

502.5(075.8)

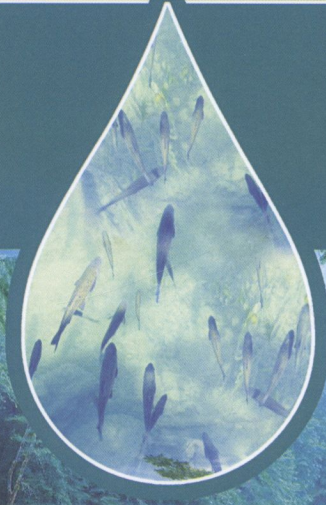
Л56

С. М. Лико

І. Л. Суходольська



Гідроекологія



19

502.5(075.8)
Л56

С. М. Лико, І. Л. Суходольська

Гідроекологія

навчальний посібник

НТБ ВНТУ



482520

502.5(075.8) Л56 2017

Лико С.М. Гідроекологія

КНИГОСХОВИЩЕ

 **КОНДОР**
Київ, 2017

УДК 502.51 (075.8)

ББК 26.22я73

Л-56

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
(протокол №1/11-545 від 26.01.2017 р.)*

*Рекомендовано Вченою радою
Рівненського державного гуманітарного університету
(протокол № 11 від 24.11.2016 р.)*

Рецензенти:

М. О. КЛИМЕНКО – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології Національного університету водного господарства і природокористування;

В. В. ГРУБІНКО – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

А. В. ЛИСИЦЯ – доктор біологічних наук, професор, завідувач лабораторії диференційної діагностики Дослідної станції епізоотології Інституту ветеринарної медицини НААН України.

Лико С.М.

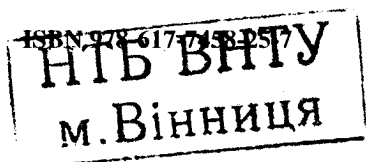
482520

Л-56 Гідроєкологія : навчальний посібник. / С. М. Лико, І. Л. Суходольська. – Київ : Кондор-Видавництво, 2017. – 212 с.

ISBN 978-617-7458-25-7

У навчальному посібнику «Гідроєкологія» висвітлено основні відомості функціонування водних екосистем, розглянуто фізико-хімічні параметри води та проаналізовано особливості використання водних ресурсів. Описано джерела та наслідки забруднення водних екосистем та роль окремих абіотичних та біотичних чинників у цих процесах. Приділено увагу процесу самоочищення водних екосистем та очищенню стічних вод. Проаналізовано методи вивчення гідробіонтів і властивостей води та значення у природних процесах та господарській діяльності людини.

Навчальний посібник «Гідроєкологія» адресований для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації на здобуття ступеня бакалавра – галузі знань: 10 «Природничі науки», спеціальностей: 101 «Екологія» та 091 «Біологія».



© С. М. Лико, І. Л. Суходольська, 2017

© Кондор-Видавництво, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ГІДРОЕКОЛОГІЯ ЯК НАУКА	6
1.1. Історія розвитку гідроекології як науки.....	6
1.2. Предмет, мета, завдання та методи дослідження гідроекології.....	12
1.3. Галузі та підрозділи гідроекології.....	18
РОЗДІЛ 2. ВОДНІ РЕСУРСИ	21
2.1. Поняття про водні ресурси.....	21
2.2. Водні ресурси України.....	23
2.3. Використання прісної води в країні та світі.....	30
РОЗДІЛ 3. ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ	32
3.1. Загальна характеристика водного середовища.....	32
3.2. Основні властивості води.....	33
3.3. Температурний режим водних об'єктів.....	36
3.4. Роль світла у функціонуванні гідроекосистем.....	39
3.5. Сольовий склад прісних і морських вод.....	41
РОЗДІЛ 4. КОМПОНЕНТИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ	47
4.1. Розчинні гази у природних водах.....	47
4.2. Розчинені органічні та завислі речовини.....	53
4.3. Активна реакція води (рН).....	56
4.4. Біогенні елементи у гідроекосистемах.....	57
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЗОНАЛЬНІСТЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ	62
5.1. Екологічні зони Світового океану.....	62
5.2. Екологічні зони озер.....	66
5.3. Екологічні зони річок.....	69
РОЗДІЛ 6. ГІДРОБІОЦЕНОЗИ ЯК БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ГІДРОСФЕРИ	73
6.1. Загальна характеристика гідробіоценозу.....	73
6.2. Структура та різноманітність гідробіоценозу.....	75
6.3. Життєві форми гідробіонтів.....	77
РОЗДІЛ 7. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ	84
7.1. Типи забруднення водних екосистем.....	84
7.2. Стадії та види забруднення.....	86
7.3. Джерела антропогенного впливу на гідросферу.....	90
7.4. Наслідки антропогенного впливу на гідросферу.....	92
РОЗДІЛ 8. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	96
8.1. Загальна характеристика стічних вод.....	96
8.2. Методи очищення стічних вод.....	98

8.3. Основні споруди біологічного очищення стічних вод.....	101
8.4. Використання біоплато в очищенні стічних вод	104
РОЗДІЛ 9. САМООЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ	107
9.1. Поняття про самоочищення водойм.....	107
9.2. Фактори самоочищення	108
9.3. Роль гідробіонтів у процесах самоочищення водойм	110
9.4. Швидкість самоочищення та заходи щодо його інтенсифікації.....	113
РОЗДІЛ 10. УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯМ ВОДНИХ ЕКОСИ-	
СТЕМ.....	115
10.1. Управління водними ресурсами	115
10.2. Правова основа управління водними ресурсами	116
10.3. Водне законодавство в Україні.....	119
10.4. Основні положення Водної Рамкової Директиви ЄС2000/60/ЄС.....	129
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	133
<i>Лабораторна робота 1.</i> Визначення прозорості природних вод.....	133
<i>Лабораторна робота 2.</i> Визначення органолептичних показників якості води.....	134
<i>Лабораторна робота 3.</i> Визначення вмісту розчиненого кисню у воді ..	138
<i>Лабораторна робота 4.</i> Методи визначення значення рН.....	143
<i>Лабораторна робота 5.</i> Визначення вмісту іонів амонію у воді.....	145
<i>Лабораторна робота 6.</i> Визначення вмісту нітрит-іонів у воді	146
<i>Лабораторна робота 7.</i> Визначення вмісту хлоридів у воді	148
<i>Лабораторна робота 8.</i> Визначення концентрації фосфатів у воді.....	151
<i>Лабораторна робота 9.</i> Методи визначення чисельності та біомаси фітопланктону.....	152
<i>Лабораторна робота 10.</i> Водорості фітопланктону, які викликають «цвітіння» води.....	159
<i>Лабораторна робота 11.</i> Зоопланктон – як складова водної екосистеми	163
<i>Лабораторна робота 12.</i> Різноманіття видів риб.....	170
<i>Лабораторна робота 13.</i> Роль вищих водних рослин у формуванні якості води	174
<i>Лабораторна робота 14.</i> Оцінка якості води водойми за гідробіологічними показниками	179
<i>Лабораторна робота 15.</i> Радіоємність водойм. Гранично допустимі скиди радіонуклідів у поверхневі водойми.....	185
ПІДСУМКОВИЙ ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ	190
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	197
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	208

ВСТУП

Високий рівень антропогенного навантаження на водні об'єкти зумовлений великою щільністю населення, впливом розвинутої промисловості, інтенсифікацією сільського господарства, а також недостатньо ефективною системою очищення стічних вод, що надходять у водойми. Прогресуюче забруднення порушило рівновагу водних екосистем та призвело до втрати їхньої здатності до самоочищення і відновлення. В даний час спостерігається тенденція до швидкого зниження запасів прісних вод, тому проблема забезпечення належної кількості та якості води має глобальне значення та стосується більшості країн світу. Для її вирішення необхідно з'ясувати механізми функціонування водних екосистем з метою ефективного управління їхнім станом.

У гідроекології сформувалися свої інтегральні підходи до вивчення та оцінки структури і функцій водних екосистем. Відомості про водні об'єкти, їхній режим, гідрологічні розрахунки і прогнози елементів водного режиму, кількість і якість води необхідні для задоволення потреб водного транспорту, гідроенергетики, зрошувальної і осушувальної меліорації, промислового, комунального і сільськогосподарського водопостачання, рибного господарства, будівництва населених пунктів, промислових підприємств, організації відпочинку населення і водного спорту, боротьби зі шкідливою дією вод, планування та проведення інших заходів щодо використання водних об'єктів і водних ресурсів.

Стан водних ресурсів можна покращити лише за рахунок реалізації природоохоронної політики, спрямованої на зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти і впровадження екологічно безпечного їх використання. Тому, головна мета управління водними ресурсами має полягати у забезпеченні збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворенні водних ресурсів на основі узгодженості правових засад та управлінських дій суб'єктів водокористування, спрямованих на стале водозабезпечення населення і різних галузей економіки, впровадженні перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів та запобіганні або зменшенні негативному впливу на гідроекосистеми. Всі зусилля мають бути спрямовані на ефективне використання дорогоцінного природного ресурсу і забезпечення та підтримання чистоти водних джерел.

Для написання навчального посібника важливу роль відіграли праці В.Д. Романенка (2001 р.), С. С. Левківського, М. М. Падуна (2006 р.), А.В. Яцика (2007 р.), В.Г. Клименко (2008 р.), В.К. Хільчевського, В.І. Осадчого, С.М. Курила (2012 р.), С.В. Дудник, М.Ю. Свтушенка, Ю. А. Глебової (2013 р.).

- 1.1. Історія розвитку гідроекології як науки.
- 1.2. Предмет, мета, завдання та методи дослідження гідроекології.
- 1.3. Галузі та підрозділи гідроекології.

1.1. Історія розвитку гідроекології як науки

Наукові дослідження водних об'єктів та життя водних організмів проводилися ще давньогрецькими філософами. Зокрема, докладне вивчення риб та молюсків було розпочато Аристотелем.

З початком епохи Відродження (XVI ст.) склалася багатотисячова традиція створювати міжнародну наукову мову. Але тільки із середини XVI ст. здійснюються більш детальні дослідження гідробіонтів, з'являються детальні описи їх зовнішньої будови та створюються систематика.

У часи Великих географічних відкриттів проводяться систематичні спостереження за річками, морями, океанами, динамікою водного потоку, визначається роль дощових та підземних вод. Так, у XVII ст. знання про водні об'єкти ще більше поглиблюються. Проводиться опис кругообігу води у природі та його кількісні показники, розрахунки для підтримання стоку річок, оцінка ролі випаровування у водних екосистемах.

У вивченні природних водойм значний внесок зробив видатний російський вчений М. В. Ломоносов. За його ініціативою було проведене анкетне обстеження характеристик весняних водопіль, скресання і замерзання водних об'єктів. Ідеї Ломоносова про взаємозв'язок підземних і поверхневих вод, про режим вод і фактори, що його зумовлюють, позначилися на подальшому планомірному вивченні водних об'єктів.

У XVIII-XIX ст. проводилися експедиційні дослідження Світового океану (експедиції Х. П. Лаптева, Ф. П. Літке, Дж. Кука, І. Ф. Крузенштерна, О. С. Коцебу, О. І. Чирикова, С. І. Челюскіна та багатьох інших), в результаті яких накопичувались відомості про властивості та життя організмів морських екосистем [13].

Великомасштабні дослідження водойм почалися з 70-х років XIX ст., оскільки виникла необхідність розвивати водні шляхи для перевезення вантажів. У цей період закладено основи методики водних досліджень, видано монографії у яких розглядалися особливості функціонування великих річок.

До 70-х рр. XIX ст. у жодній країні світу не було гідробіологічних станцій. Починаючи з цього часу відбувається інтенсивний розвиток науки про життя у водних екосистемах. За сприянням І. І. Мечникова, І. М. Сеченова, О. А. Ковалевського було відкрито біологічну станцію у місті Севастополь.

Створення якої викликано необхідністю упорядкування знань щодо флори і фауни Чорного моря. У 1963 році низка наукових установ, серед яких Севастопольська, Одеська і Карадазька біологічні станції, були об'єднані у нову наукову установу – Інституту біології південних морів АН УРСР із центром у Севастополі.

Ставлення до досліджень і освоєння водних об'єктів та водних ресурсів докорінно змінилося на початку ХХ ст., коли розвиток промисловості, транспорту, сільського господарства вимагав переходу від їхнього дослідження у вузьковідомчих цілях (в основному у зв'язку із запитам водного транспорту і сільського господарства) до комплексних для задоволення інтересів усіх зацікавлених у воді галузей народного господарства [16].

У ХХ ст. наукові станції та науково-дослідні інститути створюються з метою проведення досліджень, випробувань і доопрацювання наукових розробок у різних країнах світу.

В історії гідроекологічних досліджень в Україні виокремлюють три періоди: 1) 20–50 рр.; 2) 50–70 рр.; 3) 70 р. до наших днів.

У 20-х рр. ХХ століття розпочала роботу плеяда таких видатних дослідників лімнологів як Г. Ю. Верещагін, В. М. Рілов та А. Л. Беннінг. Досліджуючи водні екосистеми вчені вирішували важливі рибогосподарські та санітарно-технічні проблеми. Так, у наукових працях В. М. Рілова розкриті методи дослідження планктону, особливості його розвитку у прісних та морських екосистем, їхній взаємозв'язок із середовищем існування. За наукові доробки В. М. Рілова було визнано одним з найкращих планктонологів світу.

У 1921 р. створена перша наукова океанологічна установа – Плавучий морський науковий інститут, головні завдання якого полягали у плановому комплексному вивченні морів та їхнього узбережжя [13].

Видатний український вчений О. М. Нікольський провів перші експериментальні дослідження впливу нафти на розвиток ікри та мальків риб. Систематизаційні й фауністичні дослідження вченого з видового складу риб України підсумовані у «Визначнику риб України» (1930), який охопив іхтіофауну Азовського та Чорного морів, а також прісноводні водойми України.

У 1927 р. будівництвом Дніпровської ГЕС поблизу Запоріжжя було покладено початок комплексного використання водних ресурсів Дніпра. Цей гідровузол вирішував два основні завдання: покращення судноплавних умов на ділянці Дніпровських порогів і забезпечення промислового Придніпров'я електроенергією. У період будівництва Дніпровської ГЕС і після його завершення (1932 р.) проводились пошукові та проектні роботи з укладання схеми комплексного використання Дніпра [1].

Створена у 1927 р. Дніпропетровська державна гідробіологічна станція на

чолі з проф. Д. О. Свіренком, стала базою зародження і формування колективу дніпропетровських вчених-гідробіологів, які досліджували фізико-хімічні та біологічні особливості водних екосистем Дніпровського водосховища [1].

У 30-х роках велось інтенсивне будівництво ГЕС на малих річках України, розширились меліоративні роботи. Так, в 1930–1938 рр. у Криму було побудовано перші державні зрошувальні системи – Тайганську, Альмінську, Бельбецьку та Качинську. Всього станом на 1940 р. зрошувалось 89,7 тис. га земель – у 5,1 рази більше, ніж у 1913 р. Здійснювалось осушення заболочених і перезволожених земель, їхня площа в 1941 р. становила 730,5 тис. га. Значна увага в довоєнний період приділялась поліпшенню водопостачання населення та розвитку промисловості.

Загалом, визначальною рисою науково-дослідних робіт довоєнного періоду є їхня зосередженість на розробці одного, нового на той період часу, напряму гідроекосистем – вивчення впливу потужного техногенного чинника (будівництва Дніпрогесу) на гідробіологічний стан екосистем порожистої частини Дніпра. Матеріали післявоєнного періоду охоплюють досить широке коло питань. У цей час продовжилась розробка класичних та формування принципово нових напрямів дослідження водних екосистем.

Визначною подією стали роботи щодо складання Водного кадастру (1931) – систематизованого зведення даних про режим річок, озер, морів, льодовиків та підземних вод. Значний обсяг матеріалів про режим водних об'єктів зберігався у різних організаціях. Однак, вони не були чітко інтерпретовані, через що їхнє використання ускладнювалося. Створення Водного кадастру дало змогу структурувати та аналізувати результати досліджень. Зокрема, до Водного кадастру увійшли матеріали за 60 років спостережень.

Вагомий внесок у дослідження водних екосистем здійснив академік С. О. Зернов, який досліджував вплив різноманітних споруд (осушувальних та зрошувальних каналів, санітарно-технічних споруд) на умови існування гідробіонтів. В цей час з'являються роботи щодо впливу гідротехнічних споруд на біологічний режим річок. У книзі В. І. Жадіна «Фауна річок і водосховищ» (1940) розглядаються зміни фауни річок, сформульовані принципи та складання прогнозів їхніх змін та основні складові біологічної продуктивності водойм.

Узагальнивши вітчизняний та зарубіжний досвід, О. О. Альокін (1948) вперше сформулював системну суть процесів формування хімічного складу природних вод, що дало підстави для розгляду хімічного складу води як системної категорії. Невдовзі В. В. Глушков (1961), опираючись на роботи В. В. Докучаєва, А. І. Воєйкова та О. О. Альокіна, запропонував географо-гідрологічний метод дослідження природних вод. Під час його обґрунтування

він розробив положення про зв'язок хімічного складу вод ландшафту з кліматичними умовами, геологічною будовою, рельєфом території, ґрунтами та рослинністю [37].

