцентр, 1992. – 135 с.
16. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Дубына Д. В., Гейни С., Гроудова З. и др. – К. : Наук. думка, 1993. – 399 с.
17. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
18. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України – проект / Романенко В. Д., Оксіюк О. П., Яцик А. В. – К. : ВІПОЛ, 2001. – 47 с.
19. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Основи гідроекології” / Ю. Р. Гроховська, І. О. Парфенюк. – Рівне : НУВГП, 2014. – 35 с.
20. Нетробчук І. М. Практикум із курсу “Методи гідроекологічних досліджень” / І. М. Нетробчук. – Луцьк : РВВ “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім.Лесі Українки, 2007. – 76 с.
21. Разнообразие водорослей Украины / под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. – 2000. – Т. 10. – № 4. – 309 с.
22. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підруч. / В. Д. Романенко; наук. ред. Л. П. Брагінський. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
23. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 240 с.
24. Телитченко М. М. Санитарная гидробиология: Руководство к практикуму / М. М. Телитченко, К. А. Кокин. – М. : Изд-во МГУ, 1968. – 68 с.
25. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії : підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К.: Ніка-Центр. – 2012. – 312 с.
26. Швебс Г. І. Каталог річок і водойм України : навч.-довідк. посіб. / Г. І. Швебс, М. І. Ігошин; за ред. Є. Д. Гопченка;

Одеський нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.

27. Яцик А. В. Водні ресурси : використання, охорона, відтворення, управління : підручник / А. В. Яцик, Ю. М. Грищенко, Л. А. Волкова, І. А. Пашенюк. – К. : Генеза, 2007. – 360 с.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРА

1. Горев Л. Н. Основи моделювання в гідроекології / Л. Н. Горев. – К. : Либідь, 1996. – 336 с.
2. Горбачова Л. О. Сучасні пріоритети та напрямки гідроекологічних досліджень річкових басейнів // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К., 2006. – Т.11. – С.338–342.
3. Гроховська Ю. Р. Аналіз гідроекологічних процесів у малій річці / Ю. Р. Гроховська // Таврійський наук. вісн. – Херсон, 2007. – Вип. 48. – С. 121–129.
4. Захарова М. В. Гідроекологічні основи водного господарства : практикум / М. В. Захарова; М-во освіти і науки України, Одес. держ. екол. ун-т. – О. : Екологія, 2010. – 110 с.
5. Зубова Л. Г. Гідроекологічні проблеми Донбасу : навч. посіб. / Л. Г. Зубова, О. Р. Зубов; М-во освіти і науки України, Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. – 99 с.
6. Іваненко О. Г. Математичне моделювання гідроекологічних систем : навч. посіб. / О. Г. Іваненко; М-во освіти і науки України, Одес. держ. екол. ун-т. – О. : Екологія, 2007. – 140 с.
7. Ковальчук І. Конструктивно-геоморфологічні дослідження процесів трансформації структури і гідроекологічного стану річкових систем / І. Ковальчук // Геоморфологічні дослідження в Україні: минуле, сучасне, майбутнє. – Львів, 2002. – С. 74–76.
8. Кожова О. М. Прогноз состояния водных экосистем и приёмы экологической оценки действия антропогенных факторов / О. М. Кожова // Прогнозирование экологических процессов. – Новосибирск : Наука, 1986. – С. 27–34.
9. Корлюм А. Б. Водногоосподарські та гідроекологічні проблеми Дністра в сучасних умовах / А. Б. Корлюм // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К., 2003. – Т. 5 : Географічному факультету – 70 років. – С.128–136.
10. Мокін В. Б. Математичні моделі та програми для оцінювання якості річкових вод / В. Б. Мокін, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 152 с.
11. Моніторинг і охорона водних ресурсів, відтворення їх гідроекологічних функцій // Рівненський держ. техн. ун-т.

- Вісник. – Рівне, 2000. – Вип. 4 (6) : “Водне господарство: економіка, екологія, менеджмент”. – С. 3–110.
- 12.Ободовський О. Г. Гідроекологічні особливості формування русел річок України / О. Г. Ободовський // Київський ун-т ім. Т. Г. Шевченка. Вісник. Серія : Географія. – К., 1999. – Вип. 45. – С.58–61.
 - 13.Романенко В. Д. Актуальні гідроекологічні проблеми в контексті Європейської водної політики / В. Д. Романенко // Наук. зап. – Тернопіль, 2005. – № 3 (26) : Спец. вип. : Гідроекологія. – С. 378–381.
 - 14.Ромась М. І. Особливості водокористування та гідроекологічні умови водних об’єктів південно-українського енергокомплексу / М. І. Ромась // Вісник. Сер. : Екологія. – № 758. – Х., 2007. – С. 53–61.
 - 15.Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування : навч. пос. / Т. А. Сафранов. – Львів : Новий світ-2000, 2003. – 248 с.
 - 16.Хільчевський В. К. Розвиток гідрохімічних і гідроекологічних досліджень в Україні / В. К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. : Ніка-Центр, 2001. – Т. 2. – С. 2–12.
 - 17.Юрасов С. М. В.Оцінка якості природних вод : навч. пос. / С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай. – Одеса : Екологія, 2012. – 168 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Адаптація гідро біонтів 68
- Аквакультура 165
- товарна 165
 - випасна 166
 - індустріальна 166
 - ставкова 166
 - форми 166
 - екстенсивна 166
 - інтенсивна 167
 - напівінтенсивна 167
 - лімнокультура 168
 - марикультура 168, 170
 - полікультура 168
- Акліматизація 162
- впровадження 163
 - заміщення 163
- Алелопатія 100
- Аменсалізм 100
- Апвелінг 25, 26
- Біологічна продуктивність 104
- вторинна 104
 - первинна 104
 - продукування 104
 - швидкість 107
- Біологічні ресурси гідробіонтів 156
- Біогеографічні області океану 29
- Біогенна міграція елементів 67
- Біоіндикатори забруднених вод 120
- катароби 120
 - гіперсапроби 120
 - олігосапроби 120
 - полісапроби 120
 - мезосапроби 120
- Біотичний кругообіг речовини й потік енергії 105
- Біоценози континентальних водойм 93
- аргірореофільні 95
 - водосховищ 96
 - літореофільні 95
 - озер 96
 - псамореофільні 95
 - річок 94
 - фітореофільні 95
- Біоценози Світового океану 89

- літоралі 91
 - неритичної зони 93
 - океанічної 93
 - пелагіалі 92
 - шельфу 90
- Болото 38
- Взаємні відносини гідробіонтів 99
- антагоністичні 99
 - нейтральні 103
 - позитивні 101
- Види-едифікатори 91
- Водна екосистема 73
- Водні екосистеми за утворенням первинної продукції 105
- гіперевтрофні 105
 - евтрофні 105
 - мезотрофні 105
 - оліготрофні 105
- Водна маса 26, 88
- конвективне перемішування 88
- Водосховище 39
- Вязкість води 45
- Типи водних мас 27
- поверхневі водні маси 27
 - проміжні водні маси 27
 - глибинні водні маси 27
 - придонні водні маси 27
- Водойми за трофністю 148
- дистрофні 151
 - евтрофні 150
 - мезотрофні 149
 - оліготрофні 149
- Гідроекологія 8
- Гідросфера 18
- Гідробіоценоз 81
- видова структура 85
 - трофічна структура 83
 - функціонування 82
- Гранично допустима концентрація речовини (ГДК) 134
- рибогосподарська 135
 - санітарно-гігієнічна 134
- Детрит 117
- Деструкція 108
- Екологічний норматив якості вод 134
- рибогосподарський 134
 - санітарно-гігієнічний 134

Екотоксикологія 132
Ефективність продукування 109
– вторинна 113
– первинна 109
Евтрофікація 122
– агрогенна 123
– антропогенна 122
– зоогенна 123
– природна 122
– урбогенна 123
Елементи морфоструктури Світового океану 18
– підводні окраїни материків 19
– материковий схил 19
– материкове підніжжя 20
– перехідні зони 20
– серединно-океанічні хребти 21
– ложе океану 22
Ємність середовища 80
Замор 70
Індекси 85
– Жаккара 86
– Константинова 87
– Серенсена 86
– К. Шеннона 85
Інтродукція 162
Коефіцієнт 85
– видової спільності 85
– калорійний O₂ 107
– калорійний поживних речовин 107
Коменсалізм 102
Конкуренція 75, 99
– правило конкурентного витіснення Гаузе 99
Консументи 82, 83
– вторинні 83
– первинні 83
Культивування водоростей 173
Ксенобіотики 130
Метаболіти 80
Мутуалізм 102
Озеро 34
Організми 87
– лімнофільні 87
– реофільні 87
Органічна речовина 117
– автохтонна 117

- алохтонна 117
- Особини гідробіонтів 85
 - адомінанти 85
 - аутсайдери 87
 - випадкові 85
 - домінанти 85
 - субдомінанти 85
- Паразити 100
 - ектопаразити 101
 - ендопаразити 101
 - облігатні 101
 - факультативні 101
- Паразитизм 100
- Популяція гідробіонтів 73
 - біомаса 74
 - чисельність 74
 - щільність 79
- Продукція 104, 106
 - біологічна 104
 - вторинна 105, 112
 - первинна 106
 - ефективна 106
 - валова 106
 - чиста 104, 106
 - питома 107
- Продуценти 82, 83
- Протокооперація 102
- Промисел гідробіонтів 157
- Річка 31
- Редуценти 82
- Розмноження 76
 - ациклічне 76
 - моноциклічне 76
 - партеногенетичне 76
 - поліциклічне 76
- Самозабруднення водойм 127
 - біологічне 127
- Сапробіонти, або сапротрофи 119
- Сапробність води 119
 - α -мезосапробна 121
 - β -мезосапробна 121
 - катаробні води 122
 - мезосапробні 121
 - олігосапробні 122
 - полісапробні 120

Сапропель 38
Самоочищення водою 128
– біологічне 128
– біоаккумуляція 128
– біофільтрація 128
– біодетоксикація 129
– мінералізація 129
– реаерація 129
– фотосинтетична аерація 129
– механічне 128
– фізичне 128
– фізико-хімічне 128
Світлове голодування 108
Світлові зони водою 61
Світовий океан 17
Сигнальне поле 79
Симбіоз 101
– просторовий 101
– трофічний 101
Стимуляція 103
Ставок 41
Температурна стратифікація 43
Течії 88
– вітрові 88
– дрейфові 88
– компенсаційні 88
– припливні 88
– стічні 88
Типи водних мас 27
– поверхневі водні маси 27
– проміжні водні маси 27
– глибинні водні маси 27
– придонні водні маси 27
Токсичне забруднення 130
– токсиканти 130
– токсифікація 130
Трофічна зона 91
Трофічні ланцюги 83
– випасний 83
– детритний 83, 84
Трофічна піраміда 104, 105
Фактори впливу у водному середовищі 12
– абіотичні 12
– біотичні 14
– антропогенні 14

Феромони 78
Фітомеліорація 125
Фітопланктон 143
Фотосинтетична аерація 129
Хижацтво 99
Цвітіння води 123, 125, 146
 – гіперцвітіння 125
 – інтенсивне 125
 – плями 126
 – помірне 125
 – слабке 125
Щільність води 44
Якість води 133
 – нормування 133

ДОДАТКИ

ВОДОРОСТІ

Додаток А

Відділ синьо-зелені водорості – *Cyanophyta*

Синьо-зелені водорості (*Cyanophyta*), або ціанобактерії, об'єднують усі прокаріотичні фотоавтотрофні рослини і нараховують близько 2000 видів. Синьо-зелені водорості є однією з найдавніших груп на планеті. Уважають, що *Cyanophyta* з'явилися близько 3,5–3,8 млрд років тому. Синьо-зелені водорості забарвлені переважно в блакитно-зелений колір, в екстремальних умовах частіше мають забарвлення з різними відтінками червоного кольору. Зеленого відтінку клітинам надає хлорофіл «а». Червоний або блакитний колір обумовлений наявністю значної кількості фікобілінових пігментів – фікоціаніну, алофікоціаніну (сині пігменти) та фікоеритрину (червоний пігмент).

Відділ уключає лише один клас – ***Cyanophyceae***, що за типом поділу клітин, типами трихомів та їх здатністю до справжнього галуження поділяється на чотири порядки – *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales* і *Stigonematales*.

Порядок хроококальні – *Chroococcales*

Уключає всі одноклітинні синьо-зелені водорості. Поділ клітин повний. Хроококальні водорості можуть бути представлені поодинокими клітинами або утворювати різноманітні колонії.

Рід *мікроцистис* – *Microcystis*. Мікроскопічна прісноводна водорість, що складається з великої кількості поодиноких клітин, розміщених у слизових колоніях неправильної форми. Розмноження відбувається фрагментацією колоній та поділом клітин навпіл. Найвідомішим представником роду є *Microcystis aeruginosa* – мікроцистис синювато-зелений. Це небезпечний збудник «цвітіння» води в стоячих і повільно текучих прісних водоймах, особливо у рівнинних водосховищах. У процесі життєдіяльності водорість виділяє токсини з групи гепатотоксинів (зокрема мікроцистіни), що класифікуються як фактор швидкої смерті. Розвитку «цвітіння» сприяють підвищена температура води, високий уміст біогенних елементів (азоту, фосфору, калію), відсутність перемішування водної товщі.

Рід мерисмопедія – *Merismopedia*. Ця колоніальна водорість має клітини, що діляться почергово у двох площинах, причому площина кожного наступного поділу проходить перпендикулярно до площини попереднього. Мерисмопедія мешкає в планктоні прісних водойм та приморських солоних озер.

Рід глеокапса – *Gloeocapsa*. Клітини глеокапси більш-менш сферичні, діляться в трьох взаємно перпендикулярних площинах, здатні до швидкого багаторазового поділу й утворюють характерні слизові колонії, що складаються із системи вкладених один в одного слизових міхурів. Види роду трапляються в біотопах усіх типів (морські та континентальні води, ґрунти), проте найчастіше оселяються на зрошуваних бризками скелях, стінах водоспадів, вологому камінні.

Порядок осциляторіальні – *Oscillatoriales*. Рід осциляторія – *Oscillatoria*. Водорість мікроскопічна, має прямі або дещо викривлені чи злегка спіралеподібні нерозгалужені довгі трихоми однакової ширини. Завдяки наявності в оболонці розміщених під кутом скоротливих мікрофібрил трихоми здатні до повільного обертального (осциляторного) руху, від якого походить назва роду.

Види роду розповсюджені в стоячих та повільнотекучих прісних континентальних водоймах, морях і ґрунтах. При масовому розвитку ці водорості утворюють синьо-зелені плівки та шкуринки, які вільно плавають або обростають різні субстрати. Деякі морські види здатні викликати токсичні «цвітіння» води [5].

Порядок ностокальні – *Nostocales* – об'єднує багатоклітинні гетероцитні водорості з нерозгалуженими трихомами. Як і в *Oscillatoriales*, поділ клітин є неповним і відбувається в площині, перпендикулярній поздовжній вісі трихоми, а розмноження здійснюється гормононіями або гормоцитами.

Ностокальні водорості поширені в морях, континентальних водоймах, у ґрунтах і завдяки здатності до фіксації атмосферного азоту в аеробних умовах відіграють надзвичайно важливу роль у планетарному кругообігу азоту. Деякі види ностокальних – небезпечні збудники «цвітіння» води [14, 21].

Примітивніші ностокальні водорості (наприклад *Gloeotrichia*) мають асиметричні нитки, еволюційно просунуті – симетричні (*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Nostoc*).

Рід глеотрихія – *Gloeotrichia*. Водорість утворює масивні слизові колонії, що складаються з нерозгалужених асиметричних

ниток. *Gloetrichia* мешкає переважно в прісних стоячих водоймах. На початку розвитку колонії прикріплені до підводних субстратів (переважно до стебел та листків вищих водяних рослин), згодом відриваються від них і вільно плавають на поверхні води. У деяких країнах Азії місцеві жителі збирають колонії глеотрихії та вживають у їжу.

Рід афанізоменон – *Aphanizomenon*. Трихоми *Aphanizomenon* з'єднуються в шкуринки, що плавають у товщі води. Клітини виповнені численними газовими вакуолями. Усі види роду – небезпечні збудники токсичного «цвітіння» води. Так, у водосховищах Дніпровського каскаду близько 20 % випадків «цвітіння» зумовлює афанізомен цвітіння води (*A. flos-aquae*). Окремі форми цього виду також спричиняють «цвітіння» води в Азовському морі (починаючи з середини 90-х років ХХ ст., воно спостерігається регулярно).

Рід анабена – *Anabaena*. Це мікроскопічна багатоклітинна водорість, що має поодинокі прямі або різноманітно зігнуті симетричні нерозгалужені трихоми однакової ширини. Види роду *Anabaena* розповсюджені в планктоні прісних і солонуватих, стоячих або повільнотекучих водойм, нерідко розвиваються в ґрунтах та на їх поверхні. Деякі види роду влітку часто викликають токсичне «цвітіння» води. До таких небезпечних збудників належать *A. scheremetievi* – анабена Шереметьєвої, *A. spiroides* – а. спіралеподібна та *A. flos-aquae* – а. цвітіння води.

Рід носток – *Nostoc*. Здебільшого водорості з макроскопічними слизовими колоніями (розміри останніх в окремих видів можуть сягати кількох сантиметрів). Колонії за консистенцією м'які або тверді, за формою – різноманітні. У колоніальному слизі містяться викривлені, переплетені та досить часто згорнуті в щільну спіраль симетричні трихоми.

Відділ евгленофітові водорості – *Euglenophyta*

До евгленофітових водоростей належать еукаріотичні первинно гетеротрофні, фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні дискокрисати, що мають клітинний покрив, представлений пелікулою. Фотоавтотрофні представники мають вторинно симбіотичні пластиди хлорофітного типу.

Відділ нараховує близько 1000 видів мікроскопічних водоростей, поширених переважно в прісних континентальних водоймах. Окремі представники ведуть паразитичний спосіб життя.

За винятком роду *Colacium*, усі евгленофітові є монадними одноклітинними організмами.

Відділ уключає один клас – Euglenophyceae, та три порядки – Euglenales, Peranematales, Euglenamorphales.

Порядок перанематальні – *Peranematales* – уключає лише безбарвні види, які живляться осмотрофно та голозойно й позбавлені забарвлених аналогів; багато представників мають пристосування для активного захоплення їжі – паличкоподібну органелу або сифон.

Рід перанема – *Peranema*. Водорість безбарвна, живиться осмотрофно та голозойно, має дуже метаболічні клітини злегка дорзовентральної будови. Перанему можна знайти у водоймах, забруднених органічною речовиною – наприклад у відстійниках очисних споруд, у полісапробній зоні озер, а також у прибережному мулі річок і ставків.

Порядок Евгленальні – *Euglenales* – об'єднує всіх забарвлених представників та безбарвні види, які вторинно втратили хлоропласти. Останні живляться осмотрофно й за морфологією нагадують забарвлені форми. Основними родами є *Euglena*, *Trachelomonas*, *Phacus*. **Рід евглена – *Euglena*** – об'єднує вільно-існуючі прісноводні водорості з монадним типом структури. Клітини евглени витягнуті в довжину, у різному ступені метаболічні, мають найрізноманітнішу форму: веретеноподібну, циліндричну, еліпсоїдну, стрічкоподібну та ін. Рід об'єднує понад 150 видів водоростей, які існують переважно в невеликих прісних (часто гумінізованих) водоймах, зрідка – на вологому ґрунті або в спріснелих ділянках морів. Деякі види евглен за сприятливих умов можуть викликати нетоксичні зелені або червоні «цвітіння» води. На території України найбільш поширеними видами цього роду є *E. viridis* – евглена зелена, *E. acus* – е. гольчаста та *E. spirogyra* – е. спірогіра.

Рід трахеломонас – *Trachelomonas* – уключає вільноплаваючі одноклітинні організми з метаболічними клітинами, які містяться в міцних будиночках, що утворені слизовими тяжами, просякнутими мінеральними солями. На верхівці будиночки мають отвір, через який назовні виходить один джгутик. Рід належить до найбільш розповсюджених на території України. Його представники трапляються переважно в невеликих водоймах зі стоячою водою або слабкою течією, ефемерних водоймах, болотах, озерах, ставках

та ін. Часто трахеломонас масово розмножується, й тоді вода набуває бурого кольору з різними відтінками. Найчастіше трапляються *T. volvocina* – трахеломонас вольвоксовий, *T. intermedia* – т. проміжний, *T. hispida* – т. дрібнощетинистий та *T. armata* – т. озброєний.

Рід *факус* – *Phacus* має забарвлені й сильно стиснуті з боків клітини, які зазвичай на задньому кінці закінчуються безбарвним прямим або зігнутих відростком. Клітини мають щільну пелікулу з косими або поздовжніми смугами, переважно численні дископодібні пристінні хлоропласти без піреноїдів. Водорості мешкають здебільшого в невеликих водоймах, забруднених органічними речовинами [14, 21].

Порядок евгленоморфальні – *Euglenamorphales*

Порядок уключає види, що паразитують на тваринах і мешкають у кишківниках олігохет, нематод, копепод, амфібій, на зябрах риб. У тілі тварини-господаря ці водорості безбарвні й позбавлені джгутиків. При вилученні з тіла тварини-господаря та перенесенні на світло, клітини евгленоморфальних водоростей відрощують джгутики, синтезують хлорофіл та набувають зеленого забарвлення. Типовим представником цього порядку є рід евгленоморфа – *Euglenomorpha*.

Відділ золотисті водорості – *Chrysophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні тубулокрстати, у яких клітини голі (з кремнеземовими лусочками або без них) чи вкриті пектиновою оболонкою. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Джгутикові стадії мають ретро-неми. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – наявність у життєвому циклі стадії ендогенних кремнеземових цист. Золотисті водорості мешкають переважно в прісних водоймах і є здебільшого монадними організмами.

За наявністю на поверхні клітин кремнеземових лусочок відділ поділяють на два класи – *Chrysophyceae* та *Synurophyceae*.

Клас хризофіцієві – *Chrysophyceae* – об'єднує одноклітинні й багатоклітинні водорості з усіма характерними для відділу типами морфологічних структур – монадним (уключаючи амебоїдний та плазмодіальний), гемімонадним, кокоїдним і нитчастим. Клас об'єднує переважно прісноводні водорості.