У 40–50-х рр. основна проблематика наукового пошуку пов'язана із дослідженнями рибопродуктивності природних і штучних водойм з метою забезпечення потреб економіки у високоцінних харчових продуктах. У цей час дуже швидко почало розвиватися ставкове господарство, що викликало необхідність дослідження кормової бази риб. Водночас, продовжувались флористичні та фауністичні дослідження континентальних водойм, було проведено широке гідрохімічне обстеження різноманітних водних об'єктів України, започатковано санітарно-гідробіологічні дослідження, пов'язані із забрудненням органічними і біогенами речовинами та підвищенням сапробності водних об'єктів. Особливий інтерес дослідників був спрямований на з'ясування факторів, які погіршують показники якості води.

Головним напрямом дослідження відомого гідробіолога Т. С. Петіпи було вивчення закономірностей функціонування морських екосистем, а також біології планктонних ракоподібних – веслоногих рачків (морських копепод), їхнього розподілення в морях та океанах, кількісних закономірностей живлення і міграцій. На основі дослідження цієї групи зоопланктону Т. С. Петіпою розкрито механізми еколого-фізіологічної взаємодії різних популяцій організмів у морях та океанах, встановлено взаємозв'язки між структурою морських екосистем і шляхами використання та передачі енергії трофічними рівнями.

Вчений С. П. Федій багато уваги приділяв вивченню впливу промислових стоків на різноманіття, стан популяцій та репродуктивні особливості гідробіонтів. Він встановив деякі закономірності реакції водних організмів на антропогенне забруднення водойм. Дослідження С. П. Федія з оцінки впливу негативних антропогенних факторів на санітарно-гідробіологічний режим та іхтіофауну водойм стали основою становлення в Україні водної токсикології [1].

У 50–60-х рр. було розроблено вчення про формулювання гідрологічного режиму водосховищ, створених на рівнинних річках, та наукові основи його прогнозування. Результати цих досліджень використовувалися в практиці водного господарства при проектуванні та будівництві каналів і водосховищ, розв'язанні завдань технічного і питного водопостачання і зрошування [36].

У 60–70-х рр. ХХ століття продовжилися експериментальні дослідження, що стосуються біологічної оцінки забруднення та пізнання закономірностей самоочищення водних об'єктів. Цей напрямок досліджень пов'язаний з ім'ям Г. Г. Вінберга. У його роботах «Первинна продукція водойм» (1960), «Загальні основи вивчення водних екосистем» (1979) та ін. відображені рішення

теоретичних та практичних питань функціонування водних об'єктів, методи визначення продукції водних тварин, закономірності фільтраційного харчування планктонних і донних тварин, продукція бактеріо- і фітопланктону, енергетичний баланс донних угруповань та його зв'язок з видовою різноманітністю.

У 1961 р. за сприянням Г. Б. Мельникова була створена лабораторія космічної гідробіології. Основна проблематика досліджень якої пов'язана з розробкою оригінальної методики вивчення дії екстремальних космічних факторів на процеси життєдіяльності гідробіонтів [1].

У цей період на перший план виходить глобальна проблема водозабезпечення населення, промисловості і сільського господарства. Почалась епоха зарегулювання, перерозподілу і перекидання стоку річок. Водозабезпечення зіштовхнулось з проблемою зниження якості води внаслідок виникнення біологічних перешкод («цвітіння» води та обростання гідротехнічних споруд). Посилилось антропогенне забруднення водойм стічними водами з широким спектром різноманітних речовин. Розвиток теплової та атомної енергетики викликав необхідність проведення гідробіологічних досліджень водойм-охолоджувачів ТЕС, АЕС, ТЕЦ та ін. Дослідники здійснюють перші прогнози гідробіологічного режиму, якості води та біоперешкод на стадії проектування штучних водних об'єктів. Роботи цього періоду стали поштовхом для вивчення впливу стічних вод на водні екосистеми і життя гідробіонтів.

У 1970 рр. особливу увагу було приділено організації лабораторних визначень хімічного складу природних вод у стаціонарних умовах з використанням методів аналізу (атомно-адсорбційна спектрофотометрія, полум'яна фотометрія, колориметрія, потенціометрія тощо) та організації експедиційних гідрохімічних досліджень з проведенням хімічних аналізів води у польових умовах.

З 1970–1975 рр. виникла необхідність розширити межі дослідження взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод суші: атмосферних, поверхневих і підземних. Для з'ясування та пояснення певних закономірностей було визначено загальну кількість розчинених мінеральних речовин, які випадають на поверхню суші України з атмосферними опадами та виносяться з її території поверхневим і підземним водним стоком.

Протягом 1976–1990 рр. інтенсивно вивчалися закономірності поширення, накопичення та міграція хімічних компонентів у природних водах в зв'язку з проведенням осушувальних меліорацій, кількісна оцінка впливу різних антропогенних чинників на гідрохімічний режим річок України (Л. М. Горєв, В. В. Гребінь, Д. В. Закревський, В. К. Хільчевський, І. О. Шевчук),

дослідження мікроелементів донних відкладів водосховищ (В. І. Осадчий, В. М. Савицький), гідролого-гідрохімічні умови водних об'єктів у районах розташування Чорнобильської АЕС та інших АЕС на території України (М. І. Ромась, С. І. Сніжко), дослідження впливу теплових і техногенних скидів АЕС на якість води (В. М. Семерик, І. Л. Соколова, В. І. Пелешенко, В. І. Осадчий).

Оскільки отримані результати досліджень різного спрямування могли з'ясувати закономірності функціонування водних екосистем лише частково, інтенсивно почав розвиватися екосистемний підхід. Головною метою якого стало дослідження взаємозв'язку біотичних та абіотичних складових водних екосистем.

Ефективно розроблялася методологія прогнозування екологічного стану водних об'єктів України на основі принципів оцінки впливу на оточуюче середовище. На основі розроблених принципів було здійснено екологічну оцінку великомасштабних гідротехнічних проектів та проаналізовано їхній вплив на стан водних екосистем. Швидке забруднення водного середовища вимагало розвитку екоотоксикологічного напрямку і зосередження уваги дослідників на вивчення кругообігу речовин токсичної природи з метою регулювання цього процесу.

Розвиток атомної енергетики та аварія на Чорнобильській атомній електростанції обумовили інтерес та прискорений розвиток радіоекологічних досліджень. Так, колектив дослідників на чолі з А. І. Дворецьким розробили основи системного підходу до вивчення наслідків радіоактивного та хімічного забруднення водних екосистем, простежили шляхи міграції радіонуклідів та хімічних поліутантів у живі організми й оцінили їхній внесок у формування радіаційно-хімічного навантаження [36].

Починаючи з 1991 р. основні наукові роботи полягали в дослідженні та оцінці впливу різних видів господарської діяльності на формування хімічного складу води та її впливу на гідробіонтів.

Значну увагу приділяли участі у міжнародних програмах, які були спрямовані на оздоровлення басейнів великих річок та уніфікації методичних підходів до визначення якості води, донних відкладів та оцінки стану водних екосистем.

Вагомі здобутки у вивченні водних екосистем належать сучасному українському вченому, директору Інституту гідробіології НАН України В. Д. Романенку. Головним напрямом досліджень В. Д. Романенка та його учнів стало вивчення механізмів адаптації водних організмів до факторів водного середовища (сольових, іонних, температурних). Проблема адаптації – одна із ключових у розумінні закономірностей розповсюдження гідробіонтів у

водоймах, що зазнали антропогенного впливу – головного фактору техногенної трансформації водних екосистем. Творчим колективом на чолі з В. Д. Романенком були розроблені концептуальні підходи до екологічної оцінки техногенного впливу гідротехнічного будівництва на водні об'єкти. А також розроблені методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод, які дозволяють оцінити структуру популяцій різних видів гідробіонтів, їхню функціональну роль у гідросфері.

Питанням погіршенню якості поверхневих вод спричинених антропогенною діяльністю присвячено цілий ряд досліджень учених. Значний внесок у розвиток теоретичних і практичних засад системного підходу до вивчення хімічного складу природних вод зробив В. К. Хільчевський, яким розроблено класифікацію поверхневих вод за мінералізацією, успішно застосовано геосистемно-гідрохімічний метод для дослідження хімічного складу і стоку різних типів природних вод (атмосферних опадів, схилових, річкових, ґрунтових, підземних вод) на елементарних водозборах (геосистемах) малих річок із урахуванням впливу фізико-географічних і антропогенних факторів.

В області вивчення процесів формування хімічного складу гідроекосистем, пошуку ефективних шляхів збалансованого використання природних ресурсів у їхніх басейнах, використання і регуляції функціонування водних організмів у природних та модельних умовах відомі праці О. М. Арсана, Л. П. Брагинського, Н. М. Вознюк, В. Є. Водогреського, Й. В. Гриба, В. В. Грубінка, В. М. Жукинського, М. О. Клименка, П. М. Линника, В. В. Сондака, В. І. Осадчого, А. Г. Ободовського, М. А. Хвеска, А. В. Яцика та ін..

Оскільки, стан забруднення гідроекосистем визначається тенденцією до його інтенсивного зростання науковці постійно вивчають механізми функціонування природних та порушених водойм з метою їх збереження та відновлення. Поступово впроваджуються сучасні принципи оцінки екологічного стану водних об'єктів, що лежать в основі Водної рамкової директиви ЄС 2000/60. Положення якої регламентують оцінку стану водних екосистем, яка базується на басейновому принципі, пріоритеті біологічних показників у індикації та застосуванні принципу дослідження і порівняння референтних (еталонних, непорушених, природних) систем з тими, що оцінюються.

1.2. Предмет, мета, завдання та методи дослідження гідроекології

Гідроекологія – це наука, що вивчає водні екосистеми або їхні частини як цілісну систему взаємодіючих біотичних і абіотичних компонентів.

Практичний аспект гідроекології полягає в тому, що це наука, яка вивчає:

загальні закони функціонування гідроекосистем різного порядку; живі системи у їхній взаємодії з водним середовищем; сукупність наукових досліджень і практичних проблем взаємовідносин людини і водних об'єктів.

Предметом досліджень гідроекології є водні екосистеми, процеси взаємодії гідробіонтів, їхніх популяцій і угруповань між собою та з абіотичними компонентами гідроекосистеми.

Основна мета гідроекології полягає у вивченні біологічних процесів та абіотичних компонентів, їхньої ролі у функціонуванні водних екосистем, науковому обґрунтуванні шляхів і засобів збереження водного середовища.

До важливих завдань гідроекології відносять:

– вивчення екологічних процесів у гідросфері з метою її освоєння та збереження;

– з'ясування закономірностей і особливостей функціонування водних екосистем різного типу (водосховищ, естуарій, великих, середніх та малих річок, озер, водойм-охолоджувачів, каналів тощо) за умови дії на них природних і антропогенних чинників;

– дослідження можливості екологічного регулювання господарських рішень щодо водного господарства України із використанням здатності угруповань гідробіонтів покращувати екологічний стан та відновлювати якість водних ресурсів;

– розробка біологічних основ забезпечення людей чистою водою, в тому числі оптимізація функціонування екосистем, створюваних для промислового очищення питних і стічних вод;

– вивчення змін у водних екосистемах внаслідок гідробудівництва для вирахування впливу гідроспоруд на водне середовище – якість води та біологічні процеси у ньому;

– виявлення та збереження цінних водних і водно-болотних екосистем;

– збільшення біологічної продуктивності водойм, отримання з них найбільшої кількості біологічної сировини;

– оцінювання впливу діючих промислових, сільськогосподарських та інших підприємств на водні екосистеми з метою охорони останніх від забруднення та виснаження;

– встановлення факторів, які викликають сукцесійні зміни в гідроекосистемах;

– визначення впливу господарської діяльності людини на якість води, стан та функціонування водних екосистем;

– прогнозування негативних наслідків господарської діяльності та регулювання природних процесів у водному середовищі, спираючись на знання закономірностей їхнього перебігу;

- удосконалення системи моніторингу гідроекосистем;
- розроблення заходів спрямованих на регулювання та покращення стану водних екосистем;
- обґрунтування рекомендацій, базованих на даних моніторингу для збереження водойм та їх раціонального водокористування.

Основними методами дослідження водойм є *описовий, порівняльний та експериментальний*.

Описовий метод – це збирання та описування фактичного матеріалу для з'ясування суті явищ, тобто вивчення видового складу живого населення водойм та кількісних показників розвитку окремих видів.

Порівняльний метод або **метод зрізів** дозволяє шляхом зіставлення вивчати подібність чи відмінність організмів, популяцій та гідробіоценозів різних водойм.

Експериментальний метод досліджень пов'язаний з активним впливом дослідника на окремі популяції, біоценози та екосистеми в природних чи лабораторних умовах відповідно до поставленої мети.

Для вирішення своїх завдань гідроекологія спирається на багатий арсенал методів: спостереження в природі; вивчення видового складу живого населення водойм та кількісних показників розвитку окремих видів; хімічний аналіз води та донних відкладів; експерименти на окремих популяціях, біоценозах та екосистемах; лабораторні експерименти та експерименти на природних водоймах; лабораторне моделювання водних екосистем; математичне моделювання гідроекологічних процесів; застосування новітніх технічних засобів [34].

Одним з ефективних методів дослідження гідроекології є системний підхід, який розглядає водну екосистему як цілісну функціональну одиницю біосфери та дає змогу вирішувати проблеми водних екосистем найбільш раціонально і ефективно. У сучасних дослідженнях також використовують хімічні, фізіологічні, мікробіологічні, біохімічні, біофізичні, радіометричні, біоіндикаційні, молекулярно-генетичні та токсикологічні методи, дистанційні біофізичні прилади, підводне й надводне відеоспостереження (телебачення, фотографування), ехолокацію та методи візуального спостереження – акваланги, підводні човни, батискафи та космічні супутники [42].

Хімічні методи ґрунтуються на виявленні певних речовин за допомогою хімічних реакцій. Методи хімічного аналізу поділяються на кількісні та якісні, інструментальні і неінструментальні. До хімічних методів належать *титрометричний* і *гравіметричний* методи.

Титрометричний (об'ємний) метод аналізу ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагенту відомої концентрації, витраченого на взаємодію з

аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію в концентраціях 10^{-1} – 10^{-3} моль/дм³. Кінець титрування встановлюють за зміною забарвлення індикатора (речовини, яка змінює свій колір при концентраціях реагуючих речовин, близьких до точки еквівалентності). Цим методом визначають загальну і карбонатну твердість води, хімічне споживання кисню (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК), лужність, уміст розчиненого кисню, концентрацію Сl. Похибка визначення складає 0,5–1,5%.

Гравіметричний метод аналізу ґрунтується на кількісному переведенні аналізованого компонента у малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Його застосовують за концентрації речовини у розчині не нижче 10^{-2} – 10^{-3} моль/дм³. Цим методом визначають у природних і стічних водах наявність феруму та алюмінію, які присутні у формі оксидів, деякі метали. Похибка визначення складає 0,5–1%.

Фізико-хімічні методи ґрунтуються на хімічних реакціях. За допомогою цих методів визначають фізичну характеристику (електропровідність, оптичну густину, окисно-відновний потенціал), що залежить від вмісту аналізованої речовини. До фізико-хімічних методів належать *хроматографічний* і *фотометричний аналізи*.

Хроматографічний аналіз забезпечує розподіл, якісне виявлення та кількісне визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей. ґрунтується він на різному їх розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Залежно від агрегатного стану (газ чи рідина), природи сорбенту (тверда речовина чи рідина) та характеру взаємодії між сорбентом і між компонентами, що розділяються, хроматографія поділяється на такі види:

- *газова* (газосорбційна, газорідинна);
- *рідинна* (рідинна адсорбційна, рідинна розподільна, йонообмінна, гелі-хроматографія).

За допомогою хроматографічного аналізу визначають склад стічних вод нафтопереробних і хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу, виявляють загальну твердість води, вміст катіонів важких металів у воді, ґрунті, донних мулах. Йонна хроматографія забезпечує визначення понад 70 аніонів неорганічних і органічних кислот, катіонів лужних і лужноземельних металів у воді, продуктах, лікарських препаратах тощо.

Електрохімічні методи базується на вимірюванні електрохімічних властивостей компонентів – окисно-відновного потенціалу, електропровідності, сили полярографічного струму тощо. Похибка вимірювання складає 0,5–5%. До цих методів відносять *вольтамперометрію*, *потенціометрію* та *кондуктометрію* [17].

Вольтамперометрію поділяють на два типи:

– *полярографічний аналіз*, що ґрунтується на процесі електролізу і вивченні залежності сили струму від прикладеної напруги. За допомогою цього методу в природних водах і ґрунтах визначають вміст цинку, кадмію, свинцю з попереднім екстракційним відокремленням токсичних елементів, токсичні елементи в продуктах, повітрі, стічних водах, концентрацію вітамінів, ферментів, гормонів у організмі людини;

– *амперометричне титрування* дає можливість визначати аніони, для яких немає точних і швидких титриметричних методів.

Потенціометрія охоплює методи, що передбачають вивчення хімічних процесів, які змінюються в результаті хімічних реакцій потенціалу електрода, зануреного у досліджувану суміш. Потенціометрія використовують для визначення рН природних і стічних вод, встановлення вмісту нітратів у рослинах і продуктах, концентрації катіонів натрію, калію, кальцію, магнію та ін. Крім того, потенціометричні біодатчики використовують для визначення концентрації пестицидів у складних багатоконпонентних системах.

Кондуктометрія використовується для визначення концентрації розчинених солей у питних водах і водах для теплообмінного обладнання.

Розрізняють декілька методів кондуктометричного аналізу:

– *пряма кондуктометрія* – метод, який дозволяє безпосередньо визначати концентрацію електроліту шляхом вимірювання електропровідності електроліту з відомим якісним складом;

– *кондуктометричне титрування* – метод аналізу, який базується на визначенні вмісту речовини за переломом кривої титрування;

– *хронокондуктометричне титрування* базується на визначенні вмісту речовини за витраченим на його титрування часом, який автоматично фіксується на діаграмній стрічці реєстратора кривої титрування [17, 42].

Фізичні методи – це кількісні аналітичні методи, для виконання яких необхідні прилади, а також методи, що ґрунтуються на емісії чи абсорбції випромінювання: *спектральний аналіз, фотометрія, атомно-абсорбційний спектральний аналіз, метод ядерного магнітного резонансу*.

Спектральний аналіз – це метод визначення складу та будови речовини за її спектром. За допомогою цього методу можна встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини та її будову.

Фотометричний метод полягає у порівнянні оптичної щільності досліджуваної та контрольної рідини. Цим методом визначають катіони лужних і важких металів у природних водах.

Атомно-абсорбційний спектральний аналіз ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. Цей метод дає можливість

виявити велику кількість елементів у низьких концентраціях. Зокрема визначення вмісту важких металів.

Метод ядерного магнітного резонансу відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Він дає можливість визначити вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах і є дуже ефективним.

Радіометричні методи дають можливість вимірювати природну і штучну радіоактивність. До цих методів відносять:

– *ізотопне розбавлення* (введення ізотопу елемента в аналізований розчин, що набуває активності; відтак цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність розчину після його видалення;

– *відносний метод аналізу* (опромінення за однакових умов досліджуваного зразка й еталона з відомим вмістом елемента, який є об'єктом дослідження);

– *активаційний аналіз* (опромінення нерадіоактивних елементів нейтронами, протонами та іншими високоенергетичними частинками, внаслідок чого вони набувають радіоактивності);

– *рентгеноспектральний аналіз* (ґрунтується на послабленні інтенсивності рентгєнівського випромінювання під час проходження крізь пробу) [17].

Біохімічні методи спрямовані на дослідження реакцій рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни в організмах можуть стосуватися органел клітини, систем, організму, екосистеми, активності ферментів, тощо. Вивчення ферментних реакцій має величезне значення при дослідженні функцій і визначенні концентрацій мікроелементів та інших біологічно активних сполук. Зміни їхньої активності можуть бути тестом при вивченні забруднення довкілля окремими речовинами, зокрема важкими металами.

Біоіндикаційні методи базуються на оцінках реакції планктону, бентосу, макрофітів та риб при надходженні у водне середовище хімічних речовин мінерального й органічного походження. Ступінь забруднення водних об'єктів оцінюється за наявністю чи відсутністю організмів-індикаторів, виходячи з порівняння видового різноманіття, чисельності й біомаси населення забруднених і чистих зон. При такому порівнянні користуються абсолютними величинами та індексами видового різноманіття.

Біоіндикація (лат *indicare* – вказувати, виявляти) – метод оцінювання абіотичних і біотичних чинників середовища за допомогою біологічних систем.

Біоіндикатори – це організми, наявність, кількість або особливість розвитку яких є показниками природних процесів або антропогенних впливів, які змінюють склад і властивості води як середовища їх існування.

Перевагами методів біоіндикації є те, що вони підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища, здатні реагувати на короточасні викиди токсикантів, реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі, вказують на місця накопичення забруднювачів та шляхи їх міграції, дають змогу розробляти оцінки шкідливого впливу токсикантів на людину й живу природу на ранніх стадіях та нормувати допустиме навантаження на екосистеми.

Недоліками методів біоіндикації є те, що вони не дають інформації про об'єктивні, фізико-хімічні особливості стресового фактору, що діє та потребують більшої повторності для отримання статистично значимих результатів [25].

Методи проточної цитометрії використовуються для оптичного вимірювання параметрів клітини, її органел та процесів, що відбуваються у клітині. Даний метод полягає у виявленні розсіювання світла лазерного променя при його проходженні через клітини в струмені рідини, причому ступінь світлової дисперсії дозволяє отримати уявлення про розміри та структуру клітини. Крім того в ході аналізу враховується рівень флуоресценції хімічних сполук, що входять до складу клітини (аутофлуоресценція) або внесених у зразок перед проведенням досліджень.

Використання даного методу дозволяє визначити: чисельність, біомасу та розмірний спектр природних мікробних популяцій і угруповань (переважно піко- і нанопланктона), культивованих мікроорганізмів і клітин; ідентифікацію та кількість фотоавтотрофних мікроорганізмів за флуоресценцією пігментів з оцінкою ступеня флуоресценції кожної з клітин; якісний і кількісний аналіз популяції клітин або мікроорганізмів, своєрідно забарвлених флуоресцентними маркерами; якісне та кількісне визначення життєздатності та фізіологічної активності клітин тощо [42].

Отже, вибір методу аналізу залежить від багатьох чинників. Найбільш важливими серед них вважають чутливість, точність, селективність, простота та доступність.

1.3. Галузі та підрозділи гідроекології

Гідроекологія вивчає водні екосистеми як сукупність трьох взаємодіючих компонентів: водного середовища, водних організмів і діяльності людини. Гідроекологія тісно пов'язана з такими науками, як гідробіологія, гідрохімія, гідрофізика та гідрологія.

Гідрохімія вивчає хімічний склад природних вод і хімічні процеси, що відбуваються у водних екосистемах. Гідробіологія – це наука, предмет якої складає біологічне вивчення гідросфери з метою оптимізації її природо-

користування і охорони середовища. Гідрофізика досліджує властивості води як речовини і процеси, що відбуваються у водній масі. Гідрологія вивчає властивості гідросфери та її складових частин, процеси і явища, які в них відбуваються, закономірності, за якими ці явища і процеси розвиваються, а також взаємозв'язок і взаємодію природних вод із землею корою й атмосферою.

Дослідники, які займаються гідроекологічними проблемами, розглядають гідроекологію як вчення про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад та властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів.

Виділяють такі підрозділи гідроекології:

- системна гідроекологія;
- трофологічна гідроекологія;
- етіологічна гідроекологія;
- палеогідроекологія;
- бентологія;
- планктологія;
- приватна гідроекологія;
- прикладна гідроекологія.

Системна гідроекологія досліджує загальні проблеми організації біосистем у гідросфері, їх поведінку, самоорганізацію та моделюванням, прогноз їх стану при впливі зовнішніх факторів.

За досліджуваними процесами розрізняють: трофологічну гідроекологію, яка вивчає харчові ланцюги та біологічну трансформацію речовин; енергетичну гідроекологію, яка досліджує потік енергії та її біологічну трансформацію; етіологічну гідроекологію, яка вивчає поведінку гідробіонтів; палеогідроекологію, яка досліджує зміни водних екосистем в історичному аспекті.

За локалізацією досліджуваних процесів у загальній гідроекології виділяють бентологію і планктологію. Бентологія вивчає екологічні процеси, що відбуваються на дні водойми, а планктологія у товщі води водойми.

Приватна гідроекологія вивчає специфіку водних об'єктів різного типу (моря, річки, озера, ставки, болота). Крім того, розрізняють гідроекологію підземних і печерних вод, полярних і тропічних водойм, субтропічних і водойм помірної поясу.

Прикладна гідроекологія включає:

- продукційну гідроекологію (урожай морепродуктів, улови риб і т.д.);

- санітарну гідроекологію – вивчає самоочищення водойм, проблеми чистої води;
- медичну гідроекологію – вивчає поширення захворювань, які пов'язані з водою та життєдіяльністю гідробіонтів;
- водну токсикологію – вивчає вплив техногенезу на стан водних об'єктів;
- радіологічну гідроекологію – вивчає надходження у водойми радіонуклідів, їхній вплив на гідробіонтів та особливості накопичення у трофічних ланцюгах;
- технічну гідроекологію – вивчає процеси біокорозії, біообростання технічних об'єктів.

Таким чином, кожен з напрямків гідроекології має свою специфіку, свої методи, але вирішують спільні завдання: з'ясування закономірностей і особливостей функціонування водних екосистем та визначення впливу різноманітних чинників на водні екосистеми з метою охорони останніх від забруднення та виснаження.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи дослідження водних екосистем?
2. Що є предметом вивчення гідроекології?
3. Які практичні завдання вирішує гідроекологія?
4. Дайте характеристику основних методів досліджень, які використовуються у гідроекології?
5. Проаналізуйте підрозділи гідроекології?

РОЗДІЛ 2. ВОДНІ РЕСУРСИ

- 2.1. Поняття про водні ресурси.
- 2.2. Водні ресурси України.
- 2.3. Використання прісної води в країні та світі.

2.1. Поняття про водні ресурси

Вода – основа життя на нашій планеті. Понад 20% зосереджено під землею і лише 1% води циркулює в ріках, озерах, болотах та атмосфері. У ґрунті частка води становить не менше 20%, у рослинах та організмах тварин понад 60%.

Загальна кількість води на Землі становить близько 1400 млн км³. Із цієї кількості 97,5% припадає на солону воду Світового океану. Придатною для використання людиною є дещо більше як 2% всієї води, або близько 39500 км³. Із зазначеного об'єму води 69% припадає на воду у вигляді снігу і льоду Антарктики й Гренландії, близько 30% – на підземні води і лише 0,12% – на поверхневі води річок і озер. Придатною для безпосереднього використання є 9000 км³, а споживається 4000 км³.

Вода – це стратегічний, важливий природний ресурс, національне багатство кожної країни, одна з основ економічного розвитку, яка забезпечує всі сфери життя, визначаючи розвиток промисловості та сільського господарства, розміщення населених пунктів, організацію відпочинку й оздоровлення.

Всі води (водні об'єкти) на території України, як зазначено у Водному кодексі України [7], є водним фондом країни. До цього фонду належать:

- поверхневі води: природні водойми (озера), водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- підземні води та джерела;
- внутрішні морські води та територіальне море.

Відповідно до ст. 5 Водного кодексу України водні об'єкти поділяють на водні об'єкти *загальнодержавного* і *місцевого* значення.

До водних об'єктів загальнодержавного значення належать:

- внутрішні морські води і територіальне море;
- підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання;
- поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали, а також притоки всіх порядків, що розташовуються і використовуються на території більш як однієї області);

– водні об'єкти у межах природно-заповідного фонду загально-державного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

До водних об'єктів місцевого значення належать:

- поверхневі води, що розташовуються та використовуються в межах

однієї області і які не віднесені до об'єктів загальнодержавного значення;

– підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання.

Води річок, озер, каналів, водосховищ, морів і океанів, води підземні, ґрунтові, льодовиків, водяна пара атмосфери, які придатні для використання називають *водними ресурсами* [47].

Оскільки, вода є одним із головних природних ресурсів, постійний контроль і облік водних ресурсів здійснюється на державному рівні. У сучасній науці існує декілька визначень поняття «водні ресурси». Згідно з Водним кодексом України *водні ресурси* – обсяги поверхневих, підземних і морських вод відповідної території [7].

С. Л. Вендров під водними ресурсами розуміє ті види природних вод, які можна використовувати у даний час, здійснюючи управління їхнім режимом, а також води, які будуть використовуватись у майбутньому над управлінням яких працюють науковці.

В. О. Джуган пропонує визначити водні ресурси як обсяги поверхневих, підземних і морських вод відповідної території, які використовуються або можуть бути використані у перспективі.

У більш широкому значенні під *водними ресурсами* розуміють усі води планети, що перебувають у вільному стані, а саме води поверхневого та підземного стоку, води гірських і полярних льодовиків, штучно створених водних об'єктів, океанічні, морські та атмосферні води.

За належністю водні ресурси поділяють на національні, міждержавні та загальні.

Національні водні ресурси – це середньорічний стік річок із територій інших держав, а також запаси поверхневих і підземних вод на цих територіях.

Міждержавні водні ресурси – це водні ресурси транскордонних річок, які течуть по територіях декількох держав або формують стік у їхніх межах. Прикладами таких річок є Дунай, Дніпро, Дністер та ін., а також підземні води артезіанських басейнів, які залягають у межах кількох країн.

Загальні ресурси – це води, які акумульовані у льодах Арктики і Антарктики, а також води відкритих морів та океанів [20].

За господарською значимістю водні ресурси поділяються на такі категорії:
– *природні* або *потенціальні ресурси* – це поверхневі та підземні води, формування яких зумовлюється природними процесами;

– *експлуатаційні ресурси* – це об'єм води, який можна забрати за одиницю часу із поверхневих водотоків і підземних горизонтів у певному районі без зниження продуктивності водозабору й якості води протягом періоду експлуатації [20].

При раціональному використанні водні ресурси безперервно відновлюються у процесі кругообігу води на землі. Виснаження водних ресурсів внаслідок втрати їхньої якості становить більшу загрозу, ніж кількісне виснаження [47].

Водні ресурси земної кулі наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Об'єм води і активність водообміну різних частин гідросфери Земної кулі [47]

Частина гідросфери	Об'єм води, тис.км ³	Частка від об'єму, %		Тривалість умовного водообміну
		всіх вод	прісних вод	
Світовий океан	1338000	96,5	—	2500 років
Підземні води	23700	1,72	30,9	1400–10000 років
Льодовики	26064	1,74	68,7	9700 років
Озера	176	0,013	0,26	17 років
Грунтова волога	16,5	0,001	0,05	1 рік
Води атмосфери	12,9	0,001	0,037	8 діб
Болота	11,5	0,0008	0,033	5 років
Водосховища	6,0	0,0004	0,016	0,5 роки
Річки	2,0	0,0002	0,006	16 діб
Разом:	1388000	100	100	—

Таким чином, під водними ресурсами слід розуміти придатні для використання води.

2.2. Водні ресурси України

Водні ресурси з-поміж інших ресурсів є найціннішими. До водних ресурсів України належать річки, озера, болота, підземні води, ставки, канали, водосховища, тощо. Водні ресурси України складаються зі стоку річок та прісних підземних вод. Місцевий річковий стік, тобто той, що формується в межах країни, у середній за водністю рік становить 52,4 км³. З урахуванням притоку із суміжних країн середній багаторічний річковий стік сягає 87,1 км³, а при врахуванні стоку Дунаю по Кілійському рукаву ця величина зростає до 209,8 км³.

Середній місцевий стік у розрахунку на 1 км² площі України складає близько 86,8 тис. м³/рік, а на одного жителя 1,15 тис. м³/рік. У дуже маловодний рік ці цифри зменшуються майже у два рази, що свідчить про недостатню забезпеченість країни водою (табл. 2.2) [46].

Забезпеченість місцевим річковим стоком областей України [46]

Область	Річковий стік, тис. м ³ /рік					
	середній за водністю рік		рік 75% забезпеченості		рік 95% забезпеченості	
	на 1 км ²	на 1 особу	на 1 км ²	на 1 особу	на 1 км ²	на 1 особу
Україна	86,8	1,15	68,6	0,91	49,2	0,65
АР Крим	33,7	0,39	24,1	0,28	15,9	0,18
Вінницька	93,2	1,53	69,1	1,13	43,8	0,72
Волинська	107,9	2,09	73,8	1,43	46,5	0,90
Дніпропетровська	27,3	0,26	12,5	0,12	4,38	0,04
Донецька	38,5	0,23	20,8	0,13	0,05	0,05
Житомирська	105,4	2,49	65,9	1,56	35,1	0,83
Закарпатська	618,7	6,30	485,2	4,94	349,2	3,55
Запорізька	22,8	0,35	11,0	0,17	4,78	0,07
Івано-Франківська	330,2	3,32	240,3	2,42	156,1	1,57
Київська	70,6	0,44	45,3	0,29	26,3	0,17
Кіровоградська	38,6	0,96	22,4	0,56	11,0	0,27
Луганська	54,7	0,65	32,2	0,38	16,9	0,20
Львівська	225,7	1,94	171,1	1,47	122,0	1,05
Миколаївська	23,2	0,49	13,4	0,28	6,5	0,14
Одеська	10,5	0,15	5,1	0,07	2,28	0,03
Полтавська	67,4	1,33	45,5	0,89	26,4	0,52
Рівненська	115,9	2,01	89,1	1,54	63,2	1,10
Сумська	102,9	2,16	73,5	1,54	48,3	1,01
Тернопільська	131,2	1,69	104,3	1,34	76,1	0,98
Харківська	52,9	0,61	36,3	0,42	22,6	0,26
Херсонська	4,91	0,13	2,1	0,06	0,7	0,02
Хмельницька	103,9	1,63	76,7	1,21	51,5	0,81
Черкаська	48,3	0,80	33,0	0,55	19,6	0,33
Чернівецька	151,8	1,35	106,2	0,95	60,5	0,54
Чернігівська	108,2	3,23	83,4	2,49	61,1	1,83

В областях Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Чернігівська, північна частина Київської) на 1 км² площі припадає 75...1000 тис. м³ води на рік, а на одного жителя – 1500...1900 м³. В областях Лісостепу на 1 км² площі водні ресурси становлять 50...70 тис. м³ на рік, збільшуючись до 100...125 тис. м³ у східних і західних частинах зони. На одного жителя тут припадає від 500 до 1500 м³ води на рік.

Розподіл річкового стоку на території України дуже нерівномірний.

На території України нерівномірно розподілені запаси підземних вод: 65% ресурсів зосереджено у Волино-Подільському та Дніпровсько-Донецькому артезіанських басейнах (північна і північно-західна частина України). Причорноморський артезіанський басейн та інші гідрогеологічні райони мають менш сприятливі умови формування підземних вод.