Порядок охромонадальні – *Ochromonadales*. До порядку входять одноклітинні, колоніальні та ценобіальні види, які мають типову монадну будову. Поширені вони переважно в планктоні

чистих прісних водойм. Провідними родами порядку є *Ochromonas*, *Chromulina*, *Dinobryon*.

Рід охромонас – *Ochromonas* – характеризується наявністю голих, злегка метаболічних поодиноких монадних клітин із двома нерівними джгутиками та одним жовтим хлоропластом. *Ochromonas* найчастіше трапляється взимку, у планктоні водойм, у сфагнових болотах. Охромонас вважають найбільш примітивною золотистою водоростю. **Рід хромуліна – *Chromulina***. Водорість одноклітинна. Клітини вкриті плазмалевою, округлі або веретеноподібні, здатні змінювати форму й інколи утворювати псевдоподії. Хромуліни поширені як у прісних водоймах, так і в морях. На поверхні невеликих лісових озер та калюж часто можна спостерігати матово-золотисту плівку, утворену величезною кількістю цист хромуліни (до 40 000 на 1 мм² поверхні).

Рід дінобрій – *Dinobryon*. Більшість видів цього роду утворюють вільноплаваючі колонії, утворені з'єднаними між собою будиночками водорості. Деякі будиночки (переважно в нижній частині колонії) порожні; у будиночках, що розміщені на верхівці колонії, містяться монадні клітини. Види роду є типовими мешканцями планктону прісних водойм (найчастіше – озер) і трапляються протягом усього року.

Клас синурофіцієві – *Synurophyceae* – об'єднує одноклітинні, переважно монадні водорості, плазмалема яких укрита спірально розміщеними кремнеземовими лусочками. Клас уключає один порядок – Synurales. Найвідомішими представниками класу є роди *Mallomonas* та *Synura*.

Рід маломонас – *Mallomonas* – характеризується поодинокими вільноплаваючими клітинами, які мають лише один джгутик. Види цього роду можна часто побачити в лісових озерах із високим умістом гумінових речовин, особливо в холодну пору року. *Mallomonas* є найбагатшим у видовому відношенні родом класу.

Рід синура – *Synura*. Водорості цього роду утворюють сферичні колонії без слизової оболонки, які містять багато клітин, з'єднаних задніми кінцями. Відомі випадки масового розмноження синури в штучних водоймах, зокрема в резервуарах для питної води, унаслідок чого вода набуває неприємного запаху риба'ячого жиру.

Відділ евстигматофітові водорості – *Eustigmatophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні тубулокрисмати, у яких клітини вкриті пектиною оболонкою. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Джгутикові стадії мають ретронери. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – наявність у монадних стадій унікального фоторецепторного апарату, який розміщений у цитоплазмі біля основи джгутиків.

Відділ нараховує близько 30 видів одноклітинних, виключно кокоїдних організмів, поширених переважно у ґрунтах та морському планктоні.

Відділ уключає один клас – Eustigmatophyceae – та один порядок – Eustigmatales. Характерним представником відділу є рід *Eustigmatos*.

Рід *евстигматос* – *Eustigmatos* широко представлений у різних типах ґрунтів усіх регіонів, за винятком тропічних та субтропічних. Найпоширеніший вид – *Eustigmatos magnus* – легко можна виділити в культуру з лісових, лучних або степових ґрунтів. У водних культурах водорість здатна утворювати одноджгутикові зооспори з досить великою, добре помітною червоною стигмою, що міститься біля основи джгутика й не пов'язана з хлоропластом [14, 21].

Відділ жовто-зелені водорості – *Xanthophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні тубулокрисмати, у яких клітини вкриті пектиною або целюлозно-пектиною оболонкою. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Джгутикові стадії мають ретронери. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Характерна особливість – відсутність жовтого ксантофілу фукоксантину.

Відділ нараховує близько 600 видів одноклітинних, багато-клітинних і неклітинних сифональних водоростей, що мешкають у прісних континентальних водоймах, ґрунтах та в аерофітоні. Більшість жовто-зелених водоростей – організми мікроскопічні, поширені майже виключно в прісних водоймах і ґрунтах.

Відділ уключає один клас – Xanthophyceae, та чотири порядки – Vaucheriales, Botrydiales, Mischococcales і Tribonematales. Поділ на порядки проводиться за типами морфологічної структури тіла, наявністю синзооспор та статевих процесів, особливостями будови оболонок.

Порядок *вошеріальні* – *Vaucheriales* – об'єднує види із сифональним типом структури, що мають ниткоподібні таломі з необмеженим ростом та суцільні целюлозно-пектинові оболонки.

Нестатеве розмноження відбувається за допомогою синзооспор. Порядок містить лише один рід – *Vaucheria*, до якого входить близько 60 видів. Види роду мешкають на вологому ґрунті й у солонуватих і прісних водоймах.

Рід вошерія – *Vaucheria*. Таломи вошерії мають вигляд довгих сланких розгалужених трубок, які позбавлені поперечних перегородок і здатні до необмеженого росту.

Порядок ботридіальні – *Botrydiales*

Об'єднує сифональні водорості з обмеженим ростом та суцільною пектиновою оболонкою. **Рід ботридій – *Botrydium*.** Види цього роду пристосовані до життя на вологому ґрунті. Талом представлений однією багатоядерною клітиною й має вигляд системи дихотомічно розгалужених безбарвних ризоїдів, за допомогою яких водорість закріплюється в ґрунті, та розширеної забарвленої надземної частини, діаметр якої досягає 1–2 мм.

Рід ботридіонсис – *Botrydiopsis*. У представників цього роду вегетативні клітини сферичні, можуть досягати 0,1 мм у діаметрі. Види цього роду мешкають переважно в ґрунтах лісових та тундрових фітоценозів, а також у полярних і високогірних пустелях.

Порядок місхококальні – *Mischococcales*

Об'єднує одноядерні водорості із суцільними пектиновими оболонками. Примітивніші місхококальні мають кокоїдну будову, складніші – гетеротрихальну. Найпоширенішими родами порядку є *Characiopsis* і *Heterococcus*.

Рід хараціонсис – *Characiopsis*. Види роду населяють переважно перифітонні угруповання прісних водойм. Клітини цих водоростей полярні, прикріплюються до підводних субстратів за допомогою коротких чи довгих ніжок, що утворені клітинною оболонкою.

Порядок трибонематальні – *Tribonematales* – об'єднує водорості, що мають двостулкові клітинні оболонки. У межах порядку представлені одноклітинні та нитчасті організми. Найвідомішим представником порядку є рід *Tribonema*.

Рід трибонема – *Tribonema*. Таломи водорості мають вигляд простих нерозгалужених ниток, які на верхівках закінчуються «вилочками». Види роду поширені в прісних водоймах. Нитки трибонеми спочатку прикріплюються до субстрату за допомогою базальної клітини. Після її відмирання нитки спливають на

поверхню, переплітаються й утворюють м'яке світло-зелене жабуриння.

Відділ бурі водорості – *Phaeophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні тубулокрисмати, у котрих клітини вкриті целюлозно-пектиновою оболонкою, до складу якої входять альгінати. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Джгутикові стадії мають ретроніми. Продукт асиміляції – ламінарин.

Відділ нараховує близько 260 родів, представлених майже 2000 видами. Усі представники цього відділу є багатоклітинними, переважно макроскопічними водоростями й поширені майже виключно в морях.

Порядок ламінаріальні – *Laminariales*

Об'єднує водорості, спорофіти яких мають вигляд нерозгалужених шнурів або крупних пластин складної тканинної будови. Як правило, у серцевині є елементи провідної системи. Ріст таломів інтеркалярний. Зміна поколінь гетероморфна, правильна, статевий процес – оогамія. Гаметофіти мікроскопічні, звичайно у вигляді коротких однорядних розгалужених ниток.

Рід ламінарія, або морська капусти – *Laminaria* – Дорослі спорофіти ламінарії сягають 3–4 м завдовжки й складаються з пластини, «стебла» та розгалуженої системи ризоїдів, за допомогою яких водорість прикріплюється до підводних кам'янистих субстратів. Наприкінці вегетаційного сезону пластина зазвичай відмирає та знову відростає в наступному році. «Стебло» й ризоїди в ламінарії є багаторічними. Нестатеве розмноження відбувається за допомогою зооспор. Ламінарія – відома їстівна водорість. До середини 70-х років ХХ ст. її збирали за допомогою драг та спеціальних тралів. Наразі більшість ламінарії, яка використовується людиною, є об'єктом аквакультури й вирощується на спеціальних морських фермах [14, 21].

Рід макроцистис – *Macrocystis*. Уздовж узбережжя Америки домінантом багатьох морських фітоценозів є близький до ламінарії рід *Macrocystis*. Довжина таломів цієї водорості становить до 60 м. Довге тонке стебло під кутом підіймається із дна до поверхні й несе подвійний ряд довгих (до 1–2 м) «листових» пластин. При основі кожної пластини міститься повітряний міхур.

Порядок фукусові – *Fucales*. Представники порядку мають складну тканинну будову, переважно оогамний (як виняток –

гетерогамний) статевий процес, диплофазний життєвий цикл без зміни поколінь. Фукальні водорості поширені як у холодних, так і в теплих морях і зазвичай є домінантами фітоценозів літоралі.

Рід фукус – *Fucus*. У холодних північних морях (наприклад Білому, Баренцевому, Охотському) дно, що оголюється під час відпливів, часто вкрите суцільним килимом таломів *Fucus*. Його таломи великі (30–70 см заввишки), складаються з дископодібної прикріплювальної підошви, циліндричного стебельця та дихотомічно розгалужених пластин, що розширюються до верхівки. Стебельце в пластинах переходить у центральне ребро. Ріст таломів відбувається внаслідок поділу апікальної клітини, що відчленовує від себе клітини субапікальної меристеми.

Рід цистозейра – *Cystoseira*. У Чорному морі на глибинах 1–4 м морські «луки» утворюють види роду *Cystoseira* (переважно *C. barbata* та *C. crinita*). Вони складають основу ланки продуцентів у бентосних фітоценозах літоралі. Таломи *Cystoseira* мають вигляд кущиків із більш-менш циліндричними рясно розгалуженими висхідними гілками й короткими стеблами. Узимку та восени на верхівках гілок утворюються ланцюжки невеличких повітряних міхурів. Невеличкі рецептакули також розміщуються апікально.

Рід саргас – *Sargassum*. У літоральній зоні Атлантичного та Тихоокеанського узбереж домінуючою водоростю є *Sargassum*. Окремі види цього роду, що мешкають у відкритих акваторіях Атлантики, на відміну від інших бурих водоростей, здатні розмножуватись у неприкріпленому стані й утворюють т. зв. Саргасове море. Таломи *Sargassum* куцисті та диференційовані на підошву, стебло й основні гілки. Рецептакули та повітряні міхури в саргасу розвиваються на коротких гілочках, у пазухах основних гілок.

Відділ діатомові водорості – *Bacillariophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні тубулокрисмати, у яких клітини вкриті кремнеземовим панциром. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу. Монадні стадії переважно нерухомі, джгутики мають ретроніми. Продукт асиміляції – хризоламінарин. Відділ нараховує понад 20 тис. видів. Діатомові водорості виникли порівняно недавно – близько 130 млн років тому, у крейдяний період фанерозою, майже одночасно з квітковими рослинами. На сьогодні діатомові перебувають у стані біологічного прогресу та є домінуючою групою в морських і прісноводних біотопах. Усі

діатомові водорості – це кокоїдні одноклітинні або колоніальні організми, розміри яких коливаються в діапазоні 4–2000 мкм при середніх значеннях 20–50 мкм [14, 21].

Відділ поділяють на три класи – *Coscinodiscophyceae*, *Fragilariophyceae* та *Bacillariophyceae*.

Клас косцинодискофіцієві, або центричні, – *Coscinodiscophyceae* (*Centrophyceae*) – об'єднує водорості з актиноморфними стулками, які завжди позбавлені шва. Здебільшого стулки косцинодискофіцієвих круглі, радіально-симетричні, через що представників класу часто називають центричними діатомеями. Лише в центричних діатомей виявлено оогамні статеві процеси та рухливі сперматозоїди. Представники цього класу мешкають переважно в планктоні морів і прісних водойм. У класі виділяють 22 порядки, серед яких у прісних водоймах найпоширенішими є представники *Melosirales*.

Порядок мелозиральні – *Melosirales* – об'єднує водорості з актиноморфними стулками, у яких немає виростів із підпорками – фултопортул, ареоли закриті кремнеземовою платівкою із зовнішнього боку й переважно не утворюють чітких правильних штрихів.

Рід мелозіра – *Melosira*. Водорість надзвичайно характерна для планктонних угруповань прісних водойм. Колонії мають вигляд нерозгалужених ниток, які складаються з циліндричних клітин, з'єднаних між собою за допомогою слизових валиків, шипів або зубців. Види роду мелозіра широко представлені в планктоні ставків, озер, річок, заплавних водойм. Серед представників є також і літорально-бентосні організми, деякі види здатні розвиватися на зрошуваних скелях.

Клас фрагілярієфіцієві, або безшовні – *Fragilariophyceae* – об'єднує водорості із зигоморфними стулками, які позбавлені швів, але мають осьове поле. На стулці фрагілярієфіцієвих, як правило, розміщується один двогубий виріст – римопортула, який вважається попередником шва. У класі виділяють 12 порядків.

Порядок фрагіляріальні – *Fragilariales*. Характерними ознаками порядку є наявність на полюсі стулки однієї римопортули, розміщеної під кутом до поздовжньої осі. Більшість представників цього порядку утворює колонії, за формою яких роди цих водоростей можна розпізнавати навіть без виготовлення

постійних препаратів панцирів. До найбільш поширених у континентальних водоймах родів належать:

рід *фрагілярія* – *Fragilaria*. Клітини водорості здебільшого утворюють колонії у вигляді стрічок, у яких панцирі з'єднуються стулками. Види роду є переважно мешканцями перифітонних та бентосних угруповань прісних водойм;

рід *астеріонела* – *Asterionella* – за будовою панцира схожа з фрагілярією прісноводна планктонна водорість *Asterionella*, яка, проте, добре відрізняється за будовою колоній. У них клітини з'єднані в зірчасті колонії за допомогою слизу та дрібних шипиків, розміщених на полюсі стулки;

рід *діатома* – *Diatoma*. У живому стані представники цього роду розрізняються за наявністю зигзагоподібних колоній. У них з'єднання клітин також здійснюється за допомогою слизу й полярних шипиків на стулці. Крім того, яскравою ознакою є наявність на внутрішньому боці стулки грубих поперечних ребер, які надають клітині характерної поперечної посмугованості. Діатому часто можна побачити в планктонних та бентосних угрупованнях прісних водойм.

Клас *бацилярієфіцієві, або шовні* – *Vacillariophyceae*

До цього класу включені водорості із зигморфними стулками, у яких на одній або на обох стулках є шов. У водоростей із *Vacillariophyceae* джгутикові стадії повністю відсутні, статеві процеси представлені ізо-, гетеро- та автогамією.

Порядок *цимбеляльні* – *Symbellales* – об'єднує види, у яких на одній зі стулок є розвинений щілиноподібний шов, за допомогою якого клітини можуть активно рухатися. На протилежній стулці також є шов, який у деяких видів недорозвинений (наприклад *Rhoicosphenia*), в інших – розвинений повністю (*Gomphonema*, *Symbella*). Стулки в цимбеляльних водоростей асиметричні принаймні відносно до однієї з осей. Види з *Symbellales* населяють переважно бентос та перифітон прісних водойм.

Рід *ройкосфенія* – *Rhoicosphenia*. Водорість часто трапляється в обростаннях вищих водяних рослин. Її клітини симетричні зі стулки лише відносно поздовжньої осі й мають булавоподібну форму.

Рід *цимбела* – *Symbella*. Види роду *Symbella* нагадують півмісяці, що містяться на верхівках розгалужених слизових ніжок. Стулки цимбели симетричні щодо поперечної осі й тому

розглядаються як дорзовентральні. Представників цього роду можна знайти майже в будь-якій прісній водоймі, переважно в обростаннях вищих водних рослин [14, 21].

Порядок ахнанталні – *Achnanthes*

Найяскравішою особливістю представників порядку є наявність щілиноподібного шва лише на одній зі стулочок – або на епітеці, або на гіпотеці. Розміщення шва лише на одній стулці пов'язано з пристосуванням цих водоростей до перифітонного способу життя. Клітини ахнанталних водоростей поодинокі, розміщуються на поверхні субстратів, притискаючись до них стулкою зі швом. До найпоширеніших представників порядку належать роди *Planothidium* та *Cocconeis*.

Рід планотидій – *Planothidium*. Види цього роду масово розвиваються в перифітонних та бентосних угрупованнях прісних водойм. Панцири мають бісиметричні стулки, із яких шовна стулка увігнута, а безшовна – опукла.

Рід коконеїс – *Cocconeis*. У прісних водоймах цей рід є найхарактернішим домінантом обростань вищих водних рослин та зелених водоростей-макрофітів. Стулки коконеїсу широкоеліпсоїдні, пояскові обідки низькі.

Порядок навікуляльні – *Naviculales*

Водорості цього порядку мають розвинені щілиноподібні шви на обох стулках. Самі стулки або бісиметричні, або S-подібні (дзеркально-симетричні). Представники *Naviculales* поширені майже в усіх типах морських та прісноводних угруповань. Характерними прикладами навікуляльних водоростей є роди *Navicula* та *Pinnularia*.

Рід навікула – *Navicula*. Види одного з найчисленніших родів порядку – *Navicula* – мають досить просту будову: стулки за обрисами ланцетоподібні й нагадують човник.

Рід пінулярія – *Pinnularia*. Стулки видів роду *Pinnularia* мають форму, наближену до видовжено-еліпсоїдної. Шов у пінулярії дещо хвилястий. Із внутрішнього боку стулки панцир має систему грубих потовщень – ребер, які дещо нагадують поверхню пральної дошки. Оскільки панцири у видів цього роду переважно великі, клітини не здатні утримуватись у товщі води, через що вони мешкають або у бентосних, або в перифітонних угрупованнях прісних водойм.

Порядок бациляріальні – *Bacillariales*

До порядку включено водорості, на стулках яких розміщується по одному відносно прямому каналоподібному шву. Шов бациляріальних складається з вузької зовнішньої щілини, яка сполучається з каналом, розміщеним у внутрішньому потовщенні стулки – кілі. Канал відкривається в порожнину панцира великими отворами – кільовими точками. Цей канал є гомологом внутрішньої щілини шва щілиношовних діатомей. Водорості з *Bacillariales* поширені у водоймах усіх типів та в багатьох ґрунтах. Характерним представником порядку є рід *Nitzschia*.

Рід ніцшия – *Nitzschia*. Водорість має бісиметричні або S-подібні стулки, які переважно досить витягнуті в довжину. Види з вузькими та дрібними панцирами поширені здебільшого в планктоні, а з великими й грубими – у бентосі та перифітоні континентальних водойм і морів.

Порядок суриреляльні – *Surirellales*

У представників цього порядку на кожній стулці розміщено по два каналоподібних шва. Вони розміщуються в зовнішніх складках біля загину стулки, які називають крилами. Стулки суриреляльних мають складні системи ребер, що підсилюють крила. Між ребрами на стулці містяться системи ареол. Оскільки панцири представників порядку великі та важкі, ці водорості населяють переважно бентосні угруповання. Характерними представниками порядку є роди *Surirella* й *Cumatopleura*.

Рід сурірела – *Surirella* має еліпсоїдні або яйцеподібні стулки з добре розвиненими крилами, у яких містяться каналоподібні шви. Види роду населяють як моря, так і прісні водойми.

Рід циматоплебра – *Cumatopleura*. Панцир цієї водорості при вигляді зі стулки перетягнутий і дещо нагадує гітару. Поверхня стулок хвиляста, а крила досить вузькі. Види роду населяють прісні водойми, переважно з лужною реакцією середовища.

Відділ динофітові водорості – *Dinophyta*

Евкаріотичні первинно гетеротрофні, фотоавтотрофні та вторинно гетеротрофні тубулокрисати, у яких клітини вкриті особливим типом покривів – альвеольованою амфієсмою. Пластиди вторинно симбіотичні й дуже різноманітні – хлорофітного та родофітного типів. У примітивних представників ядро типово евкаріотичне, в еволюційно просунутих являє собою особливий варіант ядерного апарату – динокаріон.

До відділу відносять близько 2000 видів сучасної флори.

За екологічними особливостями та комплексом цитологічних ознак відділ поділяється на п'ять класів – *Oxyrrhidophyceae*, *Syndiniophyceae*, *Noctiluciphyceae*, *Blastodiniphyceae*, *Dinophyceae*.

Клас оксирідофіцієві – *Oxyrrhidophyceae* – представлений лише родом оксиріс (*Oxyrrhis*), який має два ізоконтні, ізоморфні та ізодинамічні джгутики. Водорість безбарвна, живиться осмотрофно, мешкає в морях і приморських лиманах.

Клас синдиніофіцієві – *Syndiniophyceae* – об'єднує високо-спеціалізованих внутрішньоклітинних паразитів, що мають амебоїдну будову та еукаріотичне ядро. Синдиніофіцієві паразитують у клітинах морських інфузорій, ракоподібних, риб та великих (т. зв. «справжніх») динофітових водоростей.

Клас ноктилюціфіцієві – *Noctiluciphyceae* – уключає облігатно гетеротрофні вільноіснуючі морські водорості, у яких вегетативні клітини мають типово еукаріотичне ядро, а гамети – динокаріон. Клас є монотипним, типовим представником – *Noctiluca*.

Рід ночесвітка – *Noctiluca*. Особливостями ноктилюки є, по-перше, здатність до біолюмінесценції, по-друге, до утворення симбіозів із дрібними одноклітинними зеленими водоростями. Завдяки останньому деякі популяції ноктилюки фактично переходять до автотрофного живлення. У вільноіснуючому стані ця водорість живиться фаготрофно, захоплюючи часточки їжі щупальцем, у якому є мікротрубочкові опірні елементи. Статевий процес представлено ізогамією. *Noctiluca* вважається космополітною водоростю, що трапляється в морях помірною, субтропічного та тропічного поясів.

Клас бластодініфіцієві – *Blastodiniphyceae* – об'єднує водорості, що є внутрішньотканинними паразитами водних тварин, переважно з класу ракоподібних (*Crustacea*). Характерним представником є *Blastodinium spinulosum*. Водорість паразитує в кутикулярному шарі травної системи веслоногих рачків (ряд *Sorgeroda*) і має особливий цикл розвитку зі стадіями клітин-трофоцитів, гоноцитів, зооспор (спороцитів) та цист.