Найбільша кількість підземних вод у розрахунку на одну людину (5,54 м³/добу) припадає на Чернігівську область, а найменша (0,28–0,43 м³/добу) – на Донецьку, Одеську, Кіровоградську, Дніпропетровську, Житомирську, Вінницьку та Миколаївську області. Найбільша кількість прогнозних ресурсів підземних вод приурочена до басейнів Дніпра (61%), Сіверського Дінця (12%) та Дністра (9%). Сумарні розвідані експлуатаційні ресурси підземних вод становлять 5,7 млрд. м³/рік (15,6 млн. м³/добу), або 26% від прогнозних ресурсів підземних вод [38].

На території України нараховується 63119 річок і струмків загальною довжиною понад 206 тис. км. До великих річок належать Дунай, Десна, Дністер, Дніпро, Південний Буг, Західний Буг, Прип'ять, Сіверський Донець та Тиса. Середніх річок налічується 81, малих – 63029. З них близько 60 тис. дуже малих (довжиною менше 10 км); малих річок, що мають довжину більше 10 км, налічується 3212. Малих річок у басейні Дніпра – 1383 (43,0%), басейні Дністра – 453 (14,0%), басейні Південного Бугу – 367 (11,4%).

Річки України належать до басейнів Чорного та Азовського морів і частково (майже 4%) – до басейну Балтійського моря. Найбільше річок розміщено у басейні Дніпра – 27,7%, Дунаю – 26,3%, Дністра – 23,7%, Південного Бугу – 9,3% (від усієї кількості річок України).

Головною водною артерією і постачальником води для різних галузей господарства України є річка Дніпро, довжина якої в межах держави становить 981 км, а площа водозбірного басейну – 286 тис. км² (65% усієї території України). Водними ресурсами Дніпра та його притоками користується понад 30 млн. жителів України [4]. Потреби країни у воді, забезпечують й інші великі річки – Південний Буг, Дністер, Сіверський Донець з їхніми притоками.

Розподіл річок територією України нерівномірний, що обумовлено

неоднаковими у різних частинах країни кліматичними умовами, характером рельєфу, геологічною будовою окремих районів, тощо. Зокрема, кількість і водоносність річок зменшується у напрямку з більш зволоженого північного заходу до посушливого південного сходу. Середня густота річкової мережі становить $0,39 \text{ км/км}^2$, яка більша на півночі ($0,5 \text{ км/км}^2$) та значно зменшується на півдні (до $0,1 \text{ км/км}^2$). Найгустіша мережа річок у Карпатах (понад 1 км/км^2) і Кримських горах (до $0,6\text{--}0,7 \text{ км/км}^2$).

Густота річкової мережі основних річкових басейнів становить (км/км^2): Дніпро – $0,26$, Дністер – $0,60$, Південний Буг – $0,35$, Сіверський Донець – $0,22$, Вісла (в межах України) – $0,52$, Дунай (у межах України) – $0,68$. Для річок Приазов'я вона дорівнює $0,36$, у міжріччях Дунай-Дністер – $0,17$, Дністер-Південний Буг – $0,009$. Середнє значення коефіцієнта густоти річкової мережі на території України становить $0,39 \text{ км/км}^2$ [13, 20].

Головним джерелом живлення річок і формування водних ресурсів України є атмосферні опади. Основна частка ($50\text{--}80\%$) в живленні рівнинних річок припадає на талі снігові води, у живленні гірських річок – на дощові.

Підземне живлення річок більшої частини території становить $10\text{--}20\%$ і тільки для річок окремих районів досягає 50% .

На територію України в середньому за рік випадає 366 км^3 атмосферних опадів або 609 мм . Кількість атмосферних опадів у різних частинах країни неоднакова, що зумовлюється географічним положенням. Найбільша кількість опадів за рік випадає у гірських частинах Карпат (в окремих районах понад 2000 мм), а найменша – на узбережжях Чорного та Азовського морів (близько $345\text{--}400 \text{ мм/рік}$).

Середньорічна кількість опадів на території Полісся становить $550\text{--}600 \text{ мм}$, Лісостепу – від 500 до 550 мм . На території Поліссі та Лісостепу кількість опадів зменшується в напрямку із заходу ($555\text{--}600 \text{ мм}$) на схід ($455\text{--}500 \text{ мм}$).

Найбільша кількість опадів ($450\text{--}500 \text{ мм}$) на території Степу випадає в північних районах, найменша ($350\text{--}400 \text{ мм}$) – у південних. У межах Донецького кряжу річна сума опадів збільшується на $30\text{--}50 \text{ мм}$ порівняно з прилеглими територіями, що пов'язано з посиленням турбулентності над височинами.

Сумарні водні ресурси країни складають 209 км^3 . Розподіл по окремих річках наведено в таблиці 2.3.

Водні ресурси основних річок України [20]

Річка	Площа водозбору, км ²	Водні ресурси, км ³ /рік		
		Середній рік (P=50%)	Маловодний рік (P=75%)	Дуже маловодний рік (P=95%)
Дніпро	504 000	53,5	43,0	32,2
Прип'ять	114 300	13,2	9,91	6,82
Десна	88 900	11,4	8,90	6,42
Сіверський Донець (поблизу м. Лисичанська)	52 400	3,47	2,48	1,59
Південний Буг	637 000	3,39	2,19	1,26
Дністер	72 100	8,66	6,78	4,89
Тиса (поблизу смт Вилки)	9140	6,26	4,70	3,20
Прут	8260	2,08	1,37	0,77

По Кілійському гирлу Дунаю в Україну надходить 123 км³ води (загальний середньорічний стік Дунаю складає 203 км³), по інших річках – 36 км³, із них по верхньому Дніпру – 18,6, Прип'ять – 6,24, Десні – 5,11, Сейму – 2,16, Осколу – 1,20, Пселу – 0,69, Сіверському Дінцю – 0,52, Айдару – 0,39, Сноу – 0,37, Ворсклі – 0,18 км³. Решта водних ресурсів цих річок формується на території України.

До важливих водних ресурсів України належать також озера та водосховища. Відмінність озера від річки полягає в тому, що головною рушійною силою річки є градієнт сили тяги, а в озерах – вітер. Від моря озера відрізняються відсутністю постійного водообміну з океанами; у режимі озера істотний вплив мають форма і розміри улоговини, а для моря цей фактор менш відчутний, крім того, режим озера тісно пов'язаний з географічними особливостями навколишнього середовища.

Найбільші озера земної кулі:

- Європа (Каспійське море, Ладозьке, та Онезьке);
- Азія (Аральське море, Байкал, Балхаш, та Тонлесап);
- Африка (Вікторія, Танганьїка, Ньяса, та Чад);
- Північна Америка (Верхнє, Гурон, Мічиган, Велике Ведмеже, Велике Невільниче, Ері, Вінніпег, та Онтаріо);

- Південна Америка (Маракайбо);
- Австралія (Ейр).

В Україні нараховується біля 20 тис. озер та лиманів із площею дзеркала 4021,5 км², найбільше за площею дзеркала прісне озеро Ялпуг (149 км²), солоне – озера Сасик – 210 км² і Молочний – 170 км² (табл. 2.4) [16].

Таблиця 2.4

Основні морфометричні характеристики деяких озер України [43]

Озеро	Характеристики			
	Площа дзеркала, км ²	Об'єм, млн м ³	Середня глибина, м	Найбільша глибина, м
Шацькі озера				
Світязь	27,5	180	6,3	58,4
Турське	12,0	12,3	0,9	2,6
Луки	6,8	13,0	2,0	5,3
Пулемецьке	16,4	72,0	4,4	19,0
Придунайські заплавні озера				
Кагул	90	180	2,0	7,0
Ялпуг	149	387,4	2,6	6,0
Катлабух	68	47,6	0,7	4,0
Китай	60	102	1,7	5,0
Причорноморські озера та озера-лимани				
Сасик (Кундук)	210	420	2,0	30
Шагани	70	84	1,2	2,0
Тилігульський	80	1000	12,5	19,0
Кримські озера				
Сасик	75,3	36,6	0,5	1,2
Бакальське	7,1	3,55	0,5	0,9
Червоне	23,4	7,02	0,3	1,0
Старе	12,2	2,44	0,3	0,8
Чокрацьке	8,0	6,80	0,8	1,3

На території України налічується 1103 водосховища. Вони утримують 55315,8 млн м³ води (величина повного об'єму), зокрема 8565,8 млн м³ – без 6 водосховищ Дніпровського каскаду та 2-х Дністровських водосховищ (головного та буферного). В цілому, всі водосховища утримують об'єм води, що перевищує середній річний стік Дніпра.

Найбільші водосховища – Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське, Каховське створено на Дніпрі з 30-х по 70-і роки ХХ ст. На початку 80-х років було створено Дністровське водосховище. Значно меншими є водосховища у басейнах річок Південний Буг, Сіверський Донець та ін. [2, 10].

Поширені водосховища нерівномірно (табл. 2.5). Найбільша кількість водосховищ зосереджена в посушливих центральних та південно-східних областях: Донецькій (130 водосховищ), Дніпропетровській (101), Кіровоградській (84) (табл. 2.4). Найменше кількість водосховищ зосереджена на території Івано-Франківської (3) та Чернівецької (3) областей.

Таблиця 2.5

**Найбільші водосховища України та їхні
морфометричні характеристики**

Водосховище	Роки створення	На якій річці	Площа, км ²	Об'єм, км ³	Довжина, км	Найбільша ширина, км	Найбільша глибина, м
Київське	1964-1966	Дніпро	922	3,73	110	12,0	14,5
Канівське	1972-1978	Дніпро	675	2,62	123	8,0	21,0
Кременчуцьке	1959-1961	Дніпро	2250	13,50	149	28,0	28,0
Дніпродзержинське	1964	Дніпро	567	2,45	114	8,0	16,0
Дніпровське	1932	Дніпро	410	3,30	129	7,0	53,0
Каховське	1947-1948	Дніпро	2155	18,20	230	25,0	24,0
Дністровське	1955-1956	Дністер	142	3,20			
Червонооскільське	1958	Оскіл	122,6	0,48	76	4,0	16,5
Ладизинське	1964	Південний Буг	20,8	0,15	45	1,2	17,8
Печенізьке	1962	Сіверський Донець	86,2	0,38	65	3,0	10,5

Україна має значні сумарні водні ресурси, але негативним фактором, який обмежує можливості їхнього використання є погіршення якості води через скидання у водні об'єкти стічних вод, внаслідок чого вона забруднюється, втрачає корисні властивості й часто стає непридатною для певних видів використання. Крім того, значна частина водних ресурсів, зокрема води притоку, не завжди в повному об'ємі можуть використовуватись для потреб України, бо є власністю сусідніх держав. Через це власними водними ресурсами України є місцевий стік річок, на який повністю можна

розраховувати при плануванні водозабезпечення населення й інших водокористувачів. За запасами місцевих водних ресурсів у розрахунку на одного жителя (близько 1 тис. м³ на рік) Україна належить до малозабезпечених водою держав (у середньому по Європі водні ресурси на душу населення становлять 5,18 тис. м³ на рік) [20, 37, 38].

2.3. Використання прісної води в країні та світі

Водні ресурси відіграють вирішальну роль у багатьох процесах, які відбуваються у природі та забезпеченні життя людини. Як відомо, на нашій планеті домінують води з високим вмістом солей, загальна кількість яких становить 97,5%. Але, на жаль, ми не можемо належним чином їх використовувати, так як людство в першу чергу цікавлять прісні води, тобто ті, вміст солі в яких не перевищує 1,0‰ (проміле). Проблема полягає ще й в тому, що 70% запасів прісних вод на планеті зосереджені у льодовиках і практично недоступні для їх використання людиною.

Найбільшими водоспоживачами у територіальному розрізі є Дніпропетровська (1654 млн м³), Донецька (2142 млн м³), Запорізька (972 млн м³), Київська (1064 млн м³), Харсонська (1319 млн м³), Одеська (1699 млн м³) області, на які припадає 71% сумарного обсягу забору води.

Якщо розглянути потреби води за частинами світу, то найбільшу кількість її споживають в Азії – 55% всієї води, в Північній Америці – 19%, Європі – 9,2%, Африці – 4,7%, Південній Америці – 3,3%, решта території – 8,8%. За секторами економіки: сільське господарство використовує 70% води, промисловість – 22%, на домашнє господарство припадає 8%. Середньо-світовий річний забір води з річок і підземних джерел становить 600 м³ на людину, з яких 50 м³ – питна вода, тобто 137 л на одну людину в день. У Північній Америці та Японії споживання води в день становить 600 л, Європі – 250–350 л, у країнах поблизу Сахари – 10–20 літрів [9].

Найбільша кількість прісної води (приблизно 70% від теперішніх витрат) використовується в сільському господарстві. За вегетаційний період на один гектар кукурудзи витрачається 3000 м³, капусти – 8000 м³, рису – від 12000 до 20000 м³ води. Для отримання 1 т пшениці потрібно 1500 м³ води, бавовни – 10000 м³.

На промисловість припадає близько 20% усього водоспоживання. Виробництво 1 т різних видів готової продукції потребує води: для гуми – 2500 м³, целюлози – 1500 м³, паперу – 900 м³, синтетичного волокна – від 300 до 1000 м³, азотних добрив – 400 м³, сталі – від 40 до 250 м³ і т. д. Значних обсягів води потребує теплова енергетика. Зокрема, для охолодження турбогенераторів усіх видів теплових електростанцій у світі витрачається

близько 250 км³ прісної води на рік (приблизно одна третина всього обсягу щорічного водоспоживання промисловості світу).

Значні затрати прісної води (близько 10% її сучасних витрат) пов'язані з комунально-побутовими потребами населення. На одного жителя великого міста в середньому лише на питні та комунально-побутові цілі витрачається від 200 до 500 л води щодобово, у селах, де немає центрального водопостачання і населення бере воду безпосередньо із шахтних колодязів та свердловин, добове водоспоживання не перевищує 50 л на одного жителя [9].

Важливим водокористувачем є рибне господарство, яке характеризується високою продуктивністю, але потенційні можливості водного фонду використовуються недостатньо.

Використання прісної води галузями економіки становить:

- промисловість – 4,97 млрд м³ (49%);
- комунальне господарство – 1,79 млрд м³ (18%);
- сільське господарство – 3,13 млрд м³ (31%);
- іншими галузями – 0,20 млрд м³ (2%) [38].

Навантаження на водні ресурси поділяють на чотири групи [50]:

- *низьке*, використано <10% запасів прісної води;
 - *помірне* – 10–20%. У такому випадку рівень забезпеченості стає лімітуючим фактором;
 - *середнє* – 20–40%. Для задоволення потреб населення і забезпечення гідрологічного режиму водних екосистем потрібні інвестиції на раціональну експлуатацію водних ресурсів, це значно підвищить питому вагу валового національного продукту;
 - *високе* – понад 40% ресурсів, що свідчить про серйозний водний дефіцит.
- Темпи освоєння підземних вод суттєво перевищують темпи відновлення.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення терміну «водні ресурси»?
2. Назвіть водні ресурси України?
3. Проаналізуйте забезпеченість місцевим річковим стоком областей України.
4. Назвіть особливості використання прісної води в Україні.

РОЗДІЛ 3. ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 3.1. Загальна характеристика водного середовища.
- 3.2. Основні властивості води.
- 3.3. Температурний режим водних об'єктів.
- 3.4. Роль світла у функціонуванні гідроєкосистем.
- 3.5. Сольовий склад прісних і морських вод.

3.1. Загальна характеристика водного середовища

Поняття «середовище» є принципово співвідносним, тому що відбиває суб'єкт-об'єктні відношення і втрачає зміст без визначення того, до якого суб'єкта воно відноситься. Під *середовищем існування* розуміють сукупність умов у межах яких організми можуть нормально проживати.

Водне середовище – це складне утворення, яке інтегрує множину різноманітних компонентів, які забезпечують можливість існування організмів.

Важливою групою властивостей середовища, що визначають його відношення до зовнішніх впливів є *стійкість, еластичність, інерція та ємкість*.

Стойкість середовища – це його властивість до самозбереження та саморегулювання в межах, що не перевищують певних критичних величин допустимого екологічного навантаження.

Еластичність середовища – властивість середовища в певних межах змінювати свій стан під впливом зовнішніх чинників і повертатись у вихідний стан після припинення їх дії.

Інерція середовища – властивість у певних межах протидіяти впливу зовнішніх чинників без зміни свого стану.

Ємкість середовища – властивість середовища сприймати без зміни свого стану впливи чинників, що негативно діють з боку суб'єкта.

Водне середовище було першим, у якому виникло й поширилося життя. Вода як середовище існування має ряд специфічних властивостей, таких як температура, висока щільність, істотні перепади тиску, відносно низький вміст кисню, сильне поглинання сонячних променів тощо. Різниця між максимальними і мінімальними значеннями температури у водному середовищі зазвичай не перевищує 30–35°C. Для океанічних вод щільність дорівнює 1,3 г/см³, для прісних – близька до одиниці. Тиск змінюється тільки в залежності від глибини: кожен 10-метровий шар води збільшує тиск на 1 атмосферу.