Клас динофіцієві – *Dinophyceae*. Більшість динофіцієвих – це монадні водорості з типово динофітовим планом будови клітин – поздовжньою та поперечною борозенками, диференціацією клітини на епикон і гіпокон, двома гетероморфними джгутиками, здатністю

до фаготрофного живлення. Динофіцієві ведуть переважно вільний спосіб життя, рідше є внутрішньотканинними або внутрішньоклітинними симбіонтами тварин та водоростей.

Порядок амфідиніальні – *Amphidinales* – об'єднує монадні водорості з м'якою амфієсмою, що не утворює теки. Поперечна борозенка в амфідиніальних зміщена на верхівку клітини. Характерний представник – рід *Amphidinium* – мешкає переважно в морському планктоні.

Порядок гоніаулакальні – *Goniaulacales* – уключає динофіцієві водорості, укриті міцною текою, що мають специфічний тип поділу клітин: дочірні клітини отримують половину амфієсми від материнської клітини й самостійно добудовують лише не-вистачаючу частину. Через це часто утворюються ланцюжки клітин, особливо в культурі. Рід *гоніаулакс – Goniaulax* має більш-менш еліпсоїдні клітини, у яких тека не утворює великих виростів. Види роду дуже поширені в планктоні морів. Деякі види роду здатні викликати токсичні «цвітіння» води, відомі під назвою «червоні припливи».

Рід *цераціум – Ceratium* характеризується сильно витягнутими в поздовжньому напрямку клітинами, які помітно дорзовентрально стиснуті. Більшість видів цього роду мешкає в морях і лише окремі представники трапляються в планктоні прісних континентальних водойм [14, 21].

Порядок симбіодиніальні – *Symbiodinales*

Специфічна група динофіцієвих, що є ендосимбіонтами коралотворювальних кишковопорожнинних. Характерний представник порядку – рід *Symbiodinium*.

Вегетативні клітини *Symbiodinium* – зооксантели – позбавлені джгутиків, містять кілька жовтих або коричневих хлоропластів. Мешкають зооксантели в цитоплазмі клітин господаря й забезпечують останнього низькомолекулярними метаболітами, що утворюються в процесі фотосинтезу (гліцеролом, глюкозою, аланіном, гліколатом). Натомість водорість отримує від поліпа азот у формі амонію або сечовини.

Порядок Перидиніальні – *Peridinales* – об'єднує представників із різноманітними типами морфологічних структур – монадною, амебоїдною, кокоїдною, нитчастою та з різноманітними варіантами будови амфієсми. У перидиніальних амфієсма материнської клітини не передається дочірнім: під час поділу або по його

закінченні амфієсма скидається й дочірні клітини повністю будують нову амфієсму; в еугамних видів при статевому процесі відбувається типова копуляція гамет, що з'єднуються черевними боками, та утворюється планозигота, що тривалий час (від кількох годин до кількох тижнів) перебуває в рухливому стані. Найбільш поширеними представниками порядку є *Gymnodinium*, *Peridinium* та *Dinophysis*.

Рід гімнодиній – *Gymnodinium*. Водорість має найпростіший план будови. Вона одноклітинна, монадна, при розгляді в оптичний мікроскоп здається голою, хоча насправді вкрита м'якою амфієсмою. Види роду населяють переважно морський планктон, частина видів мешкає в прісних і солонуватих водоймах.

Рід перидиній – *Peridinium* – має добре розвинену теку. Вона складається з двох частин – верхньої (епівальви) та нижньої (гіповальви), які розділені поперечною борозенкою. Види роду *Peridinium* мешкають переважно в морському планктоні й лише близько 15 % видів трапляються в континентальних прісних водоймах.

Рід динофізис – *Dinophysis* – також об'єднує види з міцною текою. Проте в цих водоростей поперечна борозенка зміщена майже на апекс, а клітина дуже стиснута з боків. Види *Dinophysis* мешкають у планктоні морів холодного, помірного та субтропічного поясів.

Порядок пророцентральні – *Prorocentrales* – характеризується наявністю двостулкової теки, поділом клітин виключно в поздовжньому напрямку, передніми джгутиками майже рівної довжини. Типовий рід порядку – *Prorocentrum*.

Рід пророцентр – *Prorocentrum* – має монадні клітини з міцною текою, що складається з двох платівок, з'єднаних між собою як шкаралупки горіха. Рід об'єднує понад 100 видів морських планктонних водоростей. Деякі з них викликають токсичне «цвітіння» в морях та приморських лиманах. Зокрема, у Чорному морі – небезпечним збудником «цвітіння».

Відділ криптофітові водорості – *Cryptophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні та вторинно-гетеротрофні платикристати, що мають клітинний покрив, представлений перипластом. Пластиди вторинно симбіотичні, родофітного типу, із нуклеоморфом. Відділ нараховує близько 200 видів одноклітинних

мікроскопічних монадних водоростей, поширених як у континентальних водоймах, так і в морях [14, 21].

Усі криптофітові належать до одного класу – Cryptophyceae та одного порядку – Cryptomonadales. Характерними представниками є роди *Cryptomonas*, *Rhodomonas* та *Chilomonas*.

Рід криптомонас – *Cryptomonas* – найчисленніший рід відділу, нараховує понад 50 видів. Водорість розмножується поздовжнім поділом. Деякі види роду дуже поширені, найчастіше трапляються в забруднених водоймах, де можуть викликати «цвітіння» води. Беруть активну участь у процесах самоочищення забруднених органічними речовинами вод. Типові планктони, населяють переважно придонні шари води або розвиваються серед нитчастих водоростей, мохів чи в заростях вищих водних рослин.

Більшість представників роду розвивається в прісних водоймах. Винятки нечисленні. Наприклад, *Cryptomonas salina* та *C. stigmatica* є галофілами й часто трапляються у планктоні солоних озер при концентрації солей 40–90 г / л, беруть участь в утворенні лікувальних мулів – пелоїдів; *Cryptomonas cryophila* та *C. frigoris* – кріофіли, які масово розмножуються на поверхні снігу в горах та викликають його брудно-червоне й оливково-зелене «цвітіння».

Рід родомонас – *Rhodomonas* – водорість дуже схожа з криптомонасом, від якого відрізняється забарвленням хлоропластів та розташуванням трихоцист. Більшість видів роду є холодолюбними планктонними організмами, поширеними як у прісних водоймах, так і в морях. Трапляються переважно поодинокі та є індикаторами чистих вод.

Рід хіломонас – *Chilomonas* – за морфологією клітин схожий із криптомонасом та родомонасом, від яких відрізняється облігатно гетеротрофним живленням. Види цього роду мешкають переважно в континентальних стоячих водоймах, забруднених органічними речовинами.

Відділ червоні водорості – *Rhodophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні платикристати, клітини яких укріті целюлозно-пектиновою оболонкою з фікоколоїдами. Пластиди первинно симбіотичні, родофітного типу (родопласти), із поодинокими тилакоїдами. Продукт асиміляції – багрянковий крохмаль, що відкладається в цитоплазмі. Специфічна ознака – повна відсутність джгутикових стадій.

Відділ нараховує близько 5000 видів переважно багато-клітинних макроскопічних водоростей. Майже всі червоні водорості є мешканцями бентосних і перифітонних морських угруповань і лише, як виняток, деякі види трапляються в прісних водоймах й ґрунтах. За будовою карпогону, хлоропластів, способами нестатевого розмноження, продуктами асиміляції та наявністю вторинних пор відділ поділяють на два класи – *Bangiophyceae* та *Florideophyceae*.

Клас *Bangiophyceae* об'єднує водорості, у яких карпогон позбавлений трихогони, карпоспори утворюються безпосередньо із зиготи; хлоропласти зірчасті або стрічкоподібні, як правило – із піреноїдом; продуктом асиміляції, крім багрянкового крохмалю, може бути також глікоген; нестатеве розмноження відбувається переважно моноспорами; первинні пори або позбавлені пробок, або мають прості пробки першого чи другого типу; вторинні пори відсутні.

За типами морфологічної будови та розмноженням клас поділяють на три порядки – *Porphyridiales*, *Compsogonales* і *Bangiales*.

Порядок *порфіридіальні* – *Porphyridiales* об'єднує кокоїдні водорості. Типовий представник порядку – *Porphyridium*.

Рід *порфіридій* – *Porphyridium* – утворює слизові колонії. Клітини сферичні, із великим центральним хлоропластом, у центрі якого міститься піреноїд. Водорість мешкає переважно в прісних водоймах та ґрунті. Види цього роду (зокрема *Porphyridium purpureum*) інтенсивно досліджуються в багатьох лабораторіях, оскільки вважаються перспективними фікотехнологічними об'єктами для промислового культивування з метою отримання фікоколоїдів.

Порядок *компсогональні* – *Compsogonales* – уключає водорості з гетеротрихальним типом структури. Розмножуються моноспорами, статевий процес невідомий. Компсогональні водорості мешкають переважно в прісних водоймах тропічного поясу. Типовий представник – *Compsopogon*.

Рід *компсогон* – *Compsopogon* – завезений в Україну разом із тропічними акваріумними рослинами. Водорість добре відома акваріумістам під назвою «синя борода». Таломі мають вигляд розгалужених кущиків, диференційованих на систему сланких ниток, занурених у тканини рослини, та висхідних одно- й

багаторядних ниток. Клітини висхідної частини мають довгі пристінні стрічкоподібні хлоропласти. Окремі клітини після поділу косою перегородкою перетворюються на моноспорангії.

Порядок бангіальні – *Bangiales*. До цього порядку входять водорості, які мають нитчасті, як правило, багаторядні нерозгалужені або пластинчасті таломі. Представники порядку живуть переважно в морях. Найбільш поширеними є роди *Bangia* та *Porphyra*.

Рід бангія – *Bangia* – має багаторядний нитчастий нерозгалужений талом. Розростання бангії на камінні тендітні та слизькі й нагадують червону повсть. До субстрату водорість прикріплюється ризоїдальними відростками.

Рід порфіра – *Porphyra* – водорість має вигляд платівки рожево-пурпурного кольору з гладенькими або хвилястими краями, яка має розміри від п'яти до кількох десятків сантиметрів завдовжки й 10–20 см завширшки. Види цього роду поширені як у північних, так і в південних морях (зокрема в Чорному), населяючи літораль і сублітораль. Живуть у прикріпленому стані на камінні, скелях, таломі великих морських водоростей. У Чорному морі порфіра вегетує з листопада по травень.

Порфіра є їстівною водоростю (це відображено в її народній назві – червоний морський салат) і введена в промислову аквакультуру. Зокрема, порфіру вирощують у Чорному морі на спеціальних морських фермах. Червоний морський салат вважається делікатесом, смак якого обумовлюють вільні амінокислоти та ізофлоризиди [14, 21].

Клас *Florideophyceae* уключає водорості, у яких карпогон має трихогіну, карпоспори утворюються різними шляхами в різних порядках, хлоропласти численні, дископодібні, без піреноїдів. Продукт асиміляції – багрянковий крохмаль (глікоген не утворюється).

Порядок немаліальні – *Nemaliales*. Таломі в немаліальних переважно гетеротрихальні або псевдопаренхіматозні, як одно-, так і багатоосьові. Характерні ознаки порядку – наявність хрестоподібних тетраспорангіїв, відсутність ауксиллярних клітин.

Рід батрахосперм – *Batrachospermum*. Усі види роду є прісноводними водоростями, що мешкають переважно в холодних гірських річках або великих озерах. Таломі цих водоростей можуть мати різні відтінки червоного й синьо-зеленого забарвлення.

Порядок коралінальні – Corallinales. Найяскравішою особливістю представників порядку є кальцифікація клітинних покривів. Найпоширеніші роди порядку – *Lithothamnion* та *Corallina*. Обидва роди трапляються в різних морях, зокрема в Чорному.

Рід літоамній – Lithothamnion. Водорість має вапняковілі таломи й нагадує більш-менш розгалужене червоне каміння. У різних частинах талому розвиваються заглибини – концептакули, у яких у спорофітів утворюються тетраспорангії, а в гаметофітів – органи статевого розмноження.

Рід кораліна – Corallina – має таломи у вигляді пірчасто та вильчасто розгалужених кущиків. Кожна гілка талому складається з вапнякових сегментів-члеників, які утворені багаторядними опірними нитками та бічними нитками-асиміляторами. Кораліну використовують як лікарську водорість, виготовляючи з неї препарати для усунення печії.

Порядок анфельціальні – Ahnfeltiales. У цих водоростей таломи не просякуються вапном, статевий процес не виявлений, життєвий цикл представлений цикломорфозом. Розмноження, на відміну від інших флоридей, здійснюється моноспорами, утворенню яких не передують мейоз. До порядку належить лише один рід – *Ahnfeltia*.

Рід анфельція, або морський мошок – Ahnfeltia. Таломи мають вигляд дихотомічно розгалужених кущиків псевдопаренхіматозної будови. *Ahnfeltia* масово трапляються в північних морях і є основним джерелом для отримання біломорського агар-агару.

Порядок гігартинальні – Gigartinales – об'єднує водорості з псевдопаренхіматозними одно- або багатоосьовими таломами й хрестоподібними або зональними тетраспорангіями, які розвиваються переважно в нематеціях. Гігартинальні водорості цікаві, передусім, тим, що до них належить більшість представників, із яких у промислових масштабах отримують фікоколоїди, зокрема *Phyllophora* та *Chondrus*.

Рід філофора – Phyllophora. Із видів цього роду в Україні отримують агароїд, який називають «чорноморським агаром». Уздовж північно-західного узбережжя Чорного моря, між Одесою й Очаковим, розміщена зона, де на глибині 5–60 м суцільні зарості утворює *Phyllophora nervosa*. Це найбільший у світі філофорний

фітоценоз, який називають філофорним полем Зернова. Таломи *Phyllophora* кущисті, представлені сланкими «пагонами», від яких підіймаються вертикальні стебельця.

Рід хондрус, або ірландський мох – *Chondrus*. Ця водорість, що мешкає в північній частині Атлантичного океану та в морях Північного Льодовитого океану, є основним джерелом сировини для отримання карагеніну. Таломи водорості сплюснені, рясно дихотомічно розгалужені.

Порядок родіменіальні – *Rhodymeniales*. Представники порядку мають псевдопаренхіматозні багатоосьові таломи пластинчастої форми, переважно з порожниною всередині. Типовий представник порядку – *Rhodymenia*.

Рід родіменія – *Rhodymenia* – поширений у літоральній зоні північних морів і належить до їстівних багрянок. Родіменія за формою талому дещо нагадує порфіру й має таку ж саму народну назву – *червоний морський салат*. Водорість збирають як супутній продукт при промислі морської капусти.

Порядок цераміальні – *Ceramiales* – об'єднує водорості з ниткоподібними одноосьовими таломами, що прикріплюються до субстрату подошвою, яку утворює базальна клітина; сланкі нитки таломів редуковані. Характерні представники – *Ceramium* та *Polysiphonia*.

Рід церамій – *Ceramium*. Види роду мають вигляд невеличких кущиків, утворених дихотомічно розгалуженими нитками із загнутими всередину вильчастими верхівками. Талом утворений однорядною опірною ниткою, у якої зона контакту суміжних клітин укрита корою. *Ceramium* трапляється в усіх широтах, але масово розвивається переважно в теплих морях, зокрема в Чорному та Азовському.

Рід полісифонія – *Polysiphonia*. Таломи цієї водорості також кущисті й мають членисту будову, але іншого типу, ніж у *Ceramium*. Нитку утворюють два типи клітин – центральні, що виконують опірну функцію, та перицентральні, які здійснюють фотосинтез й утворюють репродуктивні органи.

Відділ зелені водорості – *Chlorophyta*

Евкаріотичні фотоавтотрофні платикристати, укрите плазмалевою або клітинною оболонкою. Пластиди первинно симбіотичні, хлорофітного типу (хлоропласти). Продукт асиміляції – крохмаль, що відкладається в хлоропласті.

Відділ є найчисленнішим серед водоростей. За даними різних авторів, він нараховує 20–25 тис. видів. Зелені водорості поширені в прісних та гіпергалінних водоймах, у морях та океанах, у наземних біотопах, на снігу й льоду.

Від зелених водоростей походять вищі рослини.

За сучасними системами відділ поділяють на шість класів: Prasinophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Siphonophyceae та Charophyceae [14, 21].

Клас прازیнофіцієві – Prasinophyceae – об'єднує виключно одноклітинні, здебільшого морські монадні водорості. Характерна ознака – наявність голих клітин, укритих субмікроскопічними органічними лусочками. Джгутики виходять із апікальної, рідше – латеральної заглибини. На відміну від інших класів, для Prasinophyceae характерні різноманітні плани будови клітин, різні типи корневих систем джгутиків, мітозу та цитокінезу. Прикладами прازیнофіцієвих є роди *Pyramimonas* та *Mesostigma* з порядку Pyromonadales.

Клас Хлорофіцієві – Chlorophyceae – об'єднує водорості з одноклітинною, багатоклітинною, зрідка – неклітинною будовою, які мешкають переважно в прісних водоймах. Клітини вкриті оболонками. Більша частина представників здатна до гіперсинтезу вторинних каротиноїдів і, як наслідок, на певних стадіях життєвого циклу може змінювати забарвлення із зеленого на червоне або жовтогаряче.

Порядок вольвокальні – Volvocales – об'єднує одноклітинні та ценобіальні водорості з монадним типом морфологічної структури тіла. Одноклітинні форми в порядку представляють роди *Chlamydomonas*, *Dunaliella* та *Haematococcus*, ценобіальні – *Gonium*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox*.

Рід хламідомонада – Chlamydomonas – є провідним у порядку і нараховує близько 500 видів. Водорість дводжгутикова, укрита гідроксипроліновою оболонкою, яка, зазвичай, у місці виходу джгутиків утворює потовщення у вигляді носика. Представники роду мешкають у різноманітних прісних водоймах, де можуть викликати явище «цвітіння» води, а також трапляються в лісових ґрунтах. Два види роду – *Chlamydomonas reinhardtii* та *Ch. moewusii* – широко використовуються у фізіологічних, генетичних і молекулярних дослідженнях як модельні об'єкти. Сьогодні на

основі диких штамів цих видів отримано понад тисячу мутантних за різними генами штамів.

Рід дюналієла – *Dunaliella*. Представники цього роду подібні до хламідомонад, але відрізняються відсутністю клітинної оболонки. Крім того, у видів, що мешкають у солоних континентальних водоймах та морях, відсутні пульсуючі вакуолі.

Більшість представників цього роду мешкає в дуже солоних (гіпергалійних) водоймах, де може викликати червоне «цвітіння» ропи. Майже з тридцяти виявлених на території України видів найбільш поширеною є *Dunaliella salina*, яка мешкає в гіпергалійних водоймах на півдні країни. *D. salina* належить до провідних фікотехнологічних об'єктів: із біомаси цієї водорості отримують бета-каротин та гліцерин.

Рід гематокок – *Haematococcus* – має клітини, у яких протопласт компактно розміщується в центрі клітини, а до клітинної оболонки підходять лише тонкі цитоплазматичні тяжі. Вегетативні клітини гематококу дводжгутикові, одноядерні, з одним хлоропластом та кількома піреноїдами. Види цього роду, зокрема *Haematococcus pluvialis*, подібно до дюналієли, здатні до гіперсинтезу каротиноїдів, і швидко набувають червоного забарвлення. Гематокок масово розвивається на снігу, у калюжах із дощовою водою, у криницях, на поверхні ґрунту в пустелях, викликаючи «червоні цвітіння». Клітини, підняті з ґрунту або води в повітря, випадають разом з осадами. Це явище відоме в народі під назвою «криваві дощі» й «кривавий сніг». Сьогодні гематокок інтенсивно досліджується в багатьох лабораторіях світу як перспективний об'єкт для уведення в промислову культуру з метою отримання каротину.

Рід гоніум – *Gonium* – належить до ценобіальних водоростей. Ценобії мають вигляд платівки, що, залежно від виду, складається з 4-х або 16 клітин. Клітини утримуються разом за допомогою спільної слизової обгортки – інволюкруму.

Рід пандоріна – *Pandorina* – ценобіальна водорість з овальними ценобіями, що складаються з 16 або 32 клітин. Ценобії вкриті інволюкрумом, а клітини щільно прилягають одна до одної, набуваючи гранчастої форми. Пандоріна дуже поширена в планктоні прісних водойм, особливо ефемерних.

Рід евдоріна – *Eudorina*. Ценобії водорості нагадують пандоріну, але, на відміну від останньої, клітини розміщені в

правильному порядку, на значній відстані одна від одної, п'ятьма кільцями. Види цього роду поширені в планктоні прісних водойм.

Рід вольвокс – *Volvox*. Водорість утворює ценобії кулястої, еліпсоїдної або яйцеподібної форми, розмір яких може сягати до 2 мм. Ценобій складається з великої кількості дрібних дводжгутикових клітин, що розміщуються периферично, тонким одношаровим слизовим інволюкрумом. Кожна клітина вкрита власною оболонкою, яка зростається з оболонками сусідніх клітин, набираючи полігональної (5–6-кутної) форми. Представники роду мешкають у планктоні озер, річок, боліт і калюж. В Україні найбільш поширений *V. globator*, який може викликати «цвітіння» води калюж [14, 21].

Порядок хлорококальні – *Chlorococcales* – об'єднує поодинокі або зібрані в тетради кокоїдні водорості. Шар кристалічно впорядкованої целюлози в оболонці відсутній і, подібно до вольвокальних, каркасною основою оболонки є гідроксипроліни.

Рід хлорокок – *Chlorococcum*. Клітини хлорокока поодинокі, сферичні, мають одне ядро, великий пристінний хлоропласт із піреноїдом, дві скоротливі вакуолі. Нестатеве розмноження відбувається дводжгутиковими зооспорами, що вкриті оболонками, або гемізооспорами. Види роду належать до амфібіальних організмів – вони дуже часто трапляються в ґрунтах, переважно лісових фітоценозів, у зоні заплеску прісних водойм та в ефемерних водоймах.

Рід драпарнальдія – *Draparnaldia*. Водорість макроскопічна, має вигляд тендітного кущика, укритого м'яким прозорим слизом, може досягати 10–20 см у висоту. Таломи *Draparnaldia* диференційовані на три системи ниток – сланкі, висхідні опірні та асимілятори. Сланки нитки виконують функції прикріплення до субстрату, асимілятори – фотосинтезу та розмноження. Нечисленні представники цього роду трапляються в Україні в різних водоймах здебільшого навесні. Найбільш поширеним видом роду є драпарнальдія грудкувата (*Draparnaldia glomerata*).

Порядок сценедесмальні – *Scenedesmales* – об'єднує одноклітинні, колоніальні та ценобіальні водорості з кокоїдним типом морфологічної структури тіла. Оболонки містять шар кристалічно впорядкованої целюлози. У межах порядку окреслено тенденції переходу від одноклітинних форм до ценобіальних, утрати статевого процесу та зооспор, пов'язані з пристосуванням

сценедесмальних до планктонного способу існування. Характерними представниками порядку є роди *Bracteacoccus*, *Hydrodictyon*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*.

Рід гідродикцій, або водяна сіточка – *Hydrodictyon*. Ценобії *Hydrodictyon* макроскопічні, складаються з кількох тисяч великих циліндричних багатоядерних клітин, з'єднаних на кожному полюсі з двома-чотирма сусідніми клітинами. Унаслідок цього утворюються п'яти-шестигранні комірки, що в сукупності надають ценобію вигляду сітки (звідси походить народна назва водорості – водяна сіточка). Єдиний вид цього роду – гідродикцій сітчастий (*H. reticulatum*) – часто можна знайти влітку в невеличких калюжах, затоках річок, у заростях вищих водних рослин тощо.

Рід педіастр – *Pediastrum*. У видів роду ценобії сплюснені, мають вигляд зірки або коліщатка, що складається з 4–128 клітин, з'єднаних боками. Нестатеве та статеве розмноження в *Pediastrum* майже повністю аналогічне до водяної сіточки: ценобії утворюються із зооспор, статевий процес – ізогамія, зигота проростає після періоду спокою, у життєвому циклі є стадія поліедра. Види роду – надзвичайно характерний компонент планктонних угруповань прісних континентальних водойм [14, 21].

Рід сценедесм – *Scenedesmus*. Ценобії в представників цього роду мають вигляд платівок із чотирьох або восьми, рідше – двох або 16 видовжених клітин, з'єднаних боками паралельно одна до одної. Рід об'єднує переважно прісноводні планктонні організми й представлений значною кількістю видів. Найвідомішим серед них є сценедесм чотирихвостий – *S. quadricauda*

Порядок мікроспоральні – *Microsporales* – об'єднує водорості з нитчастим типом структури. Порядок представлений лише одним родом *Microspora*, що трапляється в прісних континентальних водоймах.

Рід мікроспора – *Microspora*. Таломи мають вигляд простих нерозгалужених ниток, що закінчуються «вилками», схожими на аналогічні структури жовто-зеленої водорості *Tribonema*.

Порядок едогоніальні – *Oedogoniales* – об'єднує нитчасті та гетеротрихальні водорості, які за цитокінезом з участю клітинної платівки нагадують хетофоральні водорості, проте суттєво відрізняються від них наявністю особливого типу мітозу (едогонієвий мітоз), клітинним поділом з утворенням ковпачків,

стефаноконтними монадними клітинами (зооспорами, андроспорами й сперматозоїдами) та високорозвиненим оогамним статевим процесом.

Рід едогоній – *Oedogonium*. Таломи мають вигляд простих нерозгалужених ниток, що складаються з циліндричних або злегка головчастих клітин. Базальні клітини утворюють ризоїдоподібні вирости, якими водорість прикріплюється до субстрату. Верхівкова клітина тупа або загострена, зрідка витягнута в щетинку. *Oedogonium* нараховує близько 400 видів, які розповсюджені в прісних водоймах. Як правило, розвиток цих водоростей починається в перифітоні або бентосі, проте нитки, які досягли значної довжини, можуть відриватися від субстрату й продовжувати рости у вільному стані, утворюючи м'яке неслизьке жабурино на поверхні води.

Порядок хлорелляльні – *Chlorellales* – уключає кокоїдні та нитчасті водорості, які ніколи не утворюють зооспор, а також не здатні до статевого розмноження. Центріолі відсутні. Клітини мають парієтальний хлоропласт із добре помітним піреноїдом або без нього. Типовий представник – *Chlorella*.

Рід хлорела – *Chlorella*. Водорість одноклітинна, колоній або агрегатів не утворює. Клітини хлорели дрібні, сферичні або широко еліпсоїдні, із гладенькою оболонкою. Розмноження відбувається тільки автоспорами, які утворюються в материнській клітині по 2–8 і звільняються при розриві оболонки спорангію. Хлорела трапляється в найрізноманітніших умовах – у прісних водоймах, ґрунтах, аерофітоні, може бути симбіонтом найпростіших, наприклад інфузорій та губок. Симбіотичні хлорели в зоологічній літературі відомі під назвою *зоохлорели*.

Клас ульвофіцієві – *Ulvophyceae* – об'єднує переважно морські бентосні та перифітонні водорості, хоча в межах класу представлені також і прісноводні та аерофітні форми. Майже всі ульвофіцієві водорості мають багатоклітинні таломи. Переважаючі типи морфологічної структури тіла – нитчастий, гетеротрихальний та сифонокладальний.

До класу входить близько 80 родів, що об'єднують більш ніж 1000 видів.

Порядок улотрихальні – *Ulotrichales* – об'єднує морські та прісноводні водорості з нитчастим та гетеротрихальним типом

структури. Життєвий цикл гаплодиплофазний, із гетероморфною зміною поколінь. Спорофіт представлений диплоїдною одноклітинною рослиною, відомою під назвою *кодіолом* (Codiolum). Клітинні оболонки містять велику кількість пектинових речовин і здатні ослизнюватися. Монадні клітини голі, але на плазмалемі є шар субмікроскопічних органічних лусочок. Зооспори переважно чотиридзгугутикові, гамети – дводзгугутикові. Типовий представник – *Ulothrix*.

Рід *улотрикс* – *Ulothrix*. Більшу частину життя водорість проводить у стані гаметоспорофіту, який має вигляд довгих нерозгалужених однорядних ниток. У кожній клітині нитки (за винятком базальної) є пристінний хлоропласт у вигляді незамкненого кільця, кілька піреноїдів, одне ядро; центр клітини зайнятий вакуолею з клітинним соком. Усі клітини здатні до поділу, що обумовлює постійне наростання талому в довжину, а також утворення репродуктивних клітин. Вегетативне розмноження відбувається фрагментацією нитки. При нестатевому розмноженні в будь-якій клітині утворюються 2–4 (8) чотиридзгугутикових зооспор. Статевий процес ізогамний. Види роду поширені переважно в морях, де трапляються в супраліторальних ваннах або в обростаннях літоральної зони. Кілька видів досить часто можна побачити в прісних водоймах, – переважно в холодних гірських річках і струмках, а також у весняний сезон – у річках та озерах помірного поясу [14, 21].

Порядок *Ульвальні* – *Ulvales* – уключає майже виключно морські водорості з гетеротрихальною або примітивною тканинною будовою. Життєвий цикл гаплодиплофазний, з ізоморфною зміною поколінь. Оболонки целюлозно-пектинові, здатні до ослизнення. Зооспори переважно чотиридзгугутикові, гамети – дводзгугутикові. Характерні представники – *Ulva* та *Enteromorpha*.

Рід *ульва*, або *зелений морський салат* – *Ulva*. Спорофіти та гаметофіти водорості морфологічно однакові й мають вигляд двошарової платівки з гофрованими краями, довжина якої складає кілька сантиметрів. Кожна клітина містить одне ядро, пристінний пластинчастий хлоропласт з одним-кількома піреноїдами. Статеве розмноження відбувається за допомогою дводзгугутикових гамет. Види роду *Ulva* мешкають у морях теплого та помірного поясів, зокрема в Чорному морі. Водорість є їстівною та в деяких країнах

навіть уведена в аквакультуру й вирощується на спеціалізованих морських фермах.

Рід ентероморфа, або кишечниця – *Enteromorpha*. У цього близького до ульви роду таломи видовжено-пластинчасті або трубчасті. За типом життєвого циклу, будовою клітин та розмноженням цей рід подібний до *Ulva*. Відміни полягають у морфогенезі талому, що й відбивається на зовнішньому вигляді водорості. Кишечниця поширена переважно в морях, де часто трапляється разом з ульвою. Проте деякі види роду добре переносять значне опріснення води, завдяки чому піднімаються в гирла річок і навіть розвиваються в прісних континентальних водоймах.

Порядок кладофоральні – *Cladophorales* – об'єднує водорості із сифонокладальним типом морфологічної структури тіла, хоча таломи в більшості морських та прісноводних представників мають вигляд нерозгалужених ниток або розгалужених кущиків. У деяких морських родів таломи представлені системою розгалужених міхурів або складаються з центральної вісі та з'єднаних із нею бічних сегментів, або набувають псевдопаренхіматозного вигляду.

Життєвий цикл гаплодиплофазний, з ізоморфною зміною поколінь. Характерні представники – *Cladophora* та *Rhizoclonium*.

Рід кладофора – *Cladophora* – є провідним родом порядку. Таломи кладофори кушикоподібні, складаються з багатоядерних клітин, що утворюють системи розгалужених ризоїдальних та висхідних ниток. Клітини звичайно вкриті товстими шаруватими оболонками, до яких прикріплюються численні епіфітні організми. У цитоплазмі окремої клітини міститься пристінний сітчастий хлоропласт із багатьма піреноїдами та численні ядра. Водорість розмножується фрагментацією таломів, зооспорами, акінетами й статевим шляхом. Статевий процес – ізогамія. Найпоширенішим видом морів помірних та теплих широт є *Cladophora vagabunda*. У прісних водоймах найчастіше трапляється *C. glomerata*. Морфологічно ці два види не відрізняються між собою, але перший має гаплодиплофазний життєвий цикл зі зміною поколінь, тоді як у другого статевий процес відсутній, а нестатеве розмноження відбувається дводжгутиковими зооспорами [14, 21].

Рід ризоклоній – *Rhizoclonium* – має вигляд довгих нерозгалужених ниток. Кожна клітина містить незначну кількість

ядер – звичайно, не більше чотирьох. Молоді особини ведуть прикріплений спосіб життя, утримуючись на субстраті за допомогою безбарвних ризоїдів. Дорослі нитки звичайно вільноплаваючі, їх скупчення утворює жорстке неслизьке жабуриння, у якому ширина клітин складає 30–50 мкм, а довжина окремої нитки – до кількох метрів. У прісних водоймах найпоширенішим видом є *R. hieroglyphicum*, у морях – *R. riparium*.

Клас сифонофіцієві – *Siphonophyceae* – об'єднує сифональні, переважно морські макроскопічні водорості. Подібно до *Ulvophyceae*, клас представляє лінію еволюції зелених водоростей, у яких коренева система джгутиків хрестоподібна, базальні тіла зміщені проти годинникової стрілки (орієнтація 11–5), а фікопласт відсутній. Зооспори часто стефаноконтні, джгутики розміщуються по спіралі; гамети – дводжгутикові. Клас поділяють на чотири порядки – *Bryopsidales*, *Halimadales*, *Dichotomosiphonales* та *Dasycladales*.

Порядок Бриопсидальні – *Bryopsidales* – об'єднує водорості, таломи яких не мають радіально-симетричної будови та являють собою одну велетенську клітину з багатьма (інколи до кількох тисяч) ядрами.

Бриопсидальні – це водорості, у яких гамети утворюються еукарпічним шляхом, тоді як зооспори – як еу-, так і холокарпічно. Розмножуються бриопсидальні фрагментацією талому, апланоспорами, стефаноконтними зооспорами та статевим шляхом. Статевий процес – гетерогамія. Типовий представник порядку – *Bryopsis*.

Рід бриопсис – *Bryopsis* – поширений у морях тропічного, субтропічного й помірною поясів.

Рід кодіум – *Codium* – є прикладом водорості зі складнодиференційованим сифональним таломом. *Codium* розмножується лише статевим шляхом. Кодіум мешкає в теплих морях, переважно на глибині від 5 до 40 м. У Чорному морі досить поширеним видом є *Codium vermilara*.

Порядок галімедальні – *Halimadales*

Водорості цього порядку споріднені з *Bryopsidales*: вони не мають радіально-симетричної будови, гамети утворюються в гаметангіях, а не в гаметичних цистах. Розмноження відбувається фрагментацією таломів та статевим шляхом. Галімедальні водорості мешкають переважно в тропічних морях. Характерний представник порядку – *Caulerpa*.

Рід каулерпа – *Caulerpa*. Водорість макроскопічна, складно-розчленована й нагадує невеличку трав'янисту рослину. Талом диференційований на систему сланких ризомів, ризоїди та висхідні асиміляторні «пагони», що в різних видів мають різну форму.

Рід ацетабулярія – *Acetabularia* – водорість, поширена в теплих морях. Зокрема, у Середземному морі трапляється *A. mediterranea*.

Клас Харофіцієві – *Charophyceae* – об'єднує одноклітинні та багатоклітинні прісноводні, солонуватоводні й наземні водорості з кокоїдним, нитчастим та гетеротрихальним типами морфологічної структури тіла. Монадні клітини (коли вони є) вкриті субмікроскопічними органічними лусочками й мають асиметричний цитоскелет.

Порядок харальні – *Charales* – об'єднує водорості з гетеротрихальним типом морфологічної структури тіла, які мають макроскопічні членисто-мутовчасті таломі, джгутикові стадії, що представлені сперматозоїдами, оогамний статевий процес, багатоклітинні жіночі статеві органи. Харальні водорості мешкають у бентосі озер та приморських солонуватоводних лиманів. Характерними представниками порядку є *Chara* й *Nitella*.

Рід хара – *Chara*. Спорофіти харальних виглядають як розгалужені кущики, що складаються з прямостоячих опірних ниток необмеженого росту – т. зв. «стебел», бічних мутовчасто розміщених асиміляторних ниток обмеженого росту – «листоків» та ниток-ризоїдів. Кожна нитка («стебло», «листок», ризоїд) диференційована на клітини вузлів і міжвузлів, що правильно чергуються одна з одною. Статевий процес оогамний [14, 21].

Рід нітелла – *Nitella* – зовні нагадує хару, але відрізняється від останньої відсутністю стеблової кори та наявністю коронки, що складається з десяти клітин, розміщених у два яруси – по п'ять клітин у кожному.

Порядок зигнематальні – *Zygnematales* – об'єднує водорості з кокоїдним та нитчастим типами морфологічної структури тіла, у яких джгутикові стадії й центріолі відсутні, статевий процес – кон'югація, мітоз напіввідкритий.

Рід спірогіра – *Spirogyra*. Нитки цієї водорості складаються з витягнутих або коротких циліндричних клітин. Клітинна оболонка целюозна, зовні вкрита слизовим шаром, виразно помітним у розчині туші, а також на дотик. Поперечні клітинні перегородки часто утворюють різноманітні зморшки. Наростання нитки відбувається внаслідок скоординованих поділів ядра та

цитоплазми. Вегетативне розмноження в спірогіри здійснюється фрагментацією ниток унаслідок відмирання окремих інтеркалярних клітин. Ці фрагменти й навіть окремі клітини можуть проростати в нові нитки. Статевий процес – кон'югація. Види роду *Spirogyra* поширені в стоячих або повільно текучих водах: заводях, старицях річок, ставках, болотах, канавах, калюжах. Часто спірогіра утворює великі маси яскраво-зеленого жабурина, яке слизьке на дотик.

Рід мужоція – *Mougeotia*. Види цього роду також утворюють темно-зелене слизьке жабурина й часто суцільно вкривають поверхню водойм. Від спірогіри мужоція відрізняється, передусім, наявністю в кожній клітині лише одного хлоропласта, який має вигляд платівки з двома або кількома піреноїдами та розміщується по вісі клітини.

Порядок Десмідіальні – *Desmidiaceae* – уключає кокоїдні водорості, у яких джгутикові стадії та центріолі відсутні, статевий процес – кон'югація, мітоз напіввідкритий. Клітинні оболонки переважно скульптуровані, обов'язково мають простий або складний поровий апарат. Найбільш поширеними та багатими у видовому відношенні представниками порядку є *Closterium* та *Cosmarium*.

Рід клостерій – *Closterium*. Водорість має поодинокі, веретеноподібно зігнуті клітини. Клітинна оболонка гладенька або злегка штрихувата й містить багато дрібних та дві великі пори. Останні містяться на полюсах клітини та виконують функції локомоторних органів – через них клітина виділяє слиз. Виділення слизу або спричинює повільний реактивний рух, або слиз утворює швидкоростучі слизові ніжки, за допомогою яких клітина змінює своє положення в просторі. Водорість розмножується поділом клітин надвоє та внаслідок статевого процесу – кон'югації. Рід нараховує більше двохсот видів, серед яких близько 70 знайдено на території України. Види роду розповсюджені в різноманітних прісних водоймах, рідше трапляються на вологих скелях і мохах.

Рід космаріум – *Cosmarium*. До цього роду належать кокоїдні мікроскопічні прісноводні водорості, що мають клітини з двох симетричних напівклітин. Останні з'єднуються між собою широким або вузьким перешийком. Напівклітини не розсічені на лопаті, хоча їхня форма може бути дуже різноманітною (наприклад округлою, еліпсоїдною, майже квадратною, кутастою тощо). Клітинні оболонки зазвичай скульптуровані бородавками, шипами, шипиками, нерідко просякуються солями заліза. Розмножується космаріум вегетативним поділом або внаслідок кон'югації. На

території України водорості цього роду дуже поширені й різноманітні за видовим складом. Більшість видів належить до β -мезосапробів і мешкає в прісних водоймах різного типу (річках, озерах, ставках, калюжах). Проте найчастіше види космаріуму трапляються у сфагнових болотах. Частіше за інші трапляються космаріум ниркоподібний (*C. reniforme*), к. пірамідальний (*C. pyramidatum*), к. перламутровий (*C. margaritifera*) та к. вирізаний (*C. caelatum*).

ВИЩІ ВОДНІ РОСЛИНИ

Мохоподібні – Bryophyta

Клас печінкові мохи – Hepaticae

Зовні вигляд схожий із ряскою, часто трапляється спільно, плаває на поверхні води. Слоєвище дорзовентральне, шкірясте, серцеподібне, сіро-зеленого кольору з фіолетовим відтінком по краях і внизу. Розвинені повітроносні порожнини. Спорогонії в тканині слоєвища вздовж серединної борозенки. Звичайний на поверхні стоячих, рідше – слабопроточних неглибоких водоймищ. Є наземна форма, що зазвичай трапляється на сирому мулі. Наявний у європейській частині, Сибіру, Середній Азії, на Кавказі, Далекому Сході.

Рід Ричія – Riccia (Mich.) L.

Ричія плаваюча – Я. Flutans L.

Слань яскраво-зелена, вузьколінійна, у вигляді дрібних пластинок, що гілкуються. Асимілююча тканина з повітроносними порожнинами. Вигляд трапляється в зануреному стані в стоячій воді заток, ставків, канав та ін. Водяна форма, на відміну, від наземної не має ризоїдів і черевних лусочок. Ричія поширена в Європі, Азії, Африці. У середній смузі Росії знайдена в Рибінському водосховищі, трапляється переважно в теплих районах європейської частини, на Кавказі, у Середній Азії, Сибіру й на Далекому Сході. Добре розвивається в акваріумах.

Родина Марзупелові – Marsupellaceae

Марзупела водна – Marsupella aquatica

Вид, що прикріплюється, мешкає на каменях гірських струмків і на скелях, що омиваються водою (Карелія, Мурманська обл., Кавказ). Дрібні дерновники зеленого або червоно-бурого кольору. Стебло неправильно-гіллясте, із ризоїдами. Листки відростають від стебла, мають загострені лопасті.

Клас Листостеблові мохи – Musci

Рід Сфагнум – Sphagnum L

Сфагнові, або «торф'яні», мохи уключають багато видів (близько 30), до власне ж водяних належать *Sph. cuspidatum* Ehrh., *Sph. obtusum* Warnst., *Sph. Riparium* Angstr., *Sph. resurvum* P., *Sph. Lindbergii* Schmpr. та ін. Це рослини, плаваючі у воді у вигляді рихлих зелених дерновин. Ростуть сфагнові мохи в слабо-мінералізованих водах, що пов'язано насамперед із їхнім живлен-

ням атмосферними опадами, трапляються переважно в лісовій зоні. Види р. *Sphagnum* відіграють основну роль у процесі заболочування озер й утворення торф'яних відкладів.

Сфагнові мохи мають високу поглинаючу здатність і можуть застосовуватися як замітники перев'язувальних засобів. Кисла реакція місця існування сфагнових мохів і наявність у них значної кількості речовин фенольної природи сприяє практично повній стерильності відносно сапрофітної мікрофлори.

Підклас Бриєві – Bryidae

Рід Цинклідом – Cinclidotus Beauv

Дерновники зелені або темно-зелені, стебла розгалужені, іноді – куцисті. Жилка могутня, виступає з вершини у вигляді короткого вістря. Коробочка пряма, на короткій ніжці. Види, що найчастіше трапляються: *S. Fontinaloides* Beauv., *S. Riparium* Arnott., *S. Aquaticus* Br. Eur. – ростуть у текучих водах, прикріплюючись до твердого субстрату.

Родина Фонтіналісові – Fontinalaceae

Листки від подовжено-яйцеподібних до вузьколанцетних, без жилки, різко кілеподібні або човноподібні, без складок.

Рід Фонтіналіс – Fontinalis Hedw

Дерновники досягають 50 см. Листя розміщене переважно трирядно навколо стебла. Найчастіше трапляється *F. Agnipyretica* Hedw у текучих і стоячих водах, прикріплюється до каменів, деревини й ін.

Родина Амблїстегієві – Amblystegiaceae

Рід Амблїстегій – Amblystegium

Стебла гіллясті, листки ланцетні, загострені, жилка тонка, досягає 2/3 листа. У водоймах єдиний вид *A. riparium* утворює рихлі крупні дерновники (5–30 см). Прикріплюється до твердого субстрату на дні річок, озер, ставків.

Рід Дрепаноклад – Drepanocladus Roth

Крупні мохи зі стеблами, що гілкуються, зібраними в густі дерновини зеленого, коричневого й червонуватого відтінку. Із водних видів, що мешкають у водоймах зі стоячою водою, на заболочених ділянках, можна вказати: *Dr. Fluitans* Warnst, *Dr. Exannulatus* Moenk., *Dr. Vernicosus* Warnst.