Водойми та окремі їх ділянки відрізняються за сольовим режимом, швидкістю горизонтальних переміщень (течій), вмістом зважених часток. Для життя придонних організмів мають значення властивості ґрунту, режим розкладання органічних залишків тощо. Тому, разом з адаптаціями до

загальних властивостей водного середовища його мешканці повинні бути пристосовані також до різноманітних окремих умов. Мешканців водного середовища називають гідробіонтами. Вони населяють Світовий океан, континентальні водойми та підземні води.

3.2. Основні властивості води

Хімічно чиста вода – це сполука водню з киснем, має хімічну формулу H_2O . Молекула води складається з 11,11% водню і 88,89% кисню. Характерною особливістю молекул води є їхня властивість об'єднуватися в агрегати – сполуки кількох молекул.

Вода має певні *аномальні властивості*. Насамперед, вона дуже стійка до впливу зовнішніх чинників, що пояснюється існуванням додаткових сил між молекулами (водневий зв'язок). У свою чергу, іон водню, зв'язаний з іоном кисню, здатний притягувати до себе іон того ж елемента з іншої молекули. Кожна молекула води може утворювати чотири водневі зв'язки за рахунок двох пар неподілених електронів кисню і двох позитивно заряджених атомів водню.

При збільшенні температури води співвідношення між кількістю простих і складних молекул у ній змінюється. Змінюється й відстань між молекулами. Саме цим пояснюються деякі аномальні властивості води [10, 16].

Найбільш вивченими ізотопами природних вод є ізотопи кисню й водню. Кисень має три стійких ізотопи: з атомною масою 16, 17, і 18, а також три радіоактивних ізотопи з атомною масою 1, 2, 3. Водень має два стійких ізотопи: з атомною масою 1 і 2, названих відповідно протієм і дейтерієм. Протій – це основний складник хімічно чистої води, а дейтерію в природі надзвичайно мало. Сполука дейтерію з киснем називається «важкою водою», яка зустрічається в океанічних водах на значних глибинах і в дуже малих кількостях. Відомий ще один ізотоп водню з атомною масою 3 (третій). Він радіоактивний і його концентрація в природних водах ще менша, ніж дейтерію.

Вода в природі може бути в трьох агрегатних станах (або фазах) – твердому, рідинному та газоподібному.

При нормальному атмосферному тиску 760 мм рт ст ($1,013 \cdot 10^5$ Па) точки замерзання дистильованої води і кипіння відповідають за шкалою Цельсія 0° і 100°C . Температура замерзання і кипіння води залежать від її солоності й атмосферного тиску. Морська вода замерзає при $-1,0$ – $2,0^\circ\text{C}$, а кипить при температурі $100,08$ – $100,64^\circ\text{C}$ (при нормальному тиску).

Для води також характерні аномальні особливості теплових властивостей. Так, аномально висока її *питома теплоємність* (кількість теплоти необхідної для нагрівання одиниці маси води на 1° , визначається у Дж/(кг $^\circ\text{C}$)). При температурі 15°C вона дорівнює 4190 Дж/(кг $^\circ\text{C}$). Унаслідок великої

теплоємності вода нагрівається й теплоємність чистого льоду майже вдвічі менша теплоємності води, а чистого сухого снігу (із густиною 280 кг/м^3) в 7,1 рази менша теплоємності води, але в 450 разів більша за теплоємність повітря. Охолоджується повільніше, ніж повітря (табл. 3.1) [16].

Таблиця 3.1

Аномальні властивості води [16]

Властивості	Порівняльна характеристика
Питома теплоємність, $4190 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}$ при 15°C	Найвища серед усіх твердих і рідких речовин, за винятком H_3 (аміаку)
Питома теплота плавлення льоду, 330000 Дж/кг	Найвища, за винятком H_3 (аміаку)
Питома теплота випаровування, $2,5 \cdot 10^6$ при 0°C і $2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ при 100°C	Найвища серед усіх речовин
Температура максимальної густини, 4°C	Настає не в період замерзання, а під час більш високої температури
Поверхневий натяг	Найвищий серед усіх рідин (крім ртуті в рідкому стані)
Коефіцієнт в'язкості, $1,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при 15°C	Малий
Коефіцієнт теплопровідності, $0,57 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ при 0°C	Дуже малий
Прозорість	Відносно висока
Густина льоду, 917 кг/м^3	Густина льоду менша за густину рідкої води
Температура плавлення (замерзання), 0°C	Дуже висока
Температура кипіння, 100°C	Дуже висока

Густина води – це маса однорідної речовини, яка знаходиться в одиниці її об'єму. Вона залежить від температури, тиску та солоності (а для природних вод ще і від умісту розчинних зважених речовин) і стрибкоподібно змінюється під час фазових переходів.

Хімічно чиста вода має найбільшу густину при температурі 4°C , яка приймається за одиницю. Але з підвищенням температури густина зменшується. Ця закономірність порушується під час плавлення льоду і нагрівання води в діапазоні від 0 до 4°C . Тут відзначаються важливі «аномалії» води: *густина льоду* (при температурі 0°C дорівнює 917 кг/м^3), менша, ніж густина

води; у діапазоні температури води від 0 до 4°C густина з підвищенням температури не зменшується, а навпаки збільшується [16, 45].

Унаслідок густинної аномалії у прісних і солонуватих водних об'єктах узимку температура води в придонних шарах завжди вища, ніж на поверхні. Саме завдяки цьому у водоймах і водотоках на глибині зберігається життя та комфортні умови для більшості гідробіонтів.

Значний вплив на густину має тиск. Зокрема, встановлено, що на кожні 1000 м глибини густина води, внаслідок впливу тиску стовпа води, збільшується на 4,5–4,9 кг/м³.

Дуже висока теплота плавлення (замерзання) і випаровування, а також велика теплоємність води мають великий регулюючий вплив на теплові процеси не тільки у водних об'єктах, а й на всій планеті. При нагріванні земної поверхні значна кількість теплоти витрачається на танення льоду, нагрівання та випаровування води і тому нагрівання земної поверхні уповільнюється.

Теплопровідність – передача енергії від частин із більшою енергією до частин із меншою енергією. Молекулярна теплопровідність чистої води 0,6 Вт/(м°C), льоду 2,24 Вт/(м°C), снігу 1,8 Вт/(м°C). Внаслідок низької теплопровідності, водні маси у водних об'єктах нагріваються внаслідок перемішування води, яке виникає при різній густині або під дією вітру.

В'язкість води, або внутрішнє тертя – властивість води чинити опір при переміщенні однієї частини її щодо іншої. В'язкість води невелика і становить при температурі 0°C дорівнює $1,78 \cdot 10^{-6}$ м²/с, а за температури 50°C – $0,55 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Поверхневий натяг води у порівнянні з іншими рідинами великий, із підвищенням температури дещо зменшується. Коефіцієнт поверхневого натягу води змінюється від $75,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м при 0°C до $57,1 \cdot 10^{-3}$ Н/м при 100°C. Поверхневий натяг сприяє розмиванню ґрунтів, відіграє важливу роль і в процесах хвилеутворення на поверхні води, обміну теплом, речовиною між водою та атмосферою.

Вода аномальна також у відношенні швидкості поширення *акустичних коливань* та деяких інших властивостей. Під впливом випромінювання різного типу (гамма-і рентгенівське, потоки, та інших заряджених часток, нейтронів) відбувається радіоліз (розпадання) води і утворюються вільні радикали Н, ОН та НО₂, а також перекис водню і водень [10, 16].

Внаслідок значної полярності, а також будові електронної оболонки молекули, вода – дуже *реакційноздатна сполука*. Вона легко реагує з багатьма хімічними елементами та їх сполуками. Вода може активно вступати у хімічні сполуки, утворюючи гідроксиди. Крім такої хімічної гідратації, коли молекула води зникає як така, можлива і кристалохімічна гідратація, при якій

утворюються кристалогідрати. Широко поширені невизначені сполуки, які виникають, наприклад, у водних розчинах при взаємодії розчиненої речовини з водою. Лужні і лужноземельні метали при звичайній температурі реагують з водою, розкладаючись на водень та відповідний гідроксид. При високих температурах вода реагує майже зі всіма металами. Цим обумовлене явище корозії [16].

Вода є найкращим розчинником для більшості сполук. Процес розчинення речовин як правило супроводжується явищами гідролізу і гідратації.

Аномалії властивостей води пов'язані з особливостями будови її молекул і структури в різних агрегатних станах. Три ядра в молекулі води утворюють рівнобедрений трикутник з двома протонами в основі і киснем на вершині. Кожна молекула води має тенденцію до утворення водневих зв'язків з чотирма найближчими молекулами. Це веде до утворення ажурної структури і обумовлює аномальні властивості води.

3.3. Температурний режим водних об'єктів

Температура – фізична величина, яка описує стан термодинамічної системи. Основними факторами, які впливають на зміну температури води є: надходження тепла від Сонця; теплообмін з атмосферою; надходження тепла з вище і нижче розташованих шарів води (вертикальний теплообмін); приплив тепла у результаті горизонтального переміщення повітряних і водних мас.

Температурним режимом водного об'єкта називають сукупність усіх змін температури води по акваторії і глибині за певний проміжок часу. Він характеризується зміною періодів денного і весняно-літнього нагрівання та нічного і осінньо-зимового охолодження. Зазначені періоди призводять до формування на певній глибині шару *температурного стрибка*, або *термоклину*, щільність води у якому зростає.

Для водойм характерна *стратифікація*. Під стратифікацією розуміють той, чи інший розподіл шарів води з різними гідрологічними характеристиками. Стратифікація може бути стійка, або позитивна – коли щільність води збільшується з глибиною, і нестійка – за зворотного напрямку. Чим сильніший позитивний градієнт щільності, тим вища стійкість шарів і гірше їх перемішування. Якщо під впливом охолодження або солоності щільність поверхневого шару зростає, стратифікація стає все менш стійкою або переходить у нестійку, що відображається на інтенсивності конвекції. *Конвекція* (густинне перемішування) – це вертикальне переміщення часток води, що виникає тоді, коли густина шарів води, розташованих вище, більша, ніж густина шарів, розміщених нижче. Конвекція може спричинити як нагрівання так і охолодження глибинних шарів. Найбільш інтенсивне густинне перемішування відбувається

в період осінньо-зимового охолодження, коли розвивається процес зимової вертикальної циркуляції. Інтенсивність у процесі переміщення оцінюється коефіцієнтом турбулентного обміну [34].

Розрізняють чотири основні фази *стратифікації*:

1 фаза характеризується тим, що верхні шари води прогріті, а нижні зберігають температуру $+4^{\circ}\text{C}$ (літо);

2 фаза характеризується тим, що верхній шар охолоджується і стає можливим перемішування усієї товщі води (осінь);

3 фаза – поверхня водойми покрита льодом, а температура води складає $0-1^{\circ}\text{C}$ (зима);

4 фаза характеризується тим, що лід розтає, а температура води вирівнюється і знову відбувається її перемішування (рис. 3.1).

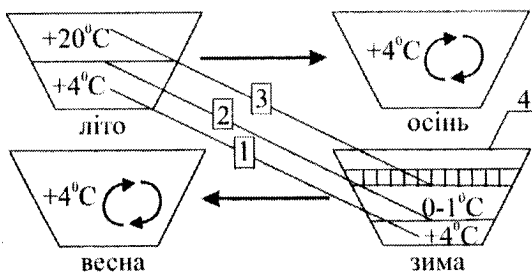


Рис. 3.1. Річний хід стратифікації водойми помірних широт: 1 – гіполімніон – нижній шар; 2 – металімніон – термоклин; 3 – епілімніон – верхній шар; 4 – лід

Таким чином, водна маса у водоймах має характер стратифікованої гідрологічної структури, до якої належать верхній прогрітий шар води (епілімніон), середній шар стрибка температури (металімніон) та нижній, найхолодніший (гіполімніон).

Період температурної стратифікації, при якому циркуляція вод не відбувається, називається періодом *стагнації*. В озерах та інших водоймах з повільною течією води такий стан може спостерігатись у зимовий і літній періоди року. У період зимової стагнації більш тепліша вода зосереджується в придонних шарах, у період літньої – навпаки. Під час стагнації виникає киснева дихотомія, при якій вміст кисню в поверхневих шарах води значно більший, ніж у глибинних [34].

Коливання температури води значні. Загальний діапазон температур, за якого можливе життя у водному середовищі, коливається у широких межах –

від $-7,5$ до $+93^{\circ}\text{C}$. Температура в прісних водах може змінюватися протягом року від 0 до 30°C і вище, а в морях – від мінус 2 до плюс $20-30^{\circ}\text{C}$ [12].

На глибинах температура океанічної води постійна протягом всього року і лежить в межах від $-1,7$ до -2°C . Температура поверхневих вод океанічної води залежить від їх географічного положення, сезону, характеру течій і багатьох інших факторів. У тропічній зоні вона досягає $26-27^{\circ}\text{C}$, на широті 40° опускається до $13-14^{\circ}\text{C}$, у приполярних зонах падає до 0°C і нижче. У тропічних і помірних водах температура з просуванням у глибину знижується, у полярних – дещо підвищується. Значні коливання температури води поверхневого шару спостерігаються у помірних зонах, що пов'язано зі зміною сезонів року. З глибиною ці коливання все більш зменшуються і на глибині $300-400$ м зникають.

Розподіл температури води на поверхні океанів підлягає закону широтної зональності. Цей розподіл показують на картах за допомогою ізотерм – ліній однакової температури. Загальний зональний розподіл температури порушується течіями, річками, які впадають в океани і моря та льодовими процесами.

Найбільша температура води на поверхні Світового океану спостерігається в екваторіальній зоні, дещо на північ від екватора. Лінія найвищої температури води називається *термічним екватором*. Поблизу нього річна температура води рівна $27-28^{\circ}\text{C}$. Ця лінія зміщується на кілька градусів широти на північ влітку і на південь – взимку [12].

Найбільші значення середньорічних і добових температур в Індійському і Тихому океанах перевищують 29°C , а в Атлантичному досягають 28°C . Середня температура води на поверхні Світового океану – $17,4^{\circ}\text{C}$, Тихого – $19,1^{\circ}\text{C}$, Індійського і Атлантичного – 17 і $16,9^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Поверхневі води Світового океану прогріваються нерівномірно і у зв'язку з цим у ньому розрізняються (до глибин $400-500$ м) п'ять температурних зон: *тропічна*, *корeальна*, що лежать від неї на північ, *нотальна*, що лежить на південь від тропічної, дві приполярні – *арктична* та *антарктична* [12].

Відповідно до району океану позначають комплекси організмів, які їх населяють: арктичні, бореальні, тропічні, нотальні та антарктичні. Різні види риб живуть за різних коливань температури води. Температурні умови, за яких усі життєві процеси перебігають в організмі нормально, називають оптимальними. Види, які адаптовані до існування у широкому температурному діапазоні (понад $10-15^{\circ}\text{C}$), називаються *евритермними*, у вузькому – *стенотермними*. Останні можуть бути теплолюбивими або термофільними та холодолюбивими або кріофільними (приполярні організми).

Таким чином, температура водного середовища є одним із найважливіших абіотичних факторів у житті гідробіонтів. Вона впливає на географічний розподіл, зональне розповсюдження, швидкість і характер перебігу різних життєвих процесів гідробіонтів (інтенсивність ферментативних процесів, характер обміну речовин, тощо) визначаючи ріст і розвиток. Також вона є зовнішнім стимулом для вегетації рослин, міграцій, нересту та зимівлі гідробіонтів. З одного боку, переважна більшість гідробіонтів чутлива до зміни температури, з іншого – термічні умови, в яких існують водні організми у водоймах, надзвичайно різноманітні.

3.4. Роль світла у функціонуванні гідроекосистем

Інсоляція – притік сонячної радіації (в калоріях) на одиницю площі горизонтальної поверхні (1 cm^2) за одиницю часу. Світло надходить до земної поверхні у вигляді *прямої* і *розсіяної сонячної радіації*, які разом оцінюються як сумарна радіація. На її видиму частину спектру припадає близько 48%, на інфрачервоне випромінювання – 45%, а на ультрафіолетове – 7% [34].

З урахуванням потоку сонячної радіації, відбитого атмосферою і поверхнею Землі, потужність сонячної радіації, що досягає поверхні нашої планети, становить близько 150 Вт/м^2 . Найбільша кількість сонячної енергії надходить до Землі в екваторіальних і тропічних зонах, найменша – в арктичних та антарктичних.

Проникнення сонячного світла в товщу води залежить від інтенсивності радіації в різні періоди року, що відрізняються висотою сонцестояння. Світловий промінь, що падає на водну поверхню, відбивається і заломлюється, підлягає дифракції, поляризації і спектральному розщепленню. Крім того, він поглинається під час проходження через товщу води (абсорбція світла) і відбивається від завислих частинок, внаслідок чого на різні горизонти припадає різна кількість сонячної енергії, а це зумовлює зниження освітленості з глибиною [41].

Світлові промені з різною довжиною хвилі поглинаються і розсіюються водним середовищем неоднаково. Найбільш інтенсивно поглинаються інфрачервона і ультрафіолетова частини спектру. Практично уся радіація цих видів поглинається у верхньому метровому шарі води. Із видимої частини спектру найбільш інтенсивно поглинаються водою промені з великою довжиною хвилі.

У чистій воді на глибину 10 м проникає всього 2% червоних променів, жовтогарячих – 8%, жовтих – 32%, а синіх – 75%. На глибинах понад 500 м присутні лише фіолетові промені та розповсюджуються до глибини близько 1500 м [41].

Проникненню світла вглиб водойм перешкоджає процес розсіювання сонячних променів. Розсіювання світла відбувається завдяки відбиттю світлових променів від різних завислих у воді часток, а також внаслідок відбиття їх від молекул самої води. Розсіюються переважно короткохвильові промені.