Рід Калієргон – Calliergon Kindb

Крупні поширені мохи, стебло, що гілкується, угорі пряме, листя тупе, велике, черепічасто розміщені. Багато видів мають водні форми. Найбільш звичайні *C. giganteum* Kindb., *C. Cuspidatum*,

S. Richardsonii., *S. cordifolium*. Трапляються у водоймах зі стоячою водою або в слабопроточних.

Для дослідника-початківця розпізнавання водяних мохів має певні труднощі, тому для їх визначення можна використовувати популярні довідники.

Водяні мохи, не беруть значної участі в трофічних ланцюгах водойми, що пов'язано з високим умістом у них лігніну, целюлози й геміцелюлози, проте відіграють важливу роль у природі. Сфагнові мохи – основні утворювачі торфу, інші листостебельні, займаючи нижню літораль озер, також беруть участь у процесі утворення первинної продукції. Водяні мохи мають значення і як агенти самоочищення забруднених вод, окремі види є показниками якості води.

Сфагнові болота займають величезні простори, і людина проводить заходи щодо їх осушення й збільшення орних земель. Але не слід забувати про те, що болота є накопичувачами вологи й регулюють гідрологічний режим усєї території водозбору. Меліоративні заходи повинні проводитися з великою обережністю, оскільки порушення рівня ґрунтових вод призведе до зменшення живлення річок, їх обміління, неможливості їх використання в народному господарстві тощо.

Плауноподібні – Lycopodiophyta

Клас полушникові – Isoetales

Родина полушникові – Isoetaceae

Водяні або болотяні трави з коротким, зануреним у ґрунт стовбуром, що дає вниз пучок численного не розгалуженого коріння, а догори – пучок прямих або дугоподібно зігнутих листків.

Стебло вкорочене, клубнеподібне, листя восени відпадає. У нижній розширеній частині листя лежать спорангії. Спорангієва ямка розділена на окремі камери тонкими тканинними пластинками, листя з макроспорангіями розміщується в зовнішній частині пучка, листя з мікроспорами, глибше за ними – макроспори білі. У Європейській частині, Західному Сибіру й Далекому Сході трапляються чотири види.

Полушник озерний – I. Lacustris L

Висота рослин – 5–20 см, з укороченими бульбоподібними кореневищами, від яких відходить пряме шилоподібне, переважно темно-зелене листя. Трапляється в озерах, утворюючи підводні

луки, переважно на піщаному ґрунті. На великих глибинах у полушника спостерігається апогамія (замість спорангіїв, на листі розвиваються нові рослини). При пересиханні водоймищ утворює наземну форму. Розповсюдження – Скандинавія, Середня Європа, Північна Америка.

Хвоцноподібні – Equisetophyta

Рід Хвоц – Equisetum L

Багаторічники з підземними гіллястими кореневищами, стебла кільчасто-гіллясті, рідше – прості, складаються з вузлів і порожнистих усередині міжвузлів. Листя зростається основами в кільце, що сидить на вузлі й прикриває зону міжвузлів, багату цукром. Верхівки листя мають форму вузьких зубців, спорангії парні. Спори однакові, із двома «пружинками», що є пристосуванням для перенесень вітром.

Хвоц трясовинний – E. Heleocharis

Кореневище темно-буре, 2–5 мм товщиною, стебла заввишки 20–150 см, досить товсті, із гладкими реберцями, з однією крупною центральною порожниною. Гілки з дрібногорбкуватими реберцями, зубці листків дещо загострені.

Утворює чагарники в прибережній зоні верхньої літоралі озер, затоках, болотах, канавах; часто спільно з очеретом, бере участь у створенні торфу. Добре поїдається дикими тваринами (ондатра, лось, олень, бобер, водяний щур). Поширений у Скандинавії, Середній Європі, Азії, Північній Америці. Ряд видів хвоців отруйний (особливо молоді рослини) для великої рогатої худоби у зв'язку з наявністю в них алкалоїдів і сапонінів.

Папоротеподібні – Polypodiophyta

Клас папоротеві – Filicales

Рід щитовник – Dryopteris

Середні або крупні папороті. Спорангії сидять на ніжці й зібрані в соруси на нижній стороні листя. Покривало округлобрунькоподібне. Пластинки листя розсічені та складені.

Щитник болотний – *D. Thelypteris* Багаторічна рослина (15–70 см). Кореневище тонке, повзуче, темне. Листя одиночне, пластинка яскраво-зелена. Соруси з рано опадаючим покривалом. Спори дозрівають у другій половині літа. Бере участь в утворенні торфу. Поширений майже повсюди (окрім Крайньої Півночі).

Родина сальвінієві – Salviniaceae

Рід сальвінія – Salvinia

Стебло плаваюче, розгалужене, ниткоподібне, із плаваючими на поверхні води двома рядами еліптичних листків. На нижній стороні стебла розміщений ще один ряд водяного листя, січеного на ниткоподібні долі, що нагадують волохаті корінці, справжнього коріння немає. Біля основи листків підводних розвиваються спорокарпії.

Сальвінія плаваюча – S. natans

Листя овально-еліптичне, тупе, із верхньої сторони – із щетинистими білими волосками, із нижнього боку – із бурими волосками. Спорокарпії зимують на дні водойм. Виростає в старицях, руслах річок, протоках зі сповільненою течією, рідше – в озерах.

Поширений у східних районах європейської частини, на Кавказі, у Середній Азії, Сибірі, на Далекому Сході. Звичайне вегетативне розмноження – частинами рослини.

Родина марсилієві – Marsileaceae

Дрібні рослини з тонкими кореневищами, що стелються, укорінюються в дрібних болотистих ґрунтах. Листя чергове, просте, ниткоподібне або з 2–4 розміщеними навпроти листочками; спорокарпії розміщені в основі черешка, макро- й мікроспорангії в одному спорокарпії.

Рід марсилія – Marsilea L

Кореневище тонке, повзуче, гіллясте, листя на тонких довгих черешках, чотирилопате. Спорокарпії сидять або на ніжках, овальні або майже кулеподібні, шкіряні, проростки з 1–2 ниткоподібним листям.

Марсилія чотирилиста – M. Quadrifolia L

Висота рослини – 8–20 см, сегменти листка широко-клиноподібно-округлі, суцільнокрайні, спорокарпії трохи стислі по два й три на ніжці, що зростається з черешком, розміщуються горизонтально, основа забезпечена двома короткими зубцями. Виростають у стоячих водах, на дрібних, інколи висихаючих місцях. Трапляється в південних районах, у низовинах Волги, на Кавказі, у Середній Азії.

Квіткові – Embriophyta

Родина рогозові – Typhaceae

Водяні або болотяні рослини. Стебла не гіллясті, циліндричні, листя дворядне. Квіти одностатеві, зібрані в густі суцвіття.

Рід Рогіз-Турфа L

Кореневище потовщене, гіллясте, повзуче, покрите дворядним лускоподібним листям, що скоро обпадає. Стебло без вузлів. Листя зібране біля основи стебла, вагінальні, широколінійні або вузьколінійні, суцільнокрайні, рідше – майже тригранні. Суцвіття рогозу складаються з двох частин: нижня – утворена жіночими квітами, верхня складається з чоловічих. Квітки дуже дрібні, вітрозапильні. Після запилення жіночі квітки утворюють плоди, оточені волосками з темнозабарвленими кінчиками. Суцільний бархатний покрив робить початки схожими на маленькі гарматні банники.

Рогіз широколистий – T. Latifolia L

Стебла 100–200 см, товсті, циліндричні. Листя широколінійне шириною до 20 мм. Ростає на берегах річок, озер, річкових заток, боліт, торф'яників. Поширений на європейській частині, Кавказі, Далекому Сході, у Сибіру, Середній Азії.

Господарське значення: кореневище містить значну кількість крохмалю (до 58 %), його охоче поїдають багато промислових тварин. Листя вживають для плетіння корзин, рогож. Уся рослина може бути використана для виробництва паперу, картону, як набиваний матеріал, як паливо. Молоді рослини можуть застосовуватися на силос.

Рогіз вузьколистий – T. Angustifolia L

Стебло – 100–180 см. Листя плоске або частіше зовні злегка опукле, шириною 4–6 мм, рідше – до 10 мм. Розповсюдження й господарське значення те ж, що й у попереднього випадку.

У південних районах трапляється рогіз Лаксмана, що відрізняється коротким та овальним жіночим початком. У долині Амудар'ї, у Туркменії відмічений слонячий рогіз – крупний субтропічний вид. Висота – до 4 м, із широким тригранним листям.

Родина їжаковоголові – Sparganiaceae

Водні й болотяні багаторічні трави. Стебла – прості або гіллясті, прямостоячі чи плаваючі. Квітки дрібні, одностатеві, запилюються вітром, зібрані в головчасті суцвіття. Види однодомні – у верхній частині стебла розміщені чоловічі квітки, нижче – жіночі. Стеблове листя дворядне, подовжено-лінійне, суцільнокрайне, із піхвою в основі, поступово перехідне в криюче листя суцвіття.

Їжоголівник прямий – S. erectum L

Стебло завжди прямостояче, високе (25–150 см). Листя шириною 1,5–2 см, синювато-зелені, шкірясті, тверді, знизу із сильно виразним гострим кілем. Ростає на берегах озер, річок, стариць, ставків, канав, іноді в досить глибокій воді. Поширений всюди.

Їжакоголовник простий – S. simplex.

Стебло зазвичай не прямостояче, рідко плаваюче, заввишки 30–50 см. Листя досить широке (7–10 мм), плоско-тригранне, гостро-ребристе. Поширений у Європейській частині (окрім Арктики й Криму), у Сибіру, Середній Азії, на Кавказі, Далекому Сході.

Господарське значення: рослина є хорошим кормом для водоплавного птаха й оленів.

Родина рдестові – Potamogetonaceae

Рід рдест – Potamogeton L

Водяні, рідше болотяні трави з повзучим кореневищем і з простим або гіллястим стеблом, із черговим листям різноманітної форми, забезпеченим піхвою або цілісним прилистком (язичком). Закінчення гілок нерідко розширені й утворюють зимуючі бруньки, що служать для вегетативного розмноження. Квітки переважно багаточисленні, у циліндричному кінцевому суцвітті, що сидять на прямій ніжці.

Рдести відомі з третинних і переважно з четвертинних міжльодовикових відкладень. Найбільш стародавній із них – *P. uralense* із третинних відкладень, еоцен або навіть верхня крейда.

Рдест ниткоподібний – P. filiformis

Кореневище тонке, повзуче; довжина стебла – до 30 см, стебло тонке, ниткоподібне, циліндричне або злегка сплюснуте, біля основи слабогіллясте. Листки завдовжки 5–10 см, вузько-ниткоподібні, одножилкові, гоструваті. Піхва (5–10 см) охоплює одну гілочку. Язичок – до 7 мм. Ростає в озерах, струмках, іноді – у солонуватій воді. Поширений у Європейській частині Середній Азії.

Рдест гребінчастий – P. pectinatus L

Кореневище довге, повзуче, сильногіллясте, восени – із численними клубнетвірними потовщеннями. Стебло – до 50–100 см і більше, тонке, у нижній частині – просте, що догори гілкується, або гіллясте від основи із міжвузлями. Листки завдовжки 5–15 см,

темно-зелені, гострі, цілісно-крайні із подовжніми й поперечними жилками. Росте в озерах, річках, ставках, зазвичай на мілководді. Трапляється майже по всьому СНД.

Рдест кучерявий – P. crispus L

Рослина висотою 50–200 см, кореневище тонке, сильно гіллясте. Стебло сплюснуте, гіллясте, чотиригранне, завтовшки близько 2 мм із міжвузлями довжиною 1–2 (5 см). Листя все занурене, ланцетне або лінійно-ланцетне, довжина листка – 4–6 (9) см, ширина – до 1,5 см, сидячі, із закругленою основою, на верхівці зазвичай короткопідгострені, по краю – дрібно-гостропильчасті, частіше – хвилясті або кучеряві. Прилистки завдовжки близько 1 см, шкірясті, рано опадають.

Росте в стоячій або текучій воді, ставках, затоках, озерах, канавах, річках. Поширений майже повсюди.

Рдест взморниколистий – P. zosterifolius

Кореневище подовжене, циліндричне, часто його немає (рослина розвивається із зимуючої бруньки). Стебла сильносплюснуті, широкі (2–3 мм), із подовженими міжвузлями довжиною 5–20 см. Листя сидяче, лінійне, короткопідгострене, довжина листка – 5–20 см, ширина – 2–4 мм. Росте в озерах, ставках, рідше – у річках, майже повсюдно.

Рдест маленький – P. pusillus L

Кореневище іноді не розвивається. Стебло завдовжки 15–70 см, майже циліндричне, просте або догори сильно гіллясте з міжвузлями довжиною 1,5–3 (7) см. Листя лінійне, тупе, округле або слабозагострене, бічні жилки виражені, довжина листка – 1,5–3 (5) см, ширина – до 1,5 мм. Росте в озерцях, ставках, канавах, рідше – в озерах. Трапляється всюди.

Рдест плаваючий – P. natans L

Кореневище довгоповзуче, дуже гіллясте, восени з бульбоподібними потовщеними міжвузлями. Стебло довжиною 30–150 см, товсте, просте або малогіллясте. Занурене листя лінійне, довжина листка – до 50 см, ширина – до 1 см. Листя позбавлене листової пластинки й редуковане. Плаваюче листя жорстке, шкірясте, еліптичне, яйцеподібне або довгасте. Довжина листка – до 12 см, ширина – 5,5 см. Вид може утворювати наземну форму. Росте в озерах, ставках, старицях, канавах, у повільнопроточній воді. Трапляється майже всюди.

Рдест блискучий – P. lucens L

Кореневище товсте, довжина стебла – 6 м і більше, стебла товсті (3–4 мм), догори – гіллясті. Листя все занурене, велике, завдовжки до 30 см, ширина листка – 4–5 см, еліптичне, ланцетне, довгасто-яйцеподібне. У нижній частині стебла листки можуть бути частково або повністю редуковані. Росте в озерах, річках. Трапляється всюди.

Рдест пронизанолистий – P. Perfoliantus L

Кореневище з довгими повзучими відростками. Стебло переважно сильногіллясте, 50–60 см. Листя завдовжки до 6 см, шириною – 3,5 см, від майже округлої до довгасто-яйцеподібної, дрібнозубчасте, іноді хвилясте по краю, із глибокою серцеподібною стеблообгортною основою. Прилистки короткі, тонкі, білуваті, обпадають.

Росте в річках, озерах, каналах, ставках. Трапляється всюди.

Рдести – хороший корм для риб і качок. Риба поїдає насіння й зимуючі бруньки. У сухому вигляді поїдаються домашніми тваринами. Рдести можуть уживатися як добриво у зв'язку з великою кількістю крейди й азоту, добре поїдаються водяними тваринами.

Рід рупнія – Ruppia L

Багаторічні водянні трави із зануреним стеблом й лінійним листям, з однією жилкою (на вигляд нагадує гребінчастий рдест). Види роду *Ruppia* трапляються в морях або прісних водах зі значною мінералізацією (до 20–30), займаючи прибережну зону.

Родина взморникові – Zosteraceae

Занурені багаторічні морські трави з плоским лінійним дворядним листям, біля основи вагінальні. Суцвіття поміщене в піхві криючого листка; однодомні (зостера) або дводомні (філлоспадік).

Рід *зостера* – *Zostera L.* Види трапляються на узбережжі морів, на літоралі, до глибини 10 м, на мулистих і піщаних ґрунтах, нерідко заходять у дельти річок, опріснені затоки.

Зостера має значення для харчування водоплавних птахів, на листя відкладає ікру оселедець (Біле море). У сухому вигляді добре поїдається вівцями, може служити пакувальним набивальним матеріалом або добривом у сирому вигляді.

Рід філоспадік – Phyllospadik

Стебло коротке завдовжки 2–5 см, листя – завдовжки до 1–2 м, досить широке, шириною 2–4 мм, з трьома жилками, шкірясті. Трапляється на Далекому Сході.

Рід наяда – Majas L

Однорічні занурені у воду трави. Листя лінійне, супротивне або кільчасте, з гострими дрібними або крупними зубцями, із короткою, переважно вузькою піхвою біля основи. Квітки дрібні, одиничні або по 2–4 разом, зазвичай поміщені в маленьке перетинкове покривало пазухи. Запилення відбувається під водою.

Наяда морська – N. marina L

Досить могутня, ламка, часто темно-зелена рослина. Довжина стебла – 10–60 см, ширина понад – 1 мм, із міжвузля в нижній його частині до 10 см довжини, гладенькими або в різній мірі шипуватими. Листя лінійно-довгасте, піхви суцільнокрайні. Росте в солонуватих і прісноводних басейнах.

Наяда гнучка – *N. flexilis*. Досить ніжна, не ламка, ясно-зелена рослина. Стебло завдовжки 8–40 см, зазвичай тонше за 1 мм. Піхва листка звужена вгорі й поступово переходить у пластинку. Листя з численними дрібними зубчиками. Росте в озерах середньої смуги. Наяди – хороший корм для водоплавних птахів.

Родина ситникові – Juncaginaceae

Однорічні або багаторічні рослини, голі, трав'янисті, трапляються переважно на болотистих місцях. Листя дворядне, переважно тільки прикореневе, лінійне, основи вагінальні. Біля основи пластинки є язичок. Квітки дрібні, у малоквіткових колосках або китицях.

Рід тріостренник – Triglochin L

Тріостренник морський – T. maritima L

Росте на морському узбережжі, у лісовій зоні на сфагнових болотах, у південних районах на солончакових луках. Вид поширений, має значення як кормова рослина, особливо на засоленних ґрунтах. Зола багата содою.

Тріостренник болотний – T. Palustris L

Росте на сирих луках, болотах, на берегах річок.

Кормова рослина, поїдається худобою, насіння – птахами.

Родина шейхцерієві – Scheuchzeriaceae.

Багаторічні рослини, листя лінійне, дворядне, піхви розширені. Квітки в термінальних гроноподібних суцвіть, обох статей.

Шейхцерія болотна – Scheuchzeria palustris L. Корневище коротке, таке, що дає підземні корені завдовжки до 50 см. Стебло – 15–25 см. Прикореневе листя прямостояче, до 25 см довжини. Трапляється в оліготрофних кислих водах, бере участь у

заторфовуванні. Ростає в торф'яниках на сфагнових болотах. Вид дуже поширений, особливо в північних районах. Поїдається оленем.

Родина частухові – Alismaceae

Водяні й болотяні рослини з укороченим кореневищем, розетка прикореневого листка різної форми, гіллясте стебло (квітконіс), зазвичай позбавлене зеленого листя. Квітки – китиці або волоть, зазвичай кільчасті, із трьома зеленими чашолистками й стількома ж пелюстками.

Рід частуха – Alisma L

Частуха подорожникова – *A. Plantago-aquatica* L. Кореневище товсте, до 2 см, клубнеподібне. Стебло – 10–70 см, прямостояче, гіллясте у верхній половині. Листя зелене, низинне, сидяче, широколінійне, плаваюче; решта – повітряне, довгочерешкове, пластинка велика, яйцеподібна, з підгостреною або гострою верхівкою. У наземній формі рослина з черешковим листям, у водній – зі стрічкоподібними, без черешка.

Вид поширений, кореневища багаті крохмалем, їстівні в печеному вигляді.

Рід стрілолист – Sagittaria L

Багаторічні водяні або болотяні трави, часто з підземними клубнетвірними відростками, із зануреним стрічкоподібним, плаваючим і повітряним, частіше – стрілоподібним листям, квітки одностатеві.

Стрілолист звичайний – *S. Sagitifolia* L. Кореневище коротке, мичкувате, таке, що розвиває подовжені пагони, утворює восени на верхівці жолудеподібні бульби. Квітки стрілолисту складаються з трьох досить крупних білих внутрішніх листочків із яскравою червоною плямою в центрі й трьох зовнішніх листочків оцвітини. Листя розетки за формою трьох типів: а) підводні – сидячі, лінійні, прозорі з паралельними жилками, довжина – до 80 см, ширина – 3–10 мм; б) плаваючі – довгочерешкові, із пластинкою, стрічкоподібні; в) повітряні – лопаті стрілоподібної основи, переважно довгасті або довгасто-трикутні, гострі.

Ростає у водоймах із проточною або стоячою водою біля берегів. Бульби багаті крохмалем і їстівні, можуть уживатися в печеному вигляді.

Родина сусакові – Butomaceae

Багаторічні болотяні або водяні рослини. Листя переважно все прикореневе, стебло у вигляді безлистої стрілки. Квітки в

зонтикоподібному суцвітті зазвичай із трьох завитків, із подвійною рожевою оцвітиною, чашолистків і пелюсток – по три.

Рід сусак – *Vitotomus L*

Стебла безлисті, листя все прикореневе, лінійно-мечоподібне.

Сусак зонтичний – *V. Umbellatus L*

Стебло – 40–150 см. Квіткові стрілки циліндричні, гладкі. Листя біля основи тригранне, вище – плоске, лінійне, ширина листка – 3–10 мм, у проточній воді – сильно подовжене, тонке. Під час цвітіння на верхівці стебла розвивається суцвіття рожевих крупних квіток. Ростає в стоячих і проточних водах.

Кореневища містять велику кількість крохмалю, протеїну й сахаристих речовин, добре поїдаються тваринами.

Родина водокрасові – *Hydrochritaceae*

Багаторічні водяні трави, листки занурені у воду або плавають на поверхні. Листя стеблове або прикореневе, чергове, супротивне або кільчасте.

Рід елодея – *Elodea L*

Занурені у воду рослини з подовженим дуже гіллястим стеблом, зимових бруньок зазвичай не утворює. Листя кільчасте, по 2–6 у кільці.

Елодея канадська – *E. canadensis*

Стебло довге, часто гіллясте. Листя зазвичай по три в кільці, довгасто-яйцеподібне або лінійно-ланцетне, гостре. Рослина дводомна, завезена до Європи з Америки в 1836 р. У Європі трапляються тільки жіночі рослини з маточковими квітами. Швидко розповсюдившись, вид захопив величезну територію. Ростає в стоячих й проточних водах, ставках, річкових затоках, старицях, каналах.

Розвиваючись у великій кількості, елодея заповнює водні басейни, порушує їх господарське використання, перешкоджає риболовству, судноплавству й ін. Витягнута з водойм зелена маса може вживатися на корм свиням, птахам, у силос або як добриво, містить до 18 % азотистих з'єднань.

Рід Валіснерія – *Vallisneria L*

Водяні рослини з повзучим кореневищем, створюючим розетки листям або з розвиненим стеблом і черговим листям.

Валіснерія спіральна – *V. Spiralis L*

Листя лінійне, стрічкоподібне, завдовжки до 80 см, шириною до 12 мм, на кінцях тупе. Примітивний процес запилення: жіночі квітки на довгих квітконіжках розкриваються на поверхні води.

Сюди ж спливають чоловічі квітки, що відриваються від коротких квітконіжок, де й відбувається запилення. Запліднена квітка опускається під воду. Ростає на дні неглибоких водойм (зазвичай, не глибше за 1 м), як стоячих, так й проточних, іноді розвивається в теплових ставках електростанцій. При масовому розвитку перешкоджає руху човнів на мілководдях. Трапляється в південній частині на Кавказі, у Середній Азії й на Далекому Сході.

Хороший корм для качок і риб, виводять в акваріумах як декоративний вид.

Рід Тілоріз – *Stratiotes* L

Підводні рослини, звичайно з видними над поверхнею води міцними листками, зібраними в спіральні розетки.

Тілоріз звичайний (алоєвидний) – *S. Aliodes* L. Рослина дводомна, має мечоподібне листя, зібране густими розетками, жорстке й гострозазублене по краю. Квіти білі, трьохпелюсткові, досить великі. До цвітіння зазвичай тримаються на дні водойм, потім спливають, квітнуть і знову занурюються у воду. Широко розповсюджені в Європі й Західному Сибіру.

При розвитку у великій кількості може уживатися як добриво або на корм худобі й птахам.

Рід водокраси – *Hydrocharis* L

Водяні, рослини з розвиненими пагонами. Листя на довгих черешках, плаваючі на поверхні води, округлі, із глибокою серцеподібною вирізкою біля основи. Коріння численне, звисає у воду, але не прикріплюються до дна. Рослини дводомні, запилення тільки перехресне (ксеногамія). Вегетативне розмноження за допомогою бруньок. Восени утворює зимові бруньки, багаті крохмалем й зимуючі на дні. Віддають перевагу чистим водоймам.

Водокрас звичайний, або жабник – *H. Torsus ranae* L

Трапляється в стоячих і проточних водах, переважно на річкових старицях, затоках, у ставках, у прибережній зоні озер, у чагарниках очеретів. Поширений у європейській частині, на Кавказі, у Середньої Азії.

Родина злакові – *Gramineae*

Трави, що мають циліндричне членисте стебло, зазвичай із роздутими вузлами й порожнистими міжвузлями. Листя розміщене у два ряди, є піхва й власне листовка пластинка. У місці відходження листка від піхви міститься півчастий язичок. Квітки редуковані, дрібні, вітрозапильовані, зібрані в колоски, створюючі

верхівкові волоті, колоски або кисті. Плід – зернівка, рідше – кістянка або ягода. Насіння зазвичай із променистим ендоспермом. Родина багата видами (близько 10 000), поширена майже по всій земній кулі. Окремі види (хлібні злаки) мають виняткове значення.

Рід цицанія – Zizania L

Крупні водяні трави, суцвіття у вигляді крупної волоті, стислої у верхній частині, яка несе жіночі колоски, розкидана в нижній частині, яка несе чоловічі колоски. Стебла заввишки до 3 м. Кореневище порожнисте, товсте.

Цицанія широколиста – Z. latifolia

Крупний багаторічний злак, стебла прямі, голі, прості або слабогіллясті завтовшки до 2 см, листя шириною до 3 см. Квітне в другій половині літа. Рясно розвивається на берегах озер, у прибережжі проточних річок, у затоках.

Рослина має високу кормову цінність, оскільки її клітини майже не містять кремнію, соломина залишається м'якою й може легко використовуватися протягом усього вегетаційного сезону. Зернівка цицанії багата крохмалем і цукром. Злак успішно культивується Всесоюзною дослідною рисовою станцією (м. Краснодар) й Інститутом гідробіології АН України (Кременчуцьке водосховище).

Цицанія водяна – Z. Aquatica L.

Споріднений до попереднього північноамериканський вид, так званий також «туськарора, канадський дикий рис, водяний рис». Однорічник, стебла – до 2 м. В окремих країнах Західної Європи висівається як декоративна рослина. Росте в мілководій зоні водойм, проте при акліматизації швидко вимирає, не витримуючи конкуренції зі сторони багаторічних кореневищних злаків.

У Росії проведено успішні дослідження з акліматизації водяної цицанії в оз. Вяльє в околицях Санкт-Петербурга. Рослина досить примхлива й при акліматизації в нові райони вимагає значної уваги й підходу, дає сіно хорошої якості, насіння поїдається птахами.

Рід двокістянка – Digraphis

Двокістянка тростяникова – B. arundinaceae

Багаторічна рослина з довгими повзучими підземними пагонами, листові пластинки широколінійні, шириною 5–18 мм. Колоски зібрані в дуже густу, часто колосоподібну лопатеву волоть. Квітне влітку, на вологих луках, болотах, на берегах водойм.

Добра кормова рослина, особливо в молодому стані, швидко росте з весни, у кінці травня виходить у трубку висотою 60–80 см і цілком придатна для сінокосіння. Може застосовуватися для посадки з метою зміцнення берегів.

Рід очерет – Phragmites

Очерет звичайний – Ph. communis

Багаторічна рослина, заввишки 0,8–4 (9) м. Кореневище довге, повзуче, із товстими горизонтальними наземними пагонами. Стебла прямі, міцні, завтовшки до 2 см, порожнисті, гладкі. Листя з піхвою, що щільно охоплює стебло, плоске, лінійно-ланцетне, шириною до 7 см, жорстке. Волоть густа, завдовжки 20–30 (50) см. Квітне із середини літа до осені. Росте зазвичай у воді (не глибше 2 м) або біля води: на берегах річок, озер, водосховищ, на болотах, канавах, струмках.

На суші часто трапляється й на пісках, що указує на близький підхід до поверхні ґрунтових вод. Поширений по всій території (окрім Арктики). На півдні, особливо в пониззі річок Амудар'ї й Сирдар'ї, утворює величезні чагарники в плавнях, що досягають висоти 9 м. Майже завжди утворює чисті чагарники. Площа заростей очерету складає 5 млн га, а щорічна продукція – 40 млн т фітомаси (Кроткевіч, 1970).

До викиду волоті рослина кормова як для диких тварин, так і для великої рогатої худоби. У засушливих зонах країни може бути основним джерелом заготівлі сіна й місцем пасовищ, особливо в період вигорання ксерофільної та мезофільної рослинності. На листку очерету зрідка розвивається грибок, такі рослини отруйні й становлять небезпеку для тварин. Дорослі рослини можуть використовуватися для споруд, виготовлення «комишових» плит, як паливо, сировина для виготовлення паперу тощо. Має велике значення в заболочуванні водойм.

Тростянка овсяна (світлуха, тризубка) – Scolochloa festucaceae

На вигляд схожа на очерет. Кореневище довге, товсте. Товщина кореневища – до 4–5 мм. Стебла прямі, циліндричні, шорсткі, листя лінійне, довгасто-загострене, піхви гладкі. Колоски з 3–4 квіток зібрані в крупну волоть, розкидисту й розріджену, завдовжки до 30 см. Вид займає прибережно-водні ділянки в європейській частині, у Сибіру, Якутії, Забайкаллі, трапляється на торф'яниках, утворює високі надводні чагарники. Вид стійкий до

місце, де не можуть вижити інші прибережно-водні види. Кормова рослина, особливо в наймолодшому віці.

Рід арундо – Arundo L

Дуже крупні злаки з жорстким, майже дерев'янистим товстим стеблом й густогіллястою волоттю.

Арундо очеретяний – A. Donax L

Багаторічник, висота рослини – 2–4 (6) м. Кореневище могутнє, довге. Стебла прямі, гладкі, завтовшки до 4 см, ширина листа – до 3–6 см, довжина волоті – 40–70 см. Квітне восени. Росте на берегах річок, озер. Поширений у південних районах на Закавказзі, Середній Азії. Використовується як паливо й будівельний матеріал.

Рід арктофіла – Arctophila

Арктофіла жовта – A. fulva

Багаторічник, висота стебла – до 1–2 м, листя шириною до 1 см. Суцвіття – волоть 20–40 см. Кореневище довге, повзуче, має багато пагонів, у вузлах із кореневими мочками. Квітне в другій половині літа. Арктофіла поширена в тундровій зоні й на півночі лісової. Трапляється на берегах водойм й у воді до глибини 50–60 см на ділянках із сповільненою течією, на мілинах, у дельтах річок. Поширена в Арктиці, на Новій Землі, у тундрі Європи й Сибіру, на Камчатці.

Злак – відмінна кормова рослина, поїдається північним оленем і водоплавними птахами. Високі живильні властивості арктофіли зберігаються з початку цвітіння до відходу під сніг. Арктофіла може бути впроваджена в культуру й розселена в лісовій зоні, на південь від межі природного ареалу, де можливе її використання як корм великій рогатій худобі.

Рід манник – Glyceria

Багаторічники, волоть, стисла або розкидиста, із тригранною віссю. Гігрофільні види із замкнутими піхвами листя.

Манник великий (водяний) – G. maxima

Рослина висотою 1–2 м. Кореневище повзуче, стебло пряме, товсте, сплюснуте. Листя лінійне, довге, жорстке. Волоть велика, густа, до 40 см. Квітне влітку. Трапляється в струмках, річках із повільною течією, на берегах водоймищ. Утворює чагарники, заходить у воду до 1,5 м. Трапляється в європейській частині, на півдні Сибіру, у Північному Казахстані, на Кавказі.

Молоді рослини можуть бути кормом, дорослі рослини часто уражаються листковою голівешкою, яка містить синильну кислоту, що може викликати отруєння худоби. Солома використовується на покриття дахів.

Манник напливаючий – *G. fluitans*. Висота рослини – 50–100 см, кореневище повзуче, стебло колінне, підводиться. Листя товстувате, завдовжки 6–13 см й шириною 2–7 мм, піхви їх закриваються міжвузлями майже повністю, язичок довгий – 5–7 мм, тупий. Волоть вузька, 10–35 см. Трапляється на заплавах луках, на торф'яниках, канавах, берегах водоймищ. Поширений у європейській частині, на Кавказі. Кормова рослина, може вживатися на силос, зернівки високоживильні.

Родина осокові – Cyperaceae

Здебільшого багаторічні трави, стебла переважно тригранні, доверху або тільки внизу. Листки зазвичай трирядні, схожі на листя злаків, із замкнутою піхвою й без язичка. Дрібні вітрозпилувальні квітки зібрані в колоски, парасольки або волоть. Більшість видів трапляються на берегах водойм, на болотах, сирих луках, можуть утворювати осоковий торф.

Рід очерет – Scirpus L

Очерет озерний – S. lacustris L

Багаторічник, володіє повзучим гіллястим кореневищем із додатковим корінням. Стебла досягають у висоту до 3 м, товщина їх – 10–15 мм, циліндричні, гладкі, із добре розвиненою повітроносною тканиною. Листки розвинені слабо й представлені піхвами біля основи стебла. Занурені форми очерету, що цілком містяться під водою, мають добре розвинене довге листя й укорочене стебло. Квіти очерету зібрані в крупне волотисте суцвіття завдовжки 5–8 см. Квітне влітку. Поширений у європейській частині, рясні чагарники трапляються в озерних районах європейської Півночі.

Кореневище багате крохмалем, добре поїдається тваринами. Близьким видом, подібним на очерет озерний, є очерет Табернемонтана. Він відрізняється витривалістю до значного засолення, поширений південіше, у засолених водоймах й на ґрунтах у Казахстані, у Середній Азії, на Далекому Сході.

Очерет морський – S. Maritimus L

Багаторічник із повзучими кореневищами, від яких відходять пагони, що горизонтально стеляться, із кулястими бульбами на кінцях. Стебла тригранні, гладкі, покритолісті, ширина листка 3–8 мм. Висота рослин – 35–80 см (до 1 м). У нижній частині стебла розміщено 4–8 листків і біля основи суцвіття – 2–3. Верхнє листя коротше. Колоски зібрані в просту волоть. Вид поширений по всій території, проте найбільш густі й обширні чагарники утворює в південних районах (ліани Прикаспійської низовини, солончакові болота, Середня Азія, Забайкалля, Приамур'я, Сахалін).

Молоді рослини (до колосіння) містять велику кількість крохмалю, добре поїдаються тваринами, використовуються на силос.

Рід осока – Carex L

Багаторічні трави, що створюють купину, дерновини. Стебло тригранне. Нижнє листя лускоподібне, серединне, із тригранною замкнутою піхвою й складчастою або плоскою лінійною листовою пластинкою. Квітки одностатеві, зібрані в колоски. Численний рід.

Осока водяна – C. aquatilis

Рослина висотою до 1,5 м, із дернистим кореневищем. Стебла тупокутні, гладкі, листя плоске, шорстке, загострене, сіро-зелене. Суцвіття велике, із 5–8 колосків, із них 2–3 верхніх – чоловічі (веретеноподібно-циліндричні), решта – жіночі. Рослина поширена в північних районах лісової смуги, тундрі, у прибережжі річок й озер, на болотах у Мончетундрі, уздовж убережжя Карського моря.

Хороше збереження зелених пагонів цього виду під снігом у суворих умовах Півночі, а також ранній початок вегетації визначає його високе кормове значення, особливо в молодому стані.

Осока гостра (струнка) – C. acuta L

Рослина висотою до 120 см, схожа на попередній вид. Кореневище повзуче, товсте. Листя плоске, сильно шорстке, ріжуче. Біля основи стебел – червонувато-бурі піхви. Стебла гостротригранні. Суцвіття складається з 4–10 колосків, із яких верхні 2–4 – чоловічі, зближують, довгасті, решта – жіночі, циліндричні. Квітне навесні й улітку. Вигляд дуже мінливий. Поширення – широке, по всій країні, переважно в лісовій і лісостеповій зонах, на лугах, лучних болотах, торф'яниках, на узбережжі річок та озер. Хороша кормова рослина, особливо в молодому стані.

З інших поширених видів осок слід згадати осоку дернисту, осоку омську, осоку волосистоплідну, осоку берегову, осоку пухирчасту. Види трапляються на болотах, торф'яниках, узбережжі водойм, сирих луках; квітнуть зазвичай навесні або на початку літа.

Рід болотниця – Eleocharis

Здебільшого багаторічники з повзучими кореневищами. Стебла негіллясті, безлисті, гладкі або слабобороздчасті. Колоски одиночні на кінцях гілочок.

Ситняг болотний – E. palustris

Багаторічна рослина висотою 10–50 см. Колоски довжиною 6–20 мм. Стебла досить товсті, під колоском часто різкозвужені. Луски червонувато-бурі з білоперепончастими краями, щетинок – чотири, шипіки на них направлені вниз. Квітне в червні-липні. Трапляється на мілководдях, на берегах водойм, канав, сирих лугов. Поширений у Європейській частині.

Родина айрові – Araceae

Рід лепеха – Acorus L

Лепеха звичайна, болотна – A. calamus L

Багаторічник висотою до 120 см. Кореневище товсте, гіллясте, із різким пряним запахом, уміст ефірних масел – до 0,8–2,5 %. Листя довге, мечоподібне, яскраво-зелене. Із верхівкової бруньки кореневища утворюється стебло, що несе суцвіття. Суцвіттям є початок циліндричної форми, квіти протерогенічні. У середній смузі насіння лепехи зазвичай не визріває й розмноження відбувається вегетативним способом. Квітне з початку літа до осені. Трапляється лепеха на узбережжі озер, на зарослих старицях, може утворювати сплавини. За сприятливих умов лепеха може витіснити інші види (рогоз, очерет). Вид поширений у різних країнах світу, до Європи був завезений у середині XVI ст. з Туреччини. Поширений майже по всій Європейській частині, на Кавказі, у Сибіру, на Далекому Сході. Рослина має ароматичні, дубильні й лікарські властивості, розводиться штучно для отримання кореневищ – айрного кореня.

Рід білокрильник – Calla L

Білокрильник болотний – C. Palustris L

Багаторічник заввишки до 30 см. Кореневище товсте, довге; листя густо-зелене, довгочерешкове, лисніюче. Квітконосне стебло приблизно рівне за довжиною листка. Покривало плоске, із

загостреною верхівкою, одностороннє, у період цвітіння з середини білого кольору. Квіти дрібні, протерогенічні, обох статей, плоди зібрані в короткий товстий початок, що занурюється у воду після дозрівання насіння. Квітне в першій половині літа. Звичайний у водоймах із заболоченими берегами, на болотах (дистрофні води), має істотне значення при заболочуванні водойм, утворює сплавини. Поширений на всій європейській частині, на Далекому Сході. Рослина в сирому вигляді отруйна, оскільки містить пекучі сапоніноподібні речовини, у сухому й вареному вигляді може використовуватися на корм (кореневища). У культурі відома як декоративний вид.

Родина ряскові – Lemnaceae

Дуже дрібні рослини, плаваючі на поверхні води або в товщі, на вигляд нагадують слань нижчих рослин. Стебло є плоскою або плоско-опуклою пластинкою. Із нижньої сторони пластинки можуть відходити один або декілька корінців, або їх немає. Листки в більшості видів відсутні або ж зредуковані до маленьких лусочок. Пластинка-стебло несе 1–2 крайові кишеньки, у яких утворюються нові пластинки (вегетативний спосіб розмноження) або одностатеві квітки. Переважає вегетативне розмноження, цвітіння спостерігається надзвичайно рідко. Багаторічники.

Рід багатокорінник – Spirodela

Багатокорінник звичайний – S. polyrrhiza

Рослина плаває на поверхні води. Пластинки стебла на нижній поверхні несуть декілька корінців. На краю стебла є дві бічні кишеньки. Квітне влітку, рідко. Утворює зимуючі бруньки чечевицеподібної форми, у яких накопичується крохмаль. Осінні бруньки опускаються на дно водойми, а навесні утворюють повітряні порожнини, спливають на поверхню й дають початок новим рослинам. Вид поширений майже по всій країні (немає в Криму, у частині Закавказзя й Середньої Азії).

Рід ряска – Lemna L

Пластинки плавають на поверхні або занурені у воду, один корінець і дві крайові кишеньки. Суцвіття з двох чоловічих та однієї жіночої квітки розвивається в кишеньці.

Ряска маленька – L. minor L

Вільноплаваюча рослина. Листоподібне стебло має вигляд оберненояйцеподібної пластинки шириною 2–3 мм. Від нижньої

поверхні пластинки відходить один корінець, що є органом рівноваги. Квітне рослина з весни до осені, але зазвичай дуже рідко. Ряска має велику витривалість відносно низької температури й може вегетувати навіть під льодом. Насіння ряски зберігає схожість навіть при промерзанні водою до дна. Вид розвивається в нейтральному або слаболужному середовищі, в евтрофних водах із багатим умістом біогенів й органічної речовини, віддає перевагу стоячим водам, захищеним від вітру. Поширена всюди, окрім Арктики.

Ряска тридольна – L. trisulca L

Стеблові пластинки вузьколанцетоподібної форми, напівпрозорі, плавають під поверхнею води. Окремі пагони з'єднуються між собою й утворюють багатопластинкові групи. Квітнуть особини, що розміщені біля самої поверхні води. Зріле насіння розвивається впродовж двох тижнів. Вид поширений всюди, заходить за Полярне коло (Кольський півострів, пониззя Єнісею).

Ряска горбата – L.gibba L

Стеблові пластинки округлі або оберненояйцеподібні, завдовжки до 7 мм. Зверху вони плоскі, яскраво-зелені, знизу – сильно роздуті, горбаті, жовтуваті. Корінець на кінці часто загострений. Вид трапляється рідше від попередніх, спорадично.

Рід вольфія – Wolffia.

Вольфія безкоренева – W. arrhiza

Найдрібніша квіткова рослина, розмір стеблової листкової пластинки – 1–1,5 мм. Корінці відсутні. Зверху пластинка яскраво-зеленого кольору, плоска, знизу – сильно опукла, білуватозелена. Характерне тільки вегетативне розмноження; вид поширений у Курській області й південніше, на Україні, на Кавказі, у південних районах Західної Європи, у Середземномор'ї.

Представники родини є висопоживним кормом для водоплавних птахів і тварин, розвиваються у великій кількості, активно сприяють розвитку життя у водоймах й окисленню органічної речовини, продукуючи кисень. Особливо важлива наявність кисню в зимовий період, коли водойми покриті льодом і фотосинтез фітопланктону дуже невеликий.

Родина ситникові – Juncaceae

Рід ситник – Juncus L

Прибрежноводні рослини, більшість видів – багаторічники, стебла циліндричні, численні, листя плоске, схоже на листя злаків.

Піхви листя відкриті. Суцвіття верхівкові, іноді здаються бічними, коли криючий лист вертикально продовжує квітконосний пагін. Квітки одиночні або зібрані в головки. Плід – тригранна багатосім'яна коробочка.

Ситник розлогий – J. effusus L

Досить висока рослина, 50–120 см. Криючий лист суцвіття трубчастий, загострений. Стебло майже безлисте, біля основи має лускоподібне листя. Суцвіття зонтичне, здається розміщеним збоку. Квітне на початку літа. Поширений на болотах, заболочених луках, канавах, берегах водойм, сирих низинах. Поширений у європейській частині, окрім Арктики, на Кавказі й у Західному Сибіру. З однорічних видів у нашій країні є звичайний дрібніший ситник жаб'ячий. Кормове значення ситників невелике.

Родина півникове – Iridaceae

Рід голубчик – Iris L

Кореневищні багаторічні трави. Стебла однорічні або зібрані разом. Листя мечоподібне, дворядне, таке, що налягає одне на одне, іноді – лінійне. Квітки великі, із шестилистним пелюсткоподібним відгином.

Голубчик жовтий – I. Pseudacorus L.

Рослина досить висока, 70–110 см. Кореневище гіллясте, до 2 см завтовшки. Листя мечовидне, широколінійне, із ясною середньою жилкою. Квітки яскраво-жовті, відгин оцвітини в кілька разів довший трубки, зовнішні долі відігнуті донизу. Квітне влітку. Трапляється на берегах водойм, на трав'яних болотах. Поширений у європейській частині, на Кавказі, у Казахстані, Західному Сибіру.