З умовами освітлення дуже тісно пов'язане вертикальне розподілення рослинності як донної, так і пелагічної. У процесах фотосинтезу найбільше значення мають червоні і жовті промені, тобто промені, котрі водою поглинаються найшвидше. Тому рослини можуть існувати тільки в тих шарах водойм, куди ці промені проникають у достатній для фотосинтезу кількості.

У морських водоймах межею масового розповсюдження рослин є глибини близько 100 м – тут повністю зникають червоні, жовтогарячі та жовті промені і залишаються лише сліди зелених. Лише деякі рослинні організми мешкають на глибинах 200–350 м [34, 41].

У прісних водоймах внаслідок значно меншої прозорості рослинність звичайно зустрічається не нижче 30 м. У зв'язку з великою різноманітністю континентальних водойм ця межа суттєво коливається.

Прозорість води змінюється в залежності від сезону, концентрації розчинених органічних, переважно забарвлених (гумінові кислоти, фульвокислоти тощо) речовин, завислих частинок, кількості планктонних організмів, заростей вищих водних рослин, глибини водойм та багатьох інших причин.

У нестратифікованих водоймах прозорість води знижується у придонному шарі внаслідок зростання каламутності, яка пов'язана з порушенням донних ґрунтів, у стратифікованих найбільша прозорість води спостерігається у гіполімніоні, а найменша – у зоні максимального розвитку фітопланктону. Знижується прозорість води в зоні термокліну за рахунок більш високої її щільності та затримки детриту. Верхній шар води, в якому є достатня кількість світла для синтезу рослинами органічної речовини з використанням сонячної енергії, називається *фотичним*, нижній шар, куди не надходить сонячна енергія, – *афотичним*. Зона проникнення світла, в якій інтенсивність фотосинтезу перевищує інтенсивність дихання рослин, має назву *евфотичної зони*. Її нижня межа, де фотосинтез урівноважує інтенсивність дихання, називається *компенсаційним горизонтом* [34].

Сонячна енергія перерозподіляється між поверхнею Землі й атмосфери, між океаном і сушею. При цьому природні води виступають і як поглинач, і як регулятор сонячної енергії, що надходить, і як фактор перерозподілу на Землі [16].

Отже, сонячна радіація відіграє виключно важливу роль у функціонуванні водних екосистем. З нею пов'язана поведінка і розселення гідробіонтів у біотопах. Серед них є організми, які інтенсивно розвиваються у верхніх шарах води, куди надходить найбільше сонячної енергії. Інші процеси, які протікають за участю сонячної енергії, не пов'язані безпосередньо з перетворенням сонячного світла в енергію хімічних сполук. Світло може виступати як інформативний фактор, що керує поведінкою водних рослин і тварин. У водних тварин репродуктивні цикли теж пов'язані з фотоперіодичними реакціями, опосередкованими через пігментні системи. Такі реакції водних організмів, як фототаксис та фототропізм, залежать від освітлення водойм. З освітленням водойм пов'язана будова тварин, розвиток органів зору, чуття та забарвлення. Водні тварини проживають у різних світлових режимах. У багатьох організмів реакція на світло змінюється в процесі розвитку: на ранніх стадіях розвитку тварини населяють поверхневі горизонти, а дорослі особини – ділянки водойм з меншою освітленістю та навпаки [12, 34, 41].

3.5. Сольовий склад прісних і морських вод

Прісні води – природні води з низьким вмістом солей (меншим за 1‰ (1 г/дм³ або 1000 мг/дм³)), придатні для забору та очищення з метою виробництва питної води.

Солоні води – природні води з мінералізацією від 25 до 50‰ (за О. О. Альокінім).

Всі природні води за переважаючим аніоном поділяються на три класи:

- *гідрокарбонатні* з переважанням іонів HCO_3^- ;
- *сульфатні* з переважанням сірчанних сполук;
- *хлоридні* з переважанням іонів Cl^- .

За ними визначають у загальних рисах гідрохімічну характеристику води.

До першого класу належить більша частина маломінералізованих вод річок, озер і деяких підземних вод. До третього – переважно високомінералізовані води океану, морів, соляних озер, підземні води закритих структур тощо. Води другого – сульфатного класу за поширеністю й мінералізацією є проміжними між гідрокарбонатними і хлоридними.

За класифікацією О. О. Альокіна кожний клас поділяється за переважаючим катіоном на три групи вод – кальцієву, магнієву і натрієву, кожна група – на чотири типи вод.

Перший тип характеризується відношенням $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Води цього типу лужні, м'які, утворюються при розчиненні продуктів вивітрювання вивержених порід, які містять значну кількість натрію і калію. Також можуть

утворюватися за рахунок обмінних реакцій між кальцієм вод і натрієм у вбирному комплексі порід.

Другий тип характеризується співвідношенням $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$. Води цього типу формуються при взаємодії з деякими осадовими породами і продуктами вивітрювання корінних порід. До цього типу належить більшість вод річок, озер і підземних вод малої та помірної мінералізації.

Третій тип характеризується співвідношенням $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Генетично води цього типу є змішаними і метаморфізованими, формуються в результаті випаровування молекул води і катіонного обміну (звичайно Na^+ розчину на Ca^{2+} і Mg^{2+} ґрунтів і порід). До них належать води океану, морів, лиманів, багатьох соляних озер, більшість сильномінералізованих вод.

Четвертий тип характеризується виразом $\text{HCO}_3^- = 0$, тобто води цього типу кислі й не належать до класу гідрокарбонатних вод, а лише сульфатного і хлоридного класів у групах Ca^{2+} і Mg^{2+} . Кислі води формуються при вивітрюванні та розробці сульфатних родовищ і багатих на сульфіди вугільних покладів; при вулканічній діяльності (кратерні озера, гарячі джерела); при активних сульфатредуквальних процесах (води грязьових вулканів і нафтових родовищ); у північних і вологих регіонах (тундрові води, торф'яників і лісів).

Класи, групи і типи позначаються відповідними символами. Клас – аніонами: символ С- HCO_3^- , символ S- SO_4^{2-} , відповідно Cl-Cl; група – катіонами: Na^+ , Ca^{2+} , і Mg^{2+} ; тип – римською цифрою.

Класифікація В. О. Олександрова стосується мінеральних і лікувальних вод, які поділено на 5 класів за аніоном, кількість якого перевищує 12,5%-екв (якщо вважати суму еквівалентних аніонів за 50%). Кожний клас поділено за переважаючими катіонами. До перших чотирьох класів належать: *гідрокарбонатний, сульфатний, хлоридний і нітритний*. П'ятий клас – *змішаний* – об'єднує води, які мають різні аніони у кількості 12,5%-екв.

Крім зазначених п'яти класів, відмінних за іонним складом, передбачається й розподіл вод за їхніми особливостями:

– *води з активними іонами:*

- а) залізисті ($\text{Fe} > 10 \text{ г/дм}^3$);
- б) арсенисті ($\text{As} > 1 \text{ мг/дм}^3$);
- в) йодо-бромисті ($\text{Br} > 25 \text{ мг/дм}^3$, $\text{I} > 10 \text{ мг/дм}^3$);
- г) кремністі ($\text{H}_2\text{SiO}_3 > 50 \text{ мг/дм}^3$);
- д) з іншими активними іонами (F, B, Li, Co тощо).

– *газові води:*

- а) вуглекислі ($\text{CO}_2 > 0,75 \text{ г/дм}^3$);
- б) сірководневі ($\text{H}_2\text{S} > 10 \text{ мг/дм}^3$);
- в) радонові (радону $> 13,4 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$);

г) інші (азотні, метанові тощо).

– термальні води:

а) теплі ($t = 20\text{--}37^\circ\text{C}$);

б) гарячі ($t > 37^\circ\text{C}$) [43].

Жорсткість природної води зумовлюється вмістом у ній кальцію та магнію. Залежно від загальної твердості розрізняють воду: дуже м'яку – до 1,5 мг-екв/л; м'яку – 1,5–3,0 мг-екв/л; помірно-тверду – 3–6 мг-екв/л; тверду – 7–9 мг-екв/л; дуже тверду – понад 9 мг-екв/л.

Загалом, під *солоністю* розуміють сумарну концентрацію усіх розчинених у воді мінеральних речовин. Вміст солей у прісних водах виражається в міліграмах на дециметр кубічний (мг/дм³), солонуватих і морських – в промілліе (‰). 1‰ відповідає концентрації 1 грам на дециметр кубічний (г/дм³) [13].

Поняття солоність води близьке до поняття мінералізації (тМ, г/л), яке використовується для річкових вод. Однак у річкових водах міститься значно менше хімічних компонентів, тому використовуються різні одиниці вимірювання. Наприклад, середня солоність Світового океану (34‰) виражена через мінералізацію, дорівнювала б 34 000 мг/ дм³. У морській воді переважають хлориди, багато сульфатів і мало карбонатів. У річковій воді, навпаки, дуже багато карбонатів і мало хлоридів. Вода озер також відрізняється за вмістом солей. Так, солоність озерної води змінюється від 14 мг/дм³ (майже дистильована вода) до високої концентрації насичених та перенасичених розчинів, які містять до 300–350 т солі на 1 кг води [14].

Значною мірою на хімічний склад озерних вод впливають біологічні процеси, котрі відбуваються в озерних водах. Вони сприяють утворенню солей фосфору, азоту, кремнію, частково заліза, за рахунок їх в озерній воді утворюються органічні сполуки (гумінові кислоти, амінокислоти, спирти, жирні кислоти тощо).

У соляних або мінеральних озерах вміст солей часто настільки близький до насичення, що подальше його зростання спричиняє кристалізацію. Сольовий склад та солоність озерної води не залишаються постійними, вони змінюються як за площею, так і в часі (за сезонами року). Зміна солоності та сольового складу площі озера залежить від розмірів приток, що впадають в озеро.

Солоність озерних вод змінюється внаслідок зміни співвідношення елементів хімічною та водного балансу і зміни об'єму водної маси озера. Із зменшенням об'єму озера та зі збільшенням проточності мінералізація озерних вод значно коливається. У безстічних озерах сезонні коливання мінералізації ще різкіші.

Крім сезонних, в озерах мають місце і річні коливання мінералізації води. Так, у посушливі роки мінералізація вод безстічних озер збільшується, а у

вологі зменшується. Уповільнений водообмін, котрий є характерною і гідрологічною особливістю озер, спричиняється до неоднорідності як мінералізації, так і хімічного складу окремих частин озера і по вертикалі. Найбільші відхилення у мінералізації спостерігаються в прибережній смузі – у затоках, бухтах, особливо якщо в них впадають річки. На хімічну неоднорідність по вертикалі значно впливають термічна шаруватість і густина [14].

Усі природні води поділяються на *прісні* (до 1,0‰), *солонуваті* (1,0–30‰), *солоні*, або *морські* (30–40‰) і *ультрагалінні*, або *пересолені* (мінералізація перевищує 40‰). Прісні води, у свою чергу, поділяються на *гіпогалінні* (менше 0,5‰), *олігогалінні* (0,5–1,0‰), а солонуваті – на *мезогалінні* (1–18‰) і *полігалінні* (18–30‰) [34].

Серед дослідників немає єдиної думки щодо принципів розподілу природних вод за мінералізацією. В. К. Хільчевським була запропонована класифікація поверхневих вод за мінералізацією, в якій значною мірою враховані практичні та екологічні вимоги при використанні вод (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Класифікація природних вод за ступенем мінералізації [43]

Води	Ступінь мінералізації		Автор класифікації
	г/дм ³	‰	
Прісні	< 1,0		В.І. Вернадський (1933–1936)
Солонуваті	1,0–10,0		
Солоні	10,0–50,0		
Розсоли	> 50,0		
Прісні	< 1,0	< 1,0	І.К. Зайцев (1945, 1972)
дуже прісні		< 0,1	
нормально прісні		0,1–0,5	
тверді прісні	0,5–1,0		
Солоні	1,0–36,0	1,0–35,0	
солонуваті		1,0–3,0	
слабосолоні		3,0–10,0	
сильно солоні		10,0–35,0	
Розсоли	> 36,0	> 36,0	
дуже слабкі		35,0–70,0	
слабкі		70,0–140,0	
міцні		140,0–270,0	
дуже міцні		270,0–350,0	
надміцні		> 350,0	

Надпрісні	< 0,01		М.С.Гуревич і Н.І.Толстіхін (1961)
Прісні	0,01–1,0		
найпрісніші	0,01–0,03		
дуже прісні	0,03–0,1		
нормально прісні	0,1–0,5		
пріснуваті	0,5–1,0		
Солонуваті	1,0–10,0		
слабосолонуваті	1,0–3,5		
сильносолонуваті	3,5–10,0		
Солоні	10,0–50,0		
слабосолоні	10,0–35,0		
сильносолоні	35,0–50,0		
Розсоли	> 50,0		
слабоконцентровані	50,00–100,0		
міцні	100,0–270,0		
дуже міцні	270,0–350,0		
надміцні	> 350,0		
Ультрапрісні	< 0,2		О.М. Овчинников (1954)
Прісні	0,2–0,5		
Води з підвищеною мінералізацією	0,5–1,0		
Солонуваті	1,0–3,0		
Солоні	3,0–10,0		
Води з підвищеною солоністю	10,0–35,0		
Прісні		< 1,0	О.О.Альокін (1970)
Солонуваті		1,0–25,0	
Морської солоності		25,0–50,0	
Розсоли		> 50,0	
Прісні	< 1,0		Комісія ЮНЕСКО з використання солоних вод
Мінералізовані	1,0–3,0		
Слабосолоні	3,0–10,0		
Середньосолоні	10,0–35,0		
Океанічні	35,0		
Розсоли	> 35,0		

Дуже прісні	< 0,1		
Помірно прісні	0,1–0,6		
Прісні з підвищеною мінералізацією	0,6–1,0		
Слабосолоні	1,0–3,0		В.К. Хільчевський (2003)
Середньосолоні	3,0–15,0		
Солоні	15,0–35,0		
Сильносолоні	35,0–50,0		
Розсоли	> 50,0		

Загалом, солоність води є визначальним чинником у адаптації водних організмів до умов середовища. Саме за вмістом солей у воді можна поділити гідробіоти на морських і прісноводних. Виходячи з адаптивних можливостей до витримування коливань солоності води прісноводні і морські організми поділяють на евригалінні і стеногалінні. *Евригалінні* – це гідробіоти, пристосовані до існування в умовах значних змін солоності води. *Стеногалінні* гідробіоти живуть в умовах дуже незначних змін солоності води. Відхилення солоності від фізіологічного оптимуму викликає у них різні порушення функціонування організму і навіть загибель.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть основні властивості води.
2. Дайте визначення температурна стратифікація водойм?
3. Яка роль світла в житті водних екосистем?
4. Від чого залежать процеси поглинання і розсіювання світла у водоймах?
5. У чому відмінність прісних вод від морських?
6. Які солі визначають жорсткість води?
7. Проаналізуйте класифікацію природних вод за ступенем мінералізації.

РОЗДІЛ 4. КОМПОНЕНТИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ

- 4.1. Розчинні гази у природних водах.
- 4.2. Розчинені органічні та завислі речовини.
- 4.3. Активна реакція води (рН).
- 4.4. Біогенні елементи у гідроекосистемах.

4.1. Розчинні гази у природних водах

Розчинені гази завжди присутні у природних водах. Хоча газ розчинний у воді, але у разі надлишку частина його може перебувати у вільному (спонтанному) стані, тобто у вигляді маленьких бульбашок. Поглинання і виділення газу водою – найважливіший фізико-хімічний і фізичний процес, який супроводжується зміненням іонно-сольового складу води.

Розчинність газів у воді залежить від природи газу, температури, тиску і мінералізації води. Залежність розчинності газу від тиску зумовлюється законом Генрі–Дальтона: розчинність газів у даному об'ємі рідини (при постійній температурі) прямопропорційна тиску газу. Але за умов високого тиску розчинність газів не має чіткої залежності від тиску, особливо для високих температур. Оскільки з підвищенням температури розчинність газів знижується [34].

Походження газів зумовлене наступними факторами:

- складом атмосфери (азот N_2 , кисень O_2 , аргон Ar та інші інертні гази, діоксид вуглецю CO_2);
- біохімічними процесами (діоксид вуглецю, метан CH_4 та інші важкі вуглеводні, сірководень H_2S , азот N_2 , водень H_2);
- процесами дегазації мантії й метаморфізацією гірських порід у глибинних шарах земної кори при високих температурах і тиску (CO_2 , оксид вуглецю CO , H_2S , H_2 , CH_4 , аміак NH_3 , хлористий водень та інші сполуки водню з галогенами та бором).

Перша група газів характерна переважно для поверхневих вод, дещо менше – для підземних, друга – для поверхневих і підземних вод, третя – переважно для підземних. Найпоширенішими у поверхневих водах є кисень і діоксид вуглецю, а в підземних – сірководень і метан.

За поширеністю гази умовно поділяються на такі групи:

- досить поширені, утворюють великі скупчення – N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 ;
- менш поширені, лише окремі утворюють невеликі скупчення – H_2 , H_2S , He , Ar , BB (важкі вуглеводневі гази);
- локально поширені, утворюють скупчення лише в момент формування –

NH_3 , SO_2 , HCl , HF та інші агресивні гази третьої групи, які швидко вступають у реакції з породами навколишнього середовища і втрачають своє значення як газоподібні компоненти [43].