Родина гречані – Polygonaceae

Рід Горець – Polygonum L

Однорічні або багаторічні трави, напівчагарники. Листя чергове, цілісне, квітки з простою оцвітиною.

Горець земноводний – P. Amphidium L

Багаторічний вид, водна форма з довгим стеблом, листя довгочерешкове, плаваюче, блискуче, з округленою або серцеподібною основою. Суцвіття – кінцеві щільні колосоподібні китиці, оцвітина рожева. Квітне із середини літа до осені.

Має дубильне, лікарське й кормове значення, насіння є цінним кормом для домашньої й дикої водоплавної птаці. При висиханні водойм кореневища водної форми можуть утворювати сухопутну форму. Наземна форма трапляється по луках, узбіччях доріг,

насипах, має просте негіллясте жорстке стебло й майже сидяче короткочерешкове гостре листя, квітне порівняно рідко. Водна форма трапляється всюди (окрім Арктики), у текучих і стоячих водоймах.

Родина Лотосу – Nelumbjaceae

Багаторічні, має трави із сильно розвиненим товстим кореневищем, покритим лусочками. Листя дуже велике, довгочерешкове, щитоподібне. Квітки одиночні, великі, досягають у діаметрі 25–27 см. Зав'язі й тичинки розміщені на зворотному конічному квітколожі. Весь цикл цвітіння протікає протягом 3–4 (5) днів.

Рід Лотос – Nelumbo.

Лотос горіхоносний – N. nucifera.

Багаторічник, має повзуче вузькувате кореневище. Листя округле, щитоподібне, глибоко-увігнуте, велике, до 50–60 см у діаметрі, сизо-зелене. Листя високо піднімається над водою на шипуватих черешках, молоді рослини мають і плаваюче листя. Квіти великі, білі, рожеві або темно-червоні. Плоди зібрані в супліддя. Квітне літом і на початку осені. Трапляється в озерах, старицях, лиманах, у пониззі Волги й Кубані, на Закавказзі, на Далекому Сході.

Має харчове, лікарське й здебільшого декоративне значення. Вид є реліктом третинного періоду, а рід відомий із кінця крейдового періоду. У Північній Америці трапляється близький вид – лотос жовтий.

Родина лататтєві – Muphaeaceae

Водні рослини, багаторічники, рідше – однорічники, мають могутні, товсті кореневища з густою щіткою коріння. Листя округле, із виїмкою, зазвичай плаваюче на поверхні води, сидить на довгих циліндричних черешках. Повітроносні порожнини добре розвинені. Квіти одиночні, на довгих квітконосах. Оцвітина подвійна, чашолистків 3–6 (рідше – до 12). Плоди переважно багатосім'янки.

Рід євріала – Euriale.

Євріала страхітлива – E. felox

Рослина однорічна, уся її поверхня, черешки, листові пластинки, квітки й плоди (окрім пелюсток і тичинок) покриті численними шпильками. Листки плаваючі, округлі, на товстих та довгих черешках, у кінці літа досягають розмірів 1–1,3 м. Коріння тонке, біле, мляве, рослина віддає перевагу м'яким мулистим

грунтам. Квітки евриали розкриваються лише в рослин, що виростають на мілководді (5–15 см), на великих глибинах квіти занурені у воду, їх самозапилення відбувається під водою. Плід – ягода світло-червоного кольору, кулястої форми, велика (100–200 г), містить 20–100 насіння. Квітне рослина в другій половині літа – початку осені. Трапляється тільки на Далекому Сході, в Уссурійському краї в пониззі річок Імана й Лефу (північна межа ареалу).

Рід бразенія – Brasenia

Бразенія шребера – B. schreberi. Багаторічник, кореневище довге, порівняно тонке, гіллясте. Листя чергове, на черешках нерівної довжини, листкова пластинка овальна, завдовжки 5–10 см, шириною 3–5 см. Стебла, черешки, квітконіжки й нижня сторона листя покриті прозорим слизом. Квітки темно-пурпурові, ширина 1–1,2 см. Квітне в другій половині літа й на початку осені. На мулистих ґрунтах, в озерах, старицях, у стоячих водоймищах. Поширений на Далекому Сході, у долинах Буреї, Амуру, Уссурі, на оз. Ханка.

Рід латаття – Nymphaea

Рослини з могутніми кореневищами, листки плаваючі на поверхні води, черешки й квітконіжки довгі, ідуть безпосередньо від кореневищ, стебло відсутнє.

Латаття білосніжне (чисто біла) – N. candida

Листя округло-овальне, до 30 см у діаметрі, товщина кореневища – до 3 см. Квітки великі, до 12 см у діаметрі, напіввідкриті, білі, чашка чотиригранна. Зверху листя темно-зелене, знизу – червонувато-фіолетові. Квітне з початку літа до осені. Рано навесні, ще до появи плаваючого листя, у латаття розвиваються довге й тонке підводне листя. Таке листя існує, поки не розвинулися плаваюче, й зустрічаються в затишних ділянках із невеликою глибиною. Плід латаття є багатогніздною ягодою. Трапляється в стоячих і проточних водоймах, до глибини 3–4 м. Вид поширений у європейській частині, окрім Арктики й Криму, у південних районах Сибіру (до Байкалу). Крохмалевмісна, харчова, дубильна, декоративна рослина.

Латаття біле – N. Alba L

Лопаті листя нерівнобічні, листя серцеподібно-овальне, округле. Квітки слабоароматні, до 21 см у поперечнику. Утворює гібриди з попереднім видом. Трапляється тільки в європейській

частині, на півночі межа її розповсюдження доходить до Кольського півострова, на півдні – до Кавказу й узбережжя Чорного моря (немає в Криму). Розміри рослини залежать від умов зростання: так, на глибоких ділянках трапляються крупніші рослини, у дрібних водоймах рослини зазвичай дрібні й мають короткі черешки. При періодичному пересиханні водойм латаття утворює сухопутну форму: черешки листя стають товщими, клітини епідермісу товстішають, збільшується кількість листя.

Латаття мале – N. tetragona

Листя дрібне, 7–8 см, квітки – 4–5 см. Основа чашки чотирикутна. Пелюстки віночка різко відрізняються від тичинок. Плід округло-конічний. Кореневище довге, досить тонке. Цей вид далі за інше латаття заходить на північ. Поширений на Кольському півострові, в Карелії, на Європейській півночі, у водоймах лісотундри й лісової зони, у Сибіру, на Далекому Сході.

Рід глечики – Nuphar

Квітки одиночні, листя глибоко-серцеподібне, кореневища товсті.

Глечики жовті – N. lutea

Багаторічник із могутніми кореневищами, плаваюче листя серцеподібноовальне, підводне, зморшкувате, ясно-зелене. При обмілінні водойм або тимчасовому пересиханні може розвиватися повітряне листя, подібно до того, як це спостерігається й у латаття; квітконіжки, як і черешки листя, ідуть від кореневища. Оцвітина подвійна, не зрослолиста чашечка 5-листа. Зав'язь утворена зрощеними плодолистками, розширене рильце має воронкоподібну форму, плід багатогніздний. Поширена в європейській частині, на Кавказі, у Сибіру, на півночі Казахстану, росте в озерах, старицях, затоках річок, у стоячих водах і на сповільненій течії. Крохмалевмісна, лікарська рослина.

Глечики малі – N. pumila

Кореневище порівняно тонке – до 2 см, плаваюче листя глибоко-серцеподібне, довжина – до 15 см і ширина – 11 см, на Далекому Сході – дещо більше. Квітки 2–3 см у поперечнику, жовті. Поширена у водоймах лісової зони.

Родина роголистникові – Ceratophyllaceae

Багаторічні рослини, плаваючі в товщі води, стебло членисте, листя розділене на ниткоподібні або лінійні долі, без прилистків.

Утворює зимуючі бруньки, що навесні дають початок новій рослині. У родині один рід.

Рід роголистник – Ceratophyllum L

Роголистник занурений – *C. Demersum L.* Стебло тонке, гладке, до 60 см, у верхній частині сильно гіллясте. Рослина темно-зелена, листя по 4–12 у кільці, січене на сегменти. Коріння немає, плоди овальні з трьома колючками. Квітне влітку. У стоячих і текучих водах, у старицях, ставках, канавах. Вид поширений майже всюди.

Роголистник напівзанурений – C. Submersum L

Стебло дуже тонке, гладке. Листя ясно-зелене, м'яке, ніжне, розміщене густими кільцями, в'яло-роздільне на ниткоподібні долі з рідкісними зубчиками по краях, довжина листка – 2–4 см. Плід сидячий, гладкий, на верхівці з однією короткою прямою колючкою. Трапляється в стоячих і проточних текучих водоймах, у старицях, канавах, затоках. Поширений у європейській частині, Криму, на Кавказі, у Західному Сибіру, Середній Азії.

Роголистники – хороший корм для водоплаваючих птахів і риб-фітофагів, можуть застосовуватися як добрива.

Родина жовтці – Ranunculaceae

Переважно трав'янисті рослини, майже всі багаторічні трави з розсіченим листям, без прилистків. Обидві статі квітки зібрані в суцвіття або одиночні. У родині – близько 2000 видів.

Рід калюжниця – Caltha L

Листя цілісне або злегка лопатеве, чергове, оцвітина проста, вінчикоподібна, жовтого або білого кольору. Водяні або болотяні трави.

Калюжниця болотна – C. Palustris L

Кореневище мичкувате, рослина гладка, із випрямлено-висхідним стеблом, що підводиться або лежачим, в останньому випадку вкорінюється на вузлах. Стебла прості або гіллясті в основі й у ділянці суцвіття. Прикореневі листки черешкові, приквіткові – переважно сидячі, великі, шкірясті, блискучі, від округло-трикутних до серцеподібних, городчасто-зубчасті або цілісно-крайові. Квітки великі, жовті, протерогинічні, ранньою весною здалеку впадають в очі на мокрих луках. Трапляються на берегах водойм, на сирих луках, зрідка – у глибокій воді (водна форма).

Рослина слабоотруйна, містить анемонін, холін і берберин. При сушінні й варінні токсичність зникає.

Калюжниця плаваюча – *C. Patans Pall.* Стебла гладкі, плаваючі, листя чергове. Рослина трапляється в зануреному, напівзануреному вигляді або на сирих місцях, на берегах водойм, квіти білі. Поширена в Сибіру й на Далекому Сході.

Рід водяний жовтець – *Batrachium*

Водяні рослини з плаваючим і зануреним або тільки із зануреним листям. Листки різні: або всі ниткоподібні, із багатьма жилками, або нижні – занурені ниткоподібні багатороздільні, а верхні – плаваючі лопатеві чи розсічені на широкі різноманітні долі, черешкові або сидячі. Квітки одиночні, білі, із жовтим нігтиком, медова ямка біля основи пелюстки відкрита, без лусочки.

Шовковник розхідний – *Ranunculus circinatus*

Стебла тонкі, голі, листки 3–4 см, тонкі, черешкові, віяло-батогоподібні, квіти – 8–10 мм у поперечнику. Рослина ясно-зелена. Трапляється в стоячих водах і поволі текучих річках. Поширений у європейській частині, Сибіру, Середньої Азії.

Шовковник Кауфмана – *R. Kaufmannii*

Рослина з голими й непотовщеними стеблами. Листя довге (7–10 см), черешкове, віяло-батогоподібне, поза водою сильно злипається, багато разів трироздільні, на кінцях – двохроздільні та волосоподібні ніжні долі. Квітки 12–15 мм у діаметрі. Трапляється в текучих водах. Поширена на європейській частині, у Сибіру, на Далекому Сході.

Шовковник волосистий – *R. trichophyllum*

Темно-зелена, опушена у верхній частині рослина, листя підводне, сидяче, вагінальне, завдовжки 3–5 см, зазвичай трикратно трироздільне. Квітки – 12–15 мм у діаметрі. Квітне влітку. Трапляється в річках і старицях.

Шовковник ріона – *B. Rionii Nym*

Типовий гідатофіт з генеративними органами, запилення іноді відбувається під водою. На водоймах Каракумського каналу – типовий однорічник зі слаборозвиненою кореневою системою мичкуватого типу. За циклом розвитку утворює ефемерну життєву форму ранньовесняно-літнього типу, що є пристосуванням до зростання в тимчасових, пересихаючих водоймах. Поширений на південному сході європейської частини, у Середній Азії.

Рід жовтець – *Ranunculum L*

Залежно від умов зростання вигляд дуже мінливий, має низку форм: наземні форми квітнуть рясніше від водних.

Листки утворюють розетку, плаваючу на поверхні води, занурені більше за плаваючих. Росте в калюжах, канавах, болотах, на мілководді.

Родина водяні горіхи – Trapaсeae

Однорічні рослини. Стебло шнуроподібне, у верхній частині розгалужується й закінчується розеткою плаваючого широко-ромбічного листка. Стебло досягає в довжину 4 м, товщина – 3–4 (5) мм, із довгими міжвузлями. Квіти надводні, чашка чотирироздільна, залишається при плодах. Пелюсток і тичинок – по чотири. Плід – односім'яна кістянка. У родині один рід.

Рід чилім, водяний горіх – Trapa L

Водяний горіх плаваючий, рогульник – T. natans L

Черешки плаваючого листя – до 10 см, листя із зубчастими краями, діаметр розеток – до 60–85 см. По стеблу наявне також підводне лінійно-ланцетне сидяче листя, позбавлене черешків, і зелене, волосоподібне додаткове коріння, а також додаткове коріння для зміцнення рослини в ґрунті. На глибоких ділянках коріння не розвивається й рослина вкорінюється за допомогою торішнього горіха як якорем. Плід рогульника – горіх, на початку розвитку оточений м'якою тонкою оболонкою, яка швидко руйнується у воді. Плід має тільки одну насінину з конічною підставою й чотирма могутніми рогами (іноді – 2). Квітне в другій половині літа, період цвітіння може бути дуже розтягнутий, квітка має вигляд келиха, пелюстки білі, подовжено-яйцеподібної форми. Росте в заплавах водоймах, старицях, затоках, у дельтах і плавнях південних річок. Трапляється в південних районах європейської частини, на Кавказі, на півдні Сибіру, у Західно-казахстанській області, у Приморському краї.

У низці районів вид зникає в результаті хижацького винищування населенням і погіршення стану водойм (заболочування, заторфовування). Плоди водяного горіха живильні, містять багато білків і жирів, можуть уживатися в їжу. Культура водяного горіха відома з давніх часів. Належить до вимираючих реліктових видів, потребує охорони.

Родина сланоягодникові – Haloragaceae

Водні, болотяні, рідше – наземні трави. Листя переважно в кільці, сильно розчленоване, без прилистків, рідше – чергове.

Квітки зазвичай дрібні, одностатеві або обох статей. У родині – близько 150 видів. Поширений переважно в Південній півкулі.

Рід уруть – Myriophyllum L

Багаторічники, листя кільчасте, гребенеподібне, перисто-розсічене. Квітки дуже дрібні, суцвіття верхівкові, такі, що виходять із води.

Уруть кільчаста – M. Verticillatum L

Рослина довжиною 15–150 см, занурена у воду. Квітки в довгих суцвіттях. Листя перисто-розсічене, рослина однодомна, верхні квітки в суцвітті – чоловічі, нижні – жіночі, середні – іноді обох статей. Розмноження переважно вегетативне. Окремі клітини виробляють особливу речовину – «міріофілін», що забарвлює рослину в рожево-жовтий колір і є, очевидно, захисним пристосуванням проти поїдання тваринами. Восени утворює зимуючі бруньки. Трапляється в озерах, старицях, річках.

Родина хвостникові – Hippuridaceae

Багаторічники, кореневище повзуче, стебла членисті, трубчасті. Листя кільчасте, цілісне, лінійне, без прилистків. Квітки дуже дрібні, одиночні, пазухи, двостатеві; зав'язь одногніздна, плід – кістянка. Один рід.

Рід хвостник – Hippuris L

Хвостник звичайний, водяна сосонка – H. vulgaris L

Висота – 15–100 см, рослина звичайна, напівзанурена, іноді росте біля води. Надводні листки – по 8–16 у кільцях, лінійні, довжина листка – 1–4 см, ширина – 0,1–0,5 см. Підводні листки в розставлених кільцях, відхилені вниз, м'якші й тонші. Трапляється в мілких стоячих або слабопроточних водоймах.

Родина парасолькові – Umbelliferae

Переважно трав'янисті рослини. Листки звичайно чергові, без прилистків, прості, але майже завжди сильно розчленовані, часто з добре розвиненою піхвою. Квітки дрібні, зібрані в складні чи прості парасольки або головки. Родина включає близько 360 родів і до 3000 видів.

Рід віх – Cicuta L

Багаторічники. Листя перисте, стебла порожнисті. Зубці чашки трикутні, добре помітні.

Віх отруйний – C. virosa L

Висота 50–150 см, рослина гола, кореневище сильно роздуте, розділене поперечними перегородками на повітряні камери. Листя двічі-тричі перисторозсічене, має вузьколанцетні гострі листочки. Суцвіття – складна парасолька, складається з дрібних білих квіток. Квітне влітку. Трапляється на берегах водойм, болотах, заболочених лісах, заходить у воду.

Рослина дуже отруйна (при висушуванні отрута не руйнується), містить аморфний цикутотоксин, що володіє нервово-паралітичною дією. Застосовується в медицині.

Родина первоцвіти – Primulaceae.

Рід турча – Hottonia L

Багаторічники, листя занурене, гребенеподібно-перисторозсічене, у кільцях. Суцвіття – на довгих квітконосах.

Турча болотна, первоцвіт водяний – H. Palustris L

Висота рослини – 15–40 см, листя занурене, кільчасте, коріння відсутнє. Квітконіс одинокий, що виходить із води. Квіток у кільцях, по 3–6, білі або червонуваті. Чашка п'ятироздільна, залозисто-опушена. Тичинок 5, із дуже короткими нитками. У глибоких водах у квітках, що не розкриваються, можливе самозапилення. Зав'язь яйцеподібна, плід – коробочка. Квітне в першій половині літа. Трапляється в стоячих і текучих водах.

До цієї родини належить і наумбургія китеццвітна (кизляк) – *Naumburgia thyrsoiflora*, що трапляється на берегах водойм, на болотах, у заболочених лісах, на півночі й у середній смузі європейської частини, а також у Сибіру та на Далекому Сході

Родина вахтові – Menyanthaceae

Багаторічники, болотяні або водяні трави. Листя велике, чергове, без прилистків. Квітки правильні, обох статей. Чашка п'ятироздільна, тичинок – п'ять, зав'язь верхня, одногніздна. Плід – коробочка.

Рід вахта – Menyanthes L

Рослини з повзучими кореневищами, листя черешкове з трироздільною пластинкою. У роді – один вид.

Вахта трилиста, тріфоль – *M. Trifoliata L.* Рослина 15–35 см, кореневище товсте, довге, повзуче. Листя вагінальне, розміщене на кореневищі попеременно у два ряди, на довгих черешках. Листова пластинка трійчаста. Стебло безлисте, на верхівці несе квітки, зібрані в китицю. Квітне влітку. Трапляється на болотах, торф'яних кар'єрах, на берегах північних озер, віддає перевагу водойм із малою мінералізацією води.

Має лікарське значення, містить глюкозид меніантін.

Рід болотноквітник – *Nymphoides Seguiet*. Рослини з плаваючим листям, квітки п'ятичленні. Болотноквітник щитолістний (німфейник) – *N. Peltata*.

Рослина з тонким повзучим кореневищем, довжина – до 1,5 м. Стебла довгі, листя довго-черешкові з плаваючою на поверхні пластинкою. Квітки яскраво-жовті, розміщені у вигляді парасольки на довгих квітконіжках. Плід – яйцеподібна сплюснута коробочка. Квітне із середини літа до осені. Поширений у південних районах європейської частини, у Сибіру, Прибайкаллі, Приамур'ї й Усурійському краї. Часто трапляється в дельтах, плавнях і розливах південних річок (від Дніпра до Іртиша), зазвичай на мілководдях. В умовах тимчасового пересихання може, подібно німфейним, розвивати наземне листя. У лісовій зоні трапляється спорадично.

Рослини родини вахтових добре поїдаються промисловими тваринами (бобер, ондатра, нутрія, водяний щур).

Родина норічників – *Scrophulariaceae*

Рід лужайник – *Limosella L*

Однорічні рослини розміром 5–20 см. Стебло відсутнє, усе листя – у прикореневій розетці. Квітки дуже дрібні на довгих квітконіжках, під водою не розпускаються (автогамія).

Лужайник водний – *L. Aquatica L*

Поширений на берегах водойм, у воді, на сирих місцях.

Вид має наземну й водну форми.

Родина пухирчатків – *Lentibulariaceae*

Рослини пристосовані до живлення тваринною їжею (дрібні комахи й водні безхребетні).

Рід пухирчатка – *Utricularia L*

Багаторічники, листя чергове, трироздільне або перисте, розсічені на ниткоподібні сегменти. Рослина вільно плаває у воді, коренева система відсутня. Особливість роду – наявність ловецьких бульбашок, що мають збоку невеликий отвір, прикритий клапаном. Клапан відгинається всередину, пропускаючи дрібних тварин у бульбашку, де вони гинуть. Продукти розкладання частково утилізуються рослиною. Квіткова стрілка виступає з води вертикально й несе гроно жовтих квіток із двогубим віночком.

Пухирчатка звичайна – *U. Vulgaris L*. Восени утворює зимуючі бруньки, які падають на дно водойми, а навесні дають початок

новим рослинам. Квітне в другій половині літа. Трапляється в стоячих водоймах і болотах.

Більшість інших представників родини – мешканці тропіків, багато з них не є водяними рослинами.

Родина лобелії – Lobeliaceae

Квітки дрібні, у рихлих верхівкових суцвіттях, на проникаючих квітконіжках, чашка п'ятироздільна, віночок двогубий, тичинок – п'ять, зав'язь нижня, плід – коробочка. У родині переважно тропічні й субтропічні види Південної півкулі.

Рід лобелія – Lobelia L

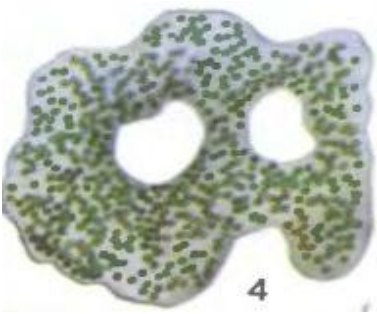
Л. Дортмана – L. djrtmanna

Багаторічник, висота – 30–70 см, листя в розетці лінійне, тупе, до 60 см, із зігнутими донизу верхівками. Стебло просте, під час цвітіння піднімається над поверхнею води. Квітки дрібні, на верхівці довгого квітконосу. Віночок двогубий, білий із голубуватою трубкою.