Кисень. Кисень є сильним окисником і відіграє особливу роль у формуванні хімічного складу природних вод. У природних водах міститься у вигляді розчинених молекул, має високу активність, а в чистому вигляді у значних кількостях міститься лише в атмосфері [10, 14].

Розчинність атмосферного кисню у воді залежить від температури, солоності і атмосферного тиску. Обмін з атмосферою має динамічний характер і включає два етапи: *інвазію* – надходження кисню у воду з повітря і *евазію* – перехід кисню в атмосферу при перенасиченні ним поверхневого шару води. Обмін киснем між водним середовищем і атмосферою прискорюється при турбулентному перемішуванні водних мас, а також в умовах впливу вітру на поверхню води [34].

До чинників, які знижують вміст кисню у воді, належать ті, що пов'язані зі споживанням його на окиснення органічних речовин: біологічні (дихання організмів), біохімічні (дихання бактерій, втрата кисню при розкладанні органічних речовин) і хімічні (окиснення Fe_2^+ , Mn_2^+ , NO_2 , H_2S тощо) [43].

Важливе значення має розчинений кисень у природних водах, оскільки визначає ступінь аерованості води і можливість існування у ній життя. Концентрації O_2 у природних водах коливається у певних межах, які лімітуються законом Генрі–Дальтона (0–14 мг/дм³) і рідко їх перевищує. Залежність синтезу від освітлення й температури створює періодичні постійний та добові коливання вмісту кисню. Максимальна кількість кисню протягом доби спостерігається в другій половині дня, мінімальна – вранці. Протягом року значні зміни трапляються у літній період, коли підвищення температури води призводить до зниження розчинності кисню, незважаючи на його високе продукування при фотосинтезі. Тому влітку вміст кисню менший, ніж взимку.

Кисневий режим водойми залежить від температури. Коефіцієнт розчинності, або абсорбції кисню при температурі 0°C становить 0,04898. За нормального вмісту кисню у повітрі (210 мл O_2 в 1 л повітря) вміст кисню у 1 л води становитиме 10,29 мл O_2 [34].

При перерахунку об'єму розчиненого у воді кисню в його вагові величини, необхідно врахувати, що 1 л кисню важить 1,43 г.

Для виявлення впливу процесів фотосинтезу зручніше виражати значення кисню не лише в абсолютній формі (мг/дм³), а й у відносній, яка показує ступінь насичення води киснем, %:

$$\text{O}_2 = (a \cdot 100 \cdot 760) / (N \cdot p),$$

де a – кількість кисню в мг/дм³, визначена за аналізом;

N – нормальна концентрація кисню за даної температури, мінералізації й тиску 760 мм рт. ст.;

p – тиск атмосфери даної місцевості.

За рахунок інвазії атмосферного кисню максимальне насичення не може перевищувати 100%. Більші значення вмісту кисню виникають внаслідок фотосинтетичної діяльності водоростей і вищих водних рослин, за рахунок якої насиченість води киснем може досягати 150–200% і навіть більше. Якщо насиченості води киснем менше 100% це свідчить про несприятливі умови для його інвазії з повітря, знижене утворення за рахунок фотосинтезу та значне витрачання на окиснення і біологічний розклад (деструкцію) органічних речовин [34]. Зазвичай, перевищення нормального вмісту кисню у воді досягає кількох відсотків і нормалізується завдяки перемішуванню водних мас.

Кисневий режим водойм та їх окремих зон залежить від багатьох факторів. Розглянемо зміну кисневого балансу при одночасному протіканні процесів споживання і розчинення кисню (рис. 4.1).

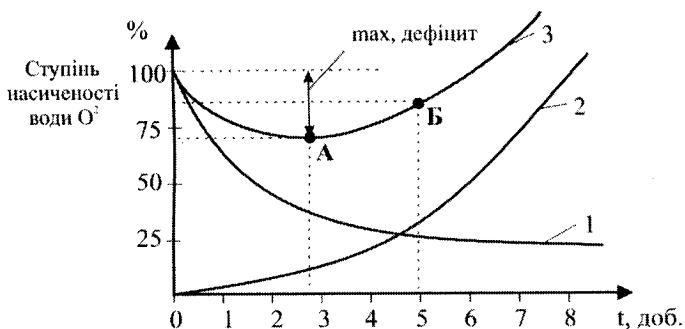


Рис. 4.1. Зміни кисневого балансу: 1 – ступінь споживання кисню без реаерації; 2 – процес реаерації; 3 – рівняння дефіциту кисню; А – критична точка максимального дефіциту; Б – точка максимальної швидкості відновлення кисню

При підвищенні температури води швидкість споживання кисню зростає, а так як швидкість реаерації при цьому майже не змінюється, то влітку спостерігаються мінімальні концентрації кисню. Влітку вміст кисню менш сприятливий ніж взимку при відсутності крижаного покриву. Крижаний покрив у зимовий період призупиняє аерацію, внаслідок цього вміст кисню зменшується. За таких умов спостерігаються випадки загибелі риби [34, 45].

У помірних широтах Світового океану на глибині 100–1000 м зазвичай знаходиться зона мінімальної концентрації кисню (оксиклін), де його кількість часто знижується до 10–15% (рис. 4.2).

З глибиною концентрація кисню знову підвищується. Існування зони різкого дефіциту пояснюється застоєм води у результаті загасання глибинних течій, наявності термокліну й збільшенні кількості організмів, що використовують кисень для дихання.

Вміст розчиненого у воді кисню змінюється залежно від температури (зі зниженням температури підвищується розчинність кисню і навпаки), атмосферного тиску (чим вищий тиск, тим більша розчинність кисню), інтенсивності перемішування водних шарів (на більших глибинах кисню менше, ніж у поверхневих шарах), солоності (чим вище солоність, тим менше розчиняється кисень).

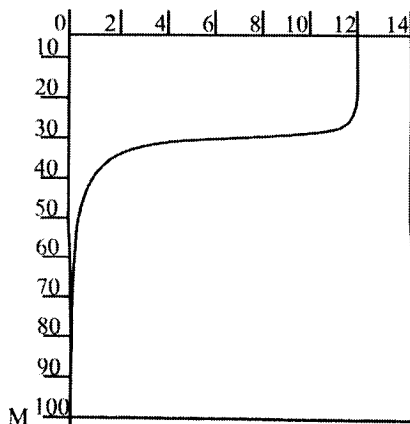


Рис. 4.2. Зона кисневого стрибка (оксиклін)

Кисневий режим водойми залежить від вмісту у воді органічних речовин. Чим більше у воді органічних речовин, тим більше витрачається кисню на їхнє окиснювання в процесі розкладання, а отже, тим менше залишається у воді розчиненого кисню. Нестача кисню викликає масову загибель риб (задуху). У замкнених непротічних водоймах, особливо взимку, коли крижаний покрив перешкоджає проникненню у воду кисню з повітря, задухи бувають особливо часто [12, 34].

Серед водних мешканців багато видів, здатних переносити істотні коливання вмісту кисню у воді, аж до майже повної його відсутності (*евріоксифанти* – «окси» – кисень, «біонт» – мешканець). До них відносяться, наприклад, прісноводні олігохети *Tubifex tubifex*, червоногі моллюски *Viviparus*

viviparus. Серед риб дуже слабке насичення води киснем можуть витримувати сазан, лин та карась. Разом із цим ряд видів – *стеносибіонти* – можуть існувати лише за достатньо високого насичення води киснем (райдужна форель, кумжа, голянь, війковий черв *Planaria alpina*, личинки одноденок, веснянок тощо). Багато видів здатні за нестачі кисню впадати в неактивний стан – *аноксибіоз* – і таким чином переживати несприятливий період.

Для нормального розвитку риб необхідно мінімум 5 мг/дм^3 кисню, а зниження концентрації газу до 2 мг/дм^3 призводить до їх масової загибелі.

За потребою до вмісту розчиненого у воді кисню усіх риб можна розділити на чотири групи:

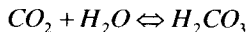
- риби, що живуть у воді з високим вмістом кисню – $7\text{--}8 \text{ мг/дм}^3$ і відчують нестачу кисню за вмісту його у воді в кількості $4\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$ – лососеві (рухливі);
- риби, що вимагають порівняно високих концентрацій кисню у воді – $6\text{--}7 \text{ мг/дм}^3$, але здатні жити й за вмісту його $5\text{--}6 \text{ мг/дм}^3$ – осетрові;
- риби, які можуть жити у воді з невеликою кількістю кисню – $4\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$ – сазан, лящ, судак тощо (менш рухливі порівняно з лососевими);
- риби, які можуть жити за дуже низького вмісту кисню у воді – $0,5 \text{ мг/дм}^3$ – золотий карась [12].

Для більшості вищих водних рослин мінімальна концентрація кисню в ґрунтовій воді, при якій нормально функціонує коренева система, становить близько $1\text{--}2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. У повітряно-водних рослин стійкість до кисневого дефіциту вища, і це дозволяє їм нормально розвиватись і при нижчому вмісті кисню в перезволожених ґрунтах. Це пов'язано не тільки зі стійкістю корневих тканин до низького рівня кисню, але і з тим, що дефіцит кисню компенсується його переміщенням у корені з наземних частин рослин по їхній повітряноносній системі. Певну роль у цьому процесі відіграють і анаеробні прикореневі бактерії: вони виділяють невелику кількість кисню, який перебуває в безпосередньому контакті з корінням [34].

Таким чином, нормальне функціонування водних екосистем забезпечується лише за збалансованості прихідної й витратної частин кисневого балансу. У разі порушення цього процесу виникає низка негативних наслідків для водних екосистем (порушення процесів самоочищення і формування якості води, біологічної продуктивності, тощо). На перших етапах кисневий дефіцит виникає періодично і локально, однак за поглиблення порушень водних екосистемах зростає тривалість дефіцитного за киснем періоду і розширюється охоплена ним територія водної товщі.

Діоксид вуглецю. Діоксид вуглецю міститься у воді переважно у вигляді розчинених молекул газу CO_2 , частина яких (близько 1%) взаємодіє з водою,

утворюючи вугільну кислоту:



Головним джерелом CO_2 у природних водах є процеси окиснення органічних речовин з виділенням CO_2 . До них належать дихання водних організмів, різні види біохімічного розпаду й окиснення органічних залишків. Величезна кількість CO_2 утворюється при вулканічних виверженнях. Поглинання водою діоксиду вуглецю з атмосфери, на відміну від кисню, є важливим процесом для вод морів та океанів, менш суттєвим – для вод суші [14, 43].

Коефіцієнт абсорбції CO_2 при $t = 0^\circ C$ складає 1,713. За умови нормального вмісту газу в атмосфері (0,3 мг/л) і $t = 0^\circ C$ у 1 л води розчиняється 0,514 мл CO_2 .

Вміст CO_2 у воді, особливо у водах суші, зменшується при переході CO_2 в атмосферу. Так, CO_2 атмосфери регулює вміст CO_2 у поверхневих водах. Вміст діоксиду вуглецю насамперед зменшується при фотосинтезі.

У природних водах вміст діоксиду вуглецю змінюється від кількох десятків часток до 3–4 тис. мг/дм³. Найменша концентрація CO_2 спостерігається в поверхневих водах, особливо мінералізованих (моря, солоні озера), найбільша – у підземних і забруднених стічних водах. У воді річок і озер концентрація CO_2 рідко перевищує 20–30 мг/дм³. Вміст діоксиду вуглецю у поверхневих водах, який пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу, закономірно змінюється протягом року – зменшується навесні та влітку і зростає восени, до максимуму наприкінці зими. Подібні менш виражені зміни спостерігаються протягом доби [13, 14, 43].

Сірководень. Сірководень – горючий отруйний газ з неприємним специфічним запахом. H_2S є продуктом розпаду білкових речовин, які містять у своєму складі сірку. Розчинність H_2S значно вища, ніж інших газів, які містяться у воді.

Сірководень (H_2S) зустрічається, в основному, у підземних водах внаслідок процесів відновлення і розкладу деяких мінеральних солей (гіпсу, сірчаного колчедану і ін.). У поверхневих водах сірководень майже не зустрічається, так як він легко окислюється. Наявність H_2S у поверхневих водах свідчить про наявність процесів гниття або скид неочищених стічних вод.

Сірководень надає воді неприємного запаху, який відчувається при концентрації 0,5 мг/дм³. Крім того, сірководень (H_2S) і продукти його дисоціації HS^- і S_2^{2-} кількісно пов'язані між собою і за певних умов переходять один в одного. Ця рівноважна хімічна система залежить від рН води, яка визначається діоксидом вуглецю.

При нульовому парціальному тиску сірководню в атмосфері тривала присутність його в поверхневих водах неможлива. Крім того, сірководень легко окиснюється розчиненим у воді киснем, внаслідок чого в річках і озерах H_2S

може скупчуватися лише у придонних шарах, переважно взимку, коли затруднена аерація водної товщі. Сірководень трапляється також у деяких придонних морських водах у разі ускладнення вертикальної циркуляції (фіорди Норвегії, Аравійське море) або активної діяльності сірководневих бактерій (Чорне море) [43]. Значна кількість H_2S може накопичуватися на дні водойми (до 700 мг/дм^3).

Метан. Метан – горючий газ без кольору і запаху, набагато легший за повітря та має велику теплотворну здатність. CH_4 належить до газів біохімічного походження. Основним джерелом утворення метану є дисперсні органічні речовини у породах. Метан часто скупчується в значних кількостях під великим тиском у глибинних підземних водах закритих структур, з нафтоносними родовищами. У чистому вигляді він іноді утворюється в болотах при гнитті рослинності. У природних водах перебуває у молекулярнодисперсному стані і хімічно не взаємодіє з водою. Молекули метану неполярні, що зумовлює його низьку активність [14].

Метан найчастіше зустрічається у підземних водах внаслідок розкладання мікроорганізмами клітковини рослинних залишків. У поверхневі води може надходити внаслідок скиду неочищених стічних вод. Вміст метану в природних водах може досягати 70 мг/дм^3 .

4.2. Розчинені органічні та завислі речовини

Органічні речовини знаходяться в поверхневих водах у розчиненому, колоїдному і завислому станах, утворюючи своєрідну динамічну систему. У ній під впливом фізичних, хімічних і біологічних чинників безперервно відбуваються переходи цих речовин з одного стану в інший.

За походженням органічні речовини поділяються на ті, що надходять ззовні (з водозбірної площі), та інші, що утворюються безпосередньо у водоймі. До першої групи належать переважно органічні речовини, які надходять з промисловими і господарсько-побутовими стічними водами, і гумусові речовини, які вимиваються з ґрунтів торфовищ, лісового перегною тощо.

У невеликих кількостях присутні різні цукри, амінокислоти, вітаміни та інші органічні речовини, що виділяються в процесі життєдіяльності гідробіонтів. Загальна концентрація розчиненої органічної речовини у водах Світового океану коливається в межах від $0,5$ до $6,0 \text{ мг/дм}^3$. Із загальної кількості органічної речовини, на частку розчиненої доводиться $90\text{--}98\%$, а $2\text{--}10\%$ представлено у формі живих організмів детриту.

У процесі ґрунто- й торфоутворення залишки відмерлих рослин і меншою мірою тваринних організмів під впливом фізичних, хімічних і біохімічних чинників змінюються за складом. Іноді ці зміни за сприятливих умов відбуваються настільки глибоко, що приводять до повного розпаду органічної

речовини на простіші неорганічні сполуки. Проте, часто за умов обмеженого доступу кисню розкладання органічної речовини уповільнюється, тоді як утворена частина продуктів напіврозпаду мінералізується не повністю.

Під впливом хімічних і біохімічних процесів утворюються продукти вторинного синтезу – *гумус* або *перегній*.

Вміст гумусових речовин у морських водах складає 0,1–3 мг/дм³, в річкових – 20 мг/дм³, а в болотах – до 200 мг/дм³. Просторово-часовий розподіл гумусових речовин у поверхневих водах України значною мірою відповідає закону широтної зональності і тісно пов'язаний із зонально-генетичними особливостями гумусоутворення. Граничні умови розподілу гумусових речовин у поверхневих водах залежать від фізико-географічного розташування річкових басейнів, що визначає запаси гумусу в ґрунтах і його фракційно-груповий склад [37, 39].

Гумінові та фульвокислоти відокремлюються від гумусу завдяки розчинності у лугах, далі гумінова кислота може бути відокремлена від фульвокислоти підкисленням, яке приводить до випадання в осад. Елементарний склад наведених кислот у відсотках такий: гумінові – С – 52–62; Н – 3,0–4,5; N – 3,5–4,5; О – 32–39; фульвокислоти – С – 44–48; Н – 4,0–5,5; N – 1,5–2,5; О – 44–48 [47].

Гумінові кислоти – високомолекулярні сполуки, які включають циклічні утворення і ряд функціональних груп (фенолгідроксильні, карбоксильні, аміногрупи тощо). Гумінові кислоти мають колоїдні властивості. Вміст гумінових кислот у поверхневих водах звичайно складає десятки і сотні мікрограмів в 1 дм³ за вуглецем, досягаючи декількох міліграмів в 1 дм³ у природних водах лісових і болотистих місцевостей, додаючи їм характерне буре забарвлення.

Фульвокислоти – також високомолекулярні сполуки на зразок оксикарбонових кислот, проте з меншою кількістю вуглеводню більш вираженими кислотними властивостями. Вільна фульвокислота, виділена діалізом із підзолистого ґрунту, має рН = 2,6–2,8 [11, 18].

Важливо, що обидві кислоти характерні для гумусу, містяться в живих рослинних і тваринних тканинах. Співвідношення між ними у різних ґрунтах і торф'яниках неоднакове: у чорноземних переважають гумінові, а у підзолистих – фульвокислоти.

Природні води вимивають з ґрунту деяку частину гумусових речовин та інших проміжних продуктів розпаду й гумініфікації. Особливо легко це відбувається у ґрунтах, вбирний комплекс яких насичений воднем (кислі ґрунти). Тому води торф'яників і боліт завжди забарвлені в жовтий, а іноді – в коричневий колір. Після надходження в річки, які добре аеруються, а потім в

озера і моря, органічна частина складу води змінюється і розпочатий процес окиснення завершується для більшості органічних речовин переходом у прості неорганічні сполуки. Інша, стабільніша частина, залишається в розчинні й накопичується у водоймах.

При формуванні складу природних вод гумусові кислоти надзвичайно важливі. Маючи сильну кислотність, вони поряд із діоксидом вуглецю надають воді властивостей агресивності до гірських порід. Гумусові кислоти здатні утворювати комплексні сполуки з різними металами, особливо важкими, які завдяки цьому є однією з головних форм для перенесення багатьох мікроелементів природними водами.

Враховуючи той факт, що розчинні органічні речовини прісноводних екосистем на 65–90% представлені гумусовими речовинами [21], важливість їх у формуванні гідробіологічного режиму водойм очевидна й безперечна.

Інша група органічних речовин, які утворюються безпосередньо у водоймі, зумовлюється безперервними й одночасними процесами утворення *первинної органічної речовини* та її розкладання. Первинна органічна речовина продукується синтезуючими рослинами та хемосинтезуючими бактеріями. На основі цієї речовини організми, споживаючи її, утворюють складніші види органічної матерії. Виникає харчовий ланцюг: рослини → рослиноїдний зоопланктон і зообентос → хижий зоопланктон і зообентос → риби → великі хижі риби [37, 43].

Мірою вмісту у воді розчиненої органічної речовини служить перманганатна або біхроматна окислюваність (кількість кисню, яка йде на окиснювання органіки тими чи іншими хімічними сполуками). Внаслідок великої хімічної стійкості, основна маса розчиненої у воді органіки більшістю гідробіонтів у їжу не використовується.

Завислі речовини – це завислі у воді частинки органічного (бактерії, планктон та його органічні рештки, частинки торфу, рослин) та неорганічного (піщані й мулисті частинки) походження.

Розрізняють три головні джерела надходження завислих речовин у водні об'єкти:

- природні джерела, які пов'язані з континентальною ерозією;
- матеріали, що формується безпосередньо у водному об'єкті;
- антропогенні джерела, що виникають у результаті діяльності людини.

Розмір завислих речовин – від частинок мікрона до кількох міліметрів. Кількість завислих речовин зростає навесні внаслідок змиву з водозбору та влітку, внаслідок утворення органічних речовин; мінімум завислих речовин у водах взимку. З підвищенням концентрації завислих речовин (в г/м^3 або мг/дм^3)

збільшується каламутність води. Завислі речовини, що надійшли у водойми поступово осідають і формують донні ґрунти і відклади.

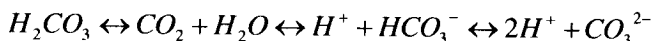
4.3. Активна реакція води (рН)

Активна реакція середовища формується розчиненими у воді різними хімічними речовинами і визначається концентрацією водневих іонів.

Водневий показник рН чисельно дорівнює від'ємному логарифму концентрації водневих іонів у водному розчині:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Постійна величина рН забезпечується у природних водах буферною системою, зумовленою розчиною у воді вугільною кислотою і гідрокарбонат-іонами HCO_3^- . Концентрація іонів водню прямопропорційна кількості H_2CO_3 і обернено пропорційна вмісту HCO_3^- . Таким чином, водневий показник рН у природних водах визначають в основному кількісним співвідношенням концентрацій вугільної кислоти та її іонів:



Концентрація іонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від показника рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин та тварин, процеси перетворення різних форм біогенних сполук та токсичність речовин [23]. Зокрема, зниження рН сприяє підвищенню розчинності карбонатів, сульфідів, фосфатів, важких металів, збільшенню їх міграції і доступності для засвоєння живими організмами, а також отруєнню. Для більшості риб оптимальним є рН = 6,7–8,6. Цей показник залежить від таких чинників як температура води, вміст органічних речовин, діяльність живих організмів тощо.

На величину рН може впливати підвищений вміст гумінових речовин, основних карбонатів і гідроксидів, що утворюються внаслідок поглинання CO_2 рослинами у процесі фотосинтезу, а в окремих випадках – і підвищений вміст солей, схильних до гідролізу та ін.

Коливання активної реакції середовища (рН) у водоймі бувають добові, сезонні та річні. Взимку значення рН для більшості річкових вод складає 6,8–7,4, улітку 7,4–8,2. Значний вплив на значення рН має кисень і діоксид вуглецю. Дихання організмів і процеси гниття, що відбуваються у водоймі, зменшують вміст розчиненого у воді кисню, збільшують концентрацію діоксиду вуглецю і тим самим сприяють зниженню активної реакції середовища [12].

Природні води залежно від рН поділяються на сім груп: *сильнокислі* (рН < 3), *кислі* (рН 3–5), *слабокислі* (рН 5–6,5), *нейтральні* (рН 6,5–7,5), *слабколужні* (рН 7,5–8,5), *лужні* (рН 8,5–9,5), *сильнолужні* (рН > 9,5).

У природній воді, яка є складним розчином, концентрація іонів водню залежить від дисоціації та гідролізу й інших сполук, крім води. Суттєвими для рН води є такі природні компоненти: діоксид вуглецю та його похідні, органічні гумусові кислоти, солі важких металів. Часто для рН води важливе значення має також забруднення вод промисловими стічними водами [14].

Показник рН належить до надзвичайно важливих індикаторів, які визначають наявність і форму перебування у водному розчині більшості хімічних елементів. Він є важливою константою біологічних процесів [43]. Величини рН, які найбільш характерні для природних вод наведені на рисунку 4.3.

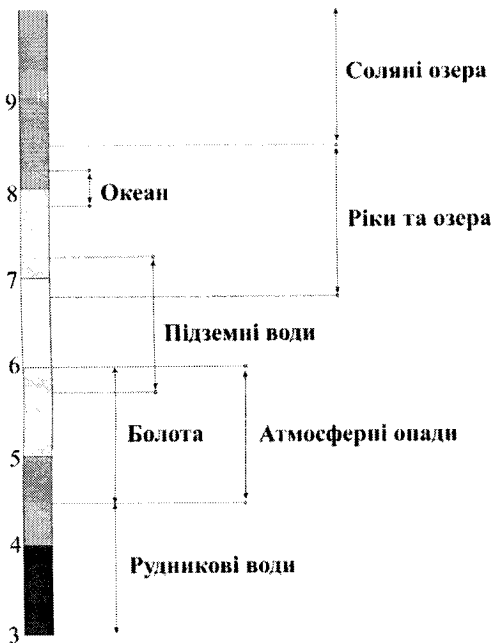


Рис. 4.3. Найхарактерніші для природних вод величини рН [14]

Отже, pH – міра активної кислотності середовища, яка обчислюється як негативний (узятий з оберненим знаком) десятковий логарифм активності водневих іонів, вираженої у молях на літр.

4.4. Біогенні елементи у гідроекосистемах

Біогенні елементи – хімічні речовини, які постійно входять до складу організмів і виконують певні біологічні функції. Для функціонування водних екосистем найбільш важливими біогенними елементами, що лімітують розвиток

водоростей, є азот і фосфор.

Азот знаходиться в поверхневих водах (у складі органічних і неорганічних сполук) у розчиненому, колоїдному і завислому стані та може під впливом різноманітних фізико-хімічних, біологічних факторів переходити з одного стану в інший. У поверхневих водах азот мігрує, в основному, у трьох формах: NO_3^- , NO_2^- та NH_4^+ . Нітрат-іон (NO_3^-) і нітрит-іон (NO_2^-) характерні для умов окислення, а іон амонію (NH_4^+) – відновлення. У природних гідроекосистемах вміст азоту інколи перевищує 10–15 ГДК. Підтримка його рівня у навколишньому середовищі, в тому числі і у поверхневих водах, забезпечується активною діяльністю мікроорганізмів автотрофної та гетеротрофної ланки в аеробних і анаеробних умовах.

Колообіг сполук азоту здійснюється за рахунок таких процесів: *азот-фіксації*, або біологічного засвоєння молекулярного азоту повітря, *амоніфікації*, або розклад (за участю мікроорганізмів) азотомісних органічних сполук (білків, нуклеїнових кислот, сечовини тощо) до утворення вільного аміаку (NH_3); *нітрифікації*, або окиснення аміаку і утворення нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-) та азотної кислоти (HNO_3). Завершується цикл азоту процесом *денітрифікації*, що включає мікробіологічне відновлення окиснених сполук азоту (NO_2^- , NO_3^-) до газоподібного азоту (N_2). На цій стадії частина азоту у вільному стані переходить в атмосферу. Денітрифікація запобігає надмірному накопиченню оксидів азоту, які можуть бути токсичними для гідробіонтів (рис. 4.4).

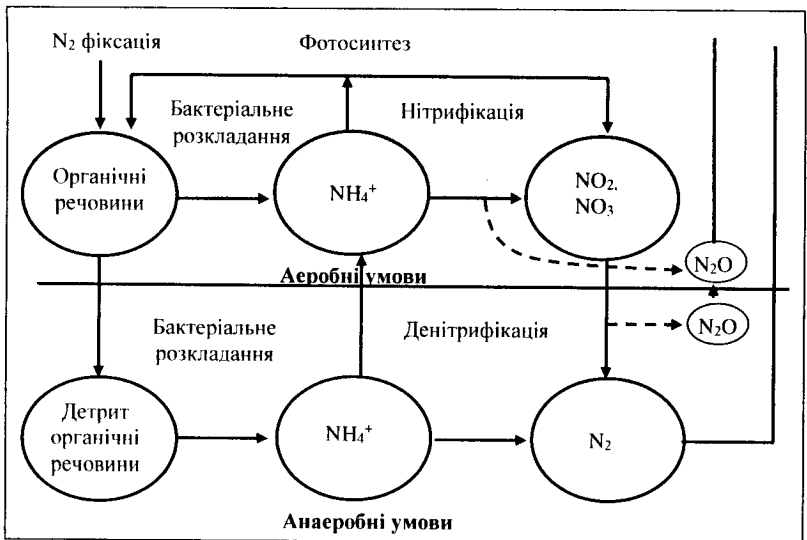


Рис. 4.4. Основні перетворення колообігу азоту (за [48])

Середня концентрація загального азоту в природних водах змінюється в широких межах і залежить від трофності водного об'єкта: для оліготрофних змінюється в межах 0,3–0,7 мг/дм³, для мезотрофних – 0,7–1,3 мг/дм³, для евтрофних – 0,8–2,0 мг/дм³

Фосфор знаходиться у природних і стічних водах переважно у формі фосфат-іонів. Останні класифікують на ортофосфати, конденсовані фосфати (піро-, мета- та інші поліфосфати), а також органічно зв'язані фосфати. Вони зустрічаються в розчинах, частково, або в детритах, або у складі водних організмів. Фосфор має один стабільний ізотоп і шість радіоактивних, з яких найбільше значення мають ³²P і ³³P. При взаємодії з киснем, галогенами, сіркою, металами фосфор має ступені окиснення +3, +5 та –3 (фосфорний ангідрид P₂O₅, фосфороводень PH₃).

Фосфор у розчиненому вигляді в природних водах міститься у дуже малих концентраціях (соті і десяті частки мгP/дм³) унаслідок високої рухливості його сполук. Вміст фосфатів у водоймах підлягає значним сезонним коливанням, оскільки залежить від співвідношення інтенсивності фотосинтезу і біохімічного окислення органічних речовин, показників рН, температури, іонної сили та ін.

Природними джерелами неорганічного фосфору є апатити та фосфорити. В морських і континентальних водоймах розчинений фосфор знаходиться у складі неорганічних і органічних сполук (рис. 4.5).

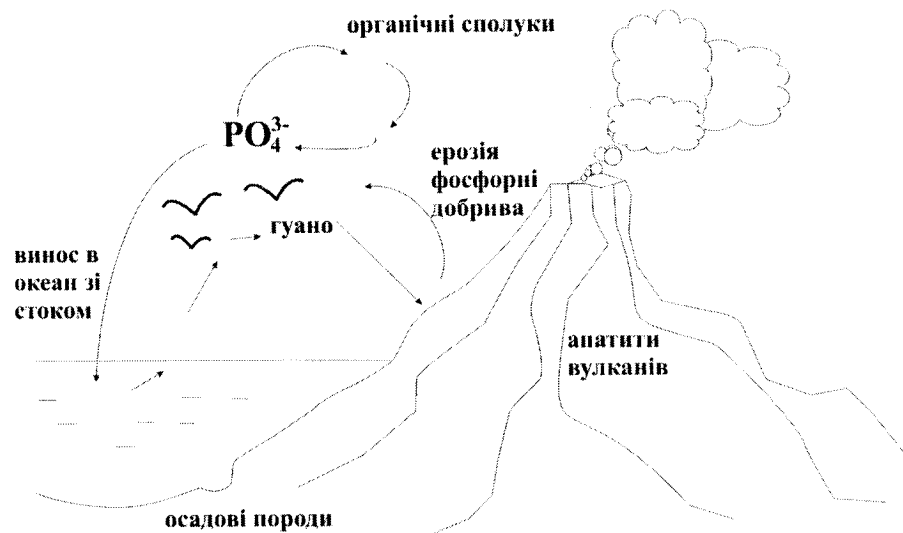


Рис. 4.5. Колообіг фосфору

Основними джерелами надходження сполук фосфору у водойми є атмосферні опади, поверхневий стік із забудованих територій, річковий стік, ерозія ґрунту, абразія (руйнування берега), донні відклади, континентальне вивітрювання, добрива, тваринні відходи і пряме захоронення фосфатів, дренажні води зрошувальних систем, притік фосфору із глибинних вод моря, а також в результаті азотфіксації і фотосинтезу гідробіонтів [49].

Вміст фосфору в природних водах у значній мірі залежить від його надходження ззовні та використання гідробіонтами. З водного середовища гідробіонти засвоюють фосфор у формі ортофосфату, поліфосфатів та фосфорних ефірів. Низькомолекулярні фосфорорганічні речовини можуть утилізуватися автотрофними організмами тільки після їхнього гідролізу на поверхні клітини за участю ферментів фосфатаз.

У морських водах неорганічний фосфор представлений в основному фосфорною кислотою H_3PO_4 та продуктами її дисоціації ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}). Останні можуть утворювати комплексні сполуки з іншими компонентами морської води. У ній також знаходяться різні форми органічного фосфору.

У континентальних водоймах найбільш рухливою і легко засвоюваною гідробіонтами формою неорганічного фосфору є ортофосфат-іон (PO_4^{3-}). Саме він включається в метаболічні цикли гідробіонтів – від мікроорганізмів до риб. На співвідношення окремих неорганічних сполук фосфору у воді істотно впливає активна реакція (рН). Так, при рН 7 і вище (лужне середовище) переважає ортофосфорна кислота – H_3PO_4 .

Найбільша кількість фосфору знаходиться в гідросфері у вигляді органічних сполук. Вони можуть входити до складу найдрібніших живих організмів і залишків мертвих тканин. Значна частина органічного фосфору акумулюється в донних відкладах та в розчинених у воді сполуках. Фосфор є неодмінною складовою біологічних рідин і тканин планктонів і бентонтів.

Поповнення вмісту неорганічного фосфору у воді відбувається за рахунок переходу органічного фосфору у неорганічні форми, які й засвоюються гідробіонтами. Саме завдяки цьому неорганічний фосфор водних екосистем розглядається як його проміжна форма у кругообігу фосфору в гідросфері.

В річкових і озерних водах на неорганічний фосфор в середньому припадає до 50% загальної кількості фосфору водного середовища. У прісноводних синьозелених водоростей родів *Microcystis* і *Anabaena* загальний вміст фосфору оцінюється відповідно в 0,52 і 0,53%; для зелених водоростей роду *Cladophora* цей показник становить 1,4%, а у водопериці – 0,52% в розрахунку на суху масу. В організмі водних тварин міститься значно більше фосфору, ніж у рослин. Для більшості планктонних гіллястовусих ці показники коливаються в межах 1,02–1,60%.

Про метаболічну роль фосфору свідчить той факт, що при низьких його концентраціях у воді процес фотосинтезу у водоростей і вищих водних рослин призупиняється.

Таким чином, фосфор необхідний для росту організмів і є поживним ресурсом, що визначає первинну продуктивність водойми. Для розвитку водоростей важливим є не лише підвищення концентрації азоту і фосфору у воді, а й співвідношення між ними N/P (азот/фосфор). Найінтенсивніше розвиток водоростей спостерігається при співвідношенні N : P = 20 : 1. Так, при значеннях N/P від 20 до 50 домінують Bacillariophyta або за відсутності кремнію – Chlogophyta. При зниженні N/P перевагу отримують Суанорфута.

Для найбільш чистих оліготрофних і мезотрофних озер характерне відношення азоту до фосфору як 30–40 : 1, для озер з сильно гуміфікованою водою