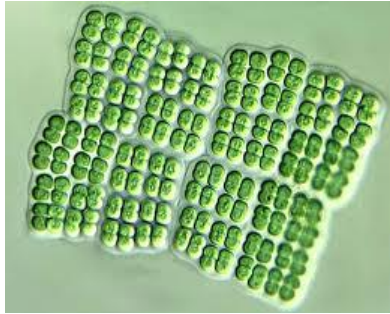
ВОДОРОСТІ

Додаток В

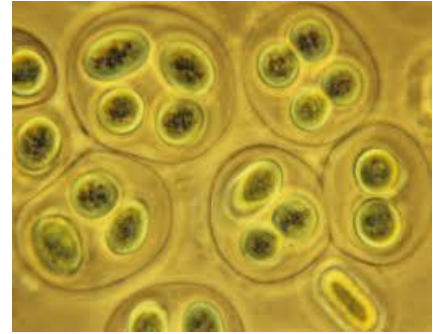
Відділ синьо-зелені водорості – Cyanophyta



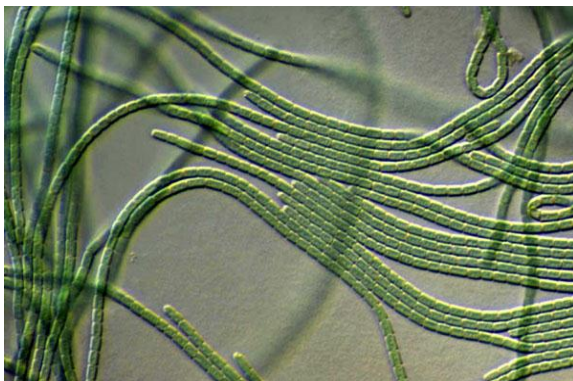
Рід *Microcystis*



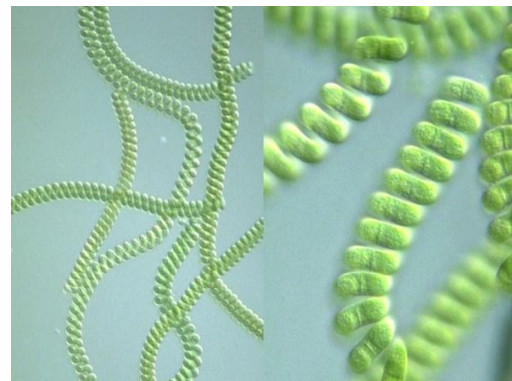
Рід *Merismopedia*



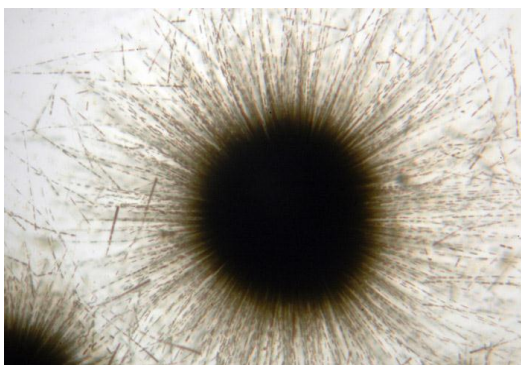
Рід *Gloeocapsa*



Рід *Oscillatoria*



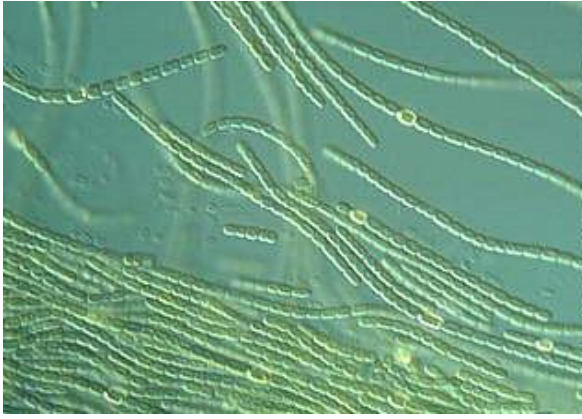
Рід *Arthrospira*



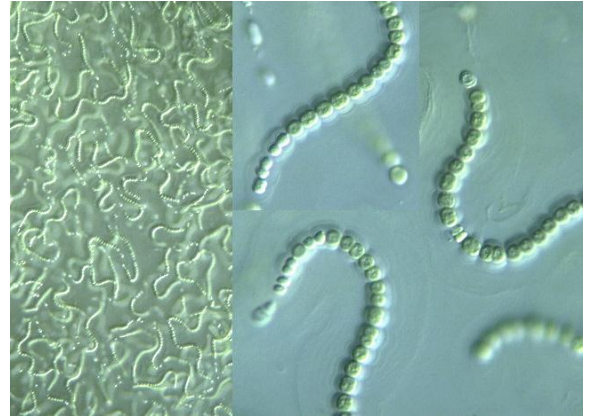
Рід *Gleotrichia*



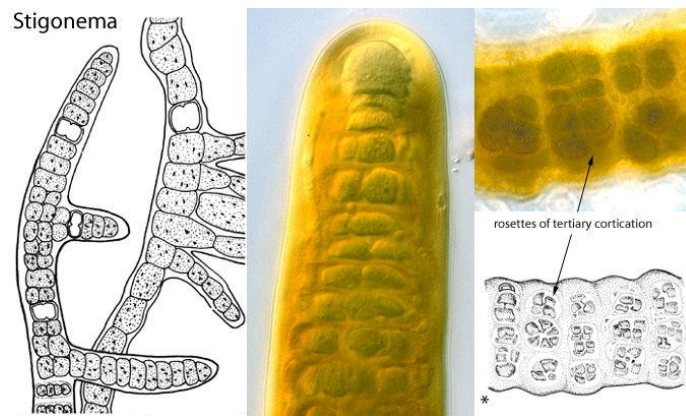
Рід *Aphanizomenon*



Рід *Anabena*



Рід *Nostoc*



Рід *Stigonema*

Відділ евгленофітові водорості – *Euglenophyta*



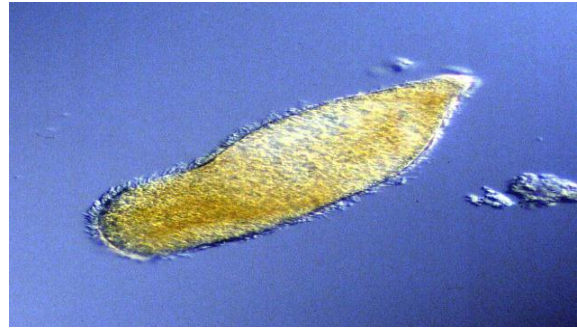
Рід *Euglena*



Рід *Phacus*

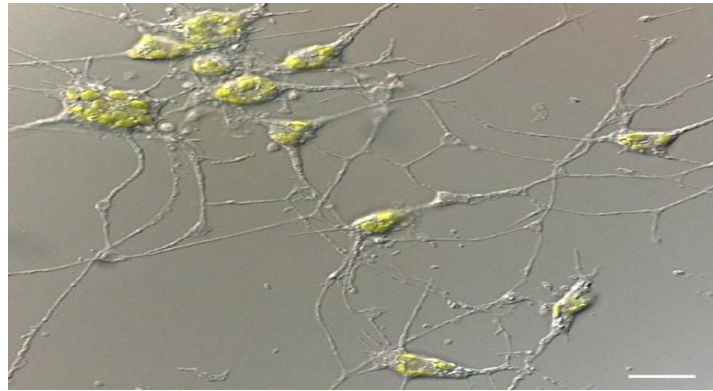


Рід *Peranema*



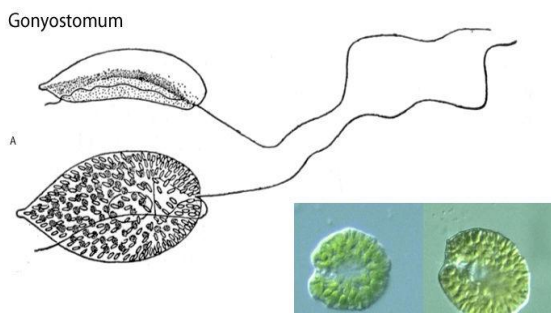
Рід *Euglenomorpha*

Відділ хлораракніофітові водорості – *Chlorarachniophyta*



Рід *Chlorarachnion*

Відділ рафідофітові водорості – *Raphidophyta*

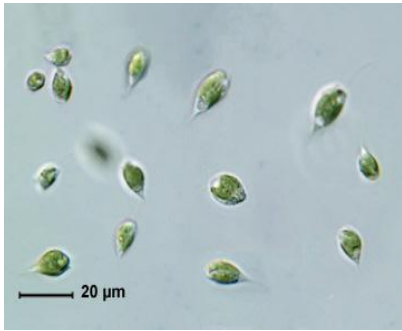


Рід *Gonyostomum*

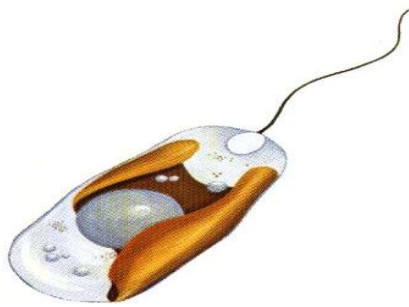


Рід *Vacuolaria*

Відділ золотисті водорості – *Chrysophyta*



Рід *Ochromonas*



Рід *Chromulina*

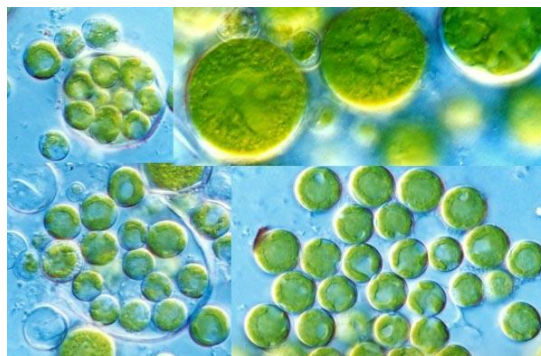


Рід *Dinobryon*



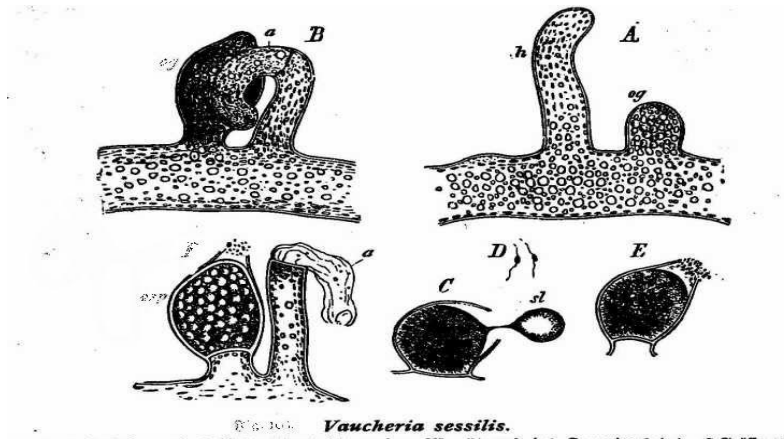
Рід *Mallomonas*

Відділ евстигматофітові водорості – *Eustigmatophyta*

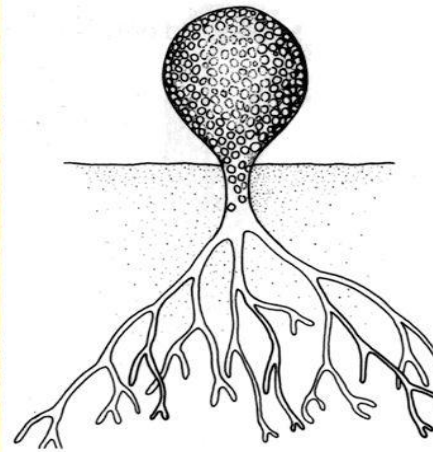


Рід *Eustigmatos*

Відділ жовто-зелені водорості – Xanthophyta



Рід *Vaucheria*



Рід *Botrydium*



Рід *Characiopsis*



Рід *Heterococcus*



Рід *Tribonema*

Відділ бурі водорості – *Phaeophyta*



Рід *Laminaria*



Рід *Macrocystis*



Рід *Fucus*



Рід *Cystoseira*



Рід *Sargassum*

Відділ Діатомові водорості - *Bacillariophyta*



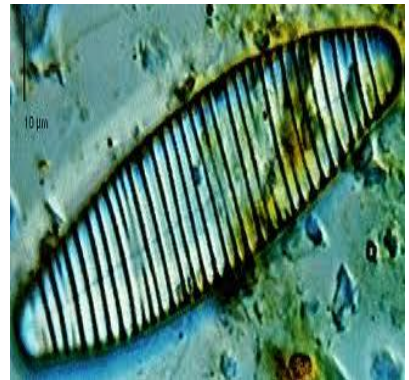
Рід *Melosira*



Рід *Fragilaria*



Рід *Asterionella*



Рід *Diatoma*



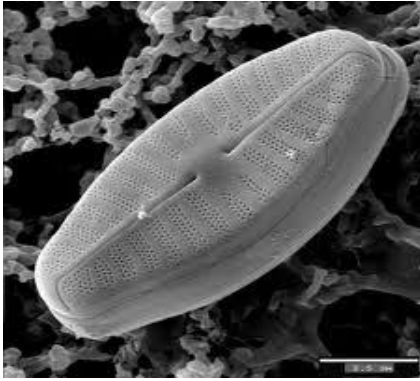
Рід *Rhoicosphenia*



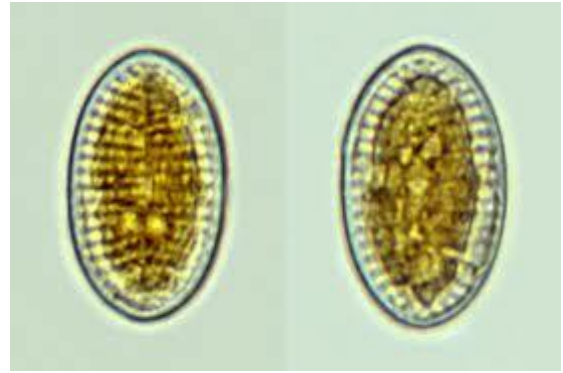
Рід *Gomphonema*



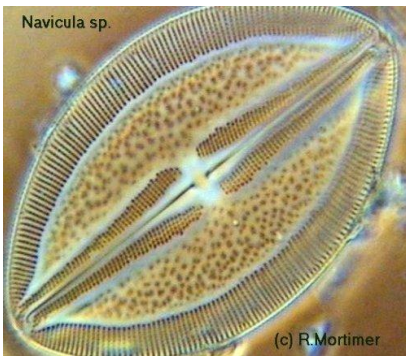
Рід *Cymbella*



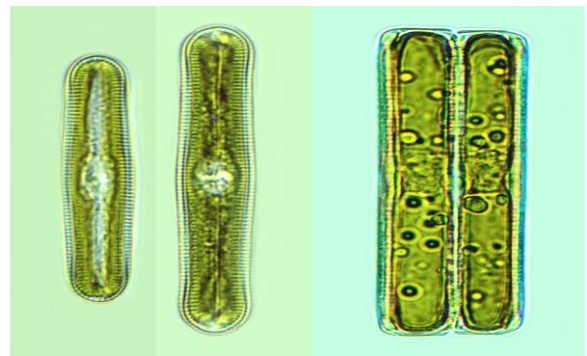
Рід *Planothidium*



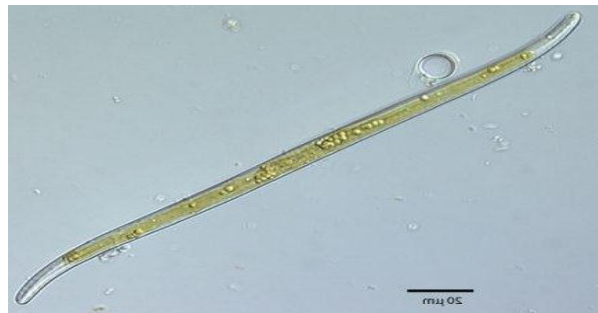
Рід *Cocconeis*



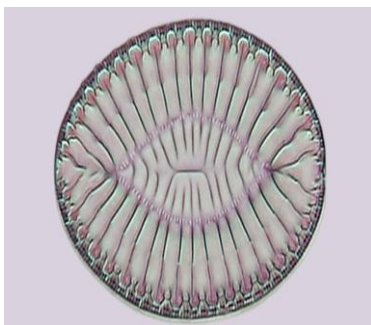
Рід *Navicula*



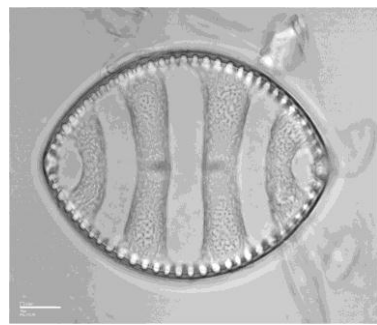
Рід *Pinnularia*



Рід *Nitzschia*



Рід *Surirella*



Рід *Cymatopleura*

ВИЩІ ВОДНІ РОСЛИНИ



Ричія плаваюча
Riccia. Flutans L.



Полушник озерний
Isoetaceae lacustris. L



Хвоц трясовинний
Equisetum. Helcocharis



Сальвінія плаваюча
Salvinia natans



Марсилія чотирилиста
Marsilea. Quadrifolia L



Рогіз широколистий
Typha. Latifolia L



Рогіз вузьколистий
Typha Angustifolia L



Їжакоголівник простий
Sparganiaceae Simplex



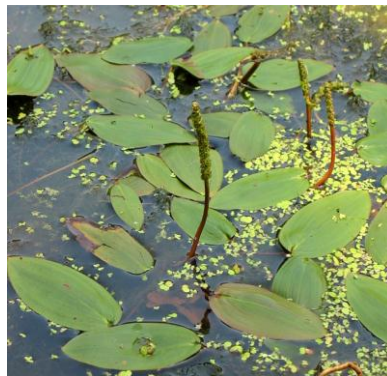
Рдест ниткоподібний
Potamogeton. Filiformis



Рдест гребінчастий
P. Pectinatus L.



Рдест кучерявий
P. crispus. L



Рдест плаваючий
P. natans. L



Рдест блискучий
P. lucens L



Рдест пронизанолистий
P. Pectinatus L.



Наяда морська
Najas Marina L



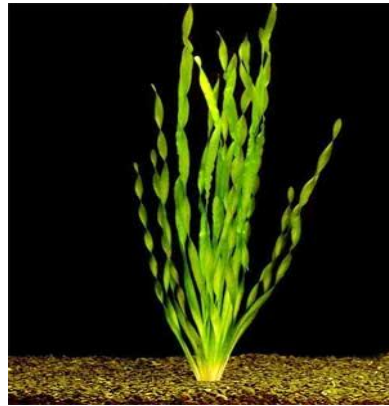
Тріостренник болотний
Triglochin Palustris L



Шейхсцерія болотна
Scheuchzeria palustris. L

Частуха подорожникові
Alisma plantago-aquatica

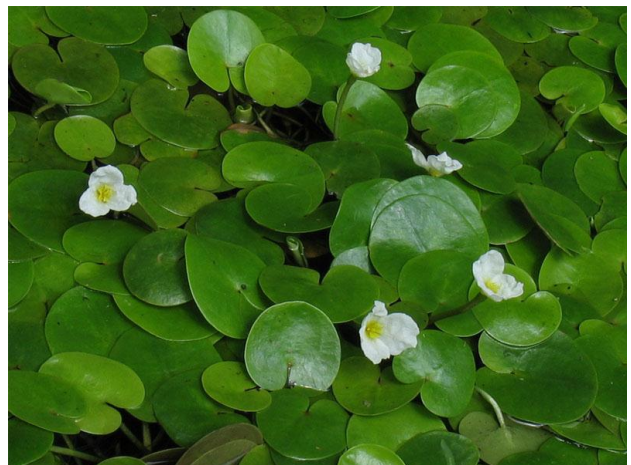
Стрілолист звичайний
Sagittaria L



Сусак зонтичний
Butomus umbellatus

Валіснерія спіральна
Vallisneria spiralis

Елодея канадська
Elodea canadensis



Тілоріз звичайний
Stratiotes L

Водокрас звичайний
Hydrocharis Torsus ranae L



Цицанія широколиста
Zizania latifolia



Цицанія водяна
Zizania aquatica



Очерет звичайний
Phragmites communis



Тростянка овсяна
Soelochloa testucaseae



Арундо очеретяний
Arundo donax L



Арктофіла жовта
Arctophila fulva



Очерет озерний
Scirpus lacustris L



Осока водяна
Carex aquatilis



Осока гостра
Carex acuta L



Ситняг болотний
Eleocharis palustris



Лепеха звичайна, болотна
Acorus calamus L



Білокрильник Болотний
Calla palustris L



Ряска маленька
Lemna minor L



Ряска тридольна
Lemna trisulca L



Вольфія безкоренева
Wolffia arrhiza



Ситник розлогий
Tuncus effusus L



Горець земноводний
Polyhonum atrhidium L



Латаття білосніжне
Nymphaea candida



Глечики жовті
Nuphar lutea



Калюжниця болотна
Caltha palustris L



Водяний горіх
Trapa natans L



Уруть кільчаста
Mariophyllum verticillatum L



Хвостник звичайний
Najas vulgaris L



Віх отруйний
Cucuta vizzosa L



Турча болотна
Hottonia palustris L



Вахта трилиста
Manyanthes trifolia L

Для нотаток

Навчальне видання

Боярин Марія Володимирівна
Нетробчук Ірина Марківна

ОСНОВИ ГІДРОЕКОЛОГІЇ: ТЕОРІЯ Й ПРАКТИКА

Навчальний посібник

За науковою редакцією проф. А. Н. Некос

Редактор і коректор *Г. О. Дробот*
Технічний редактор *І. В. Захарчук*

Формат 60x84 ¹/₁₆. Обсяг 21,16 ум. друк. арк., 21,02 обл.-вид. арк.
Наклад 300 пр. Зам. 244. Редакція, видавець і виготовлювач – Вежа-Друк
(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332) 29-90-65).

Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4039 від 08.04.2011 р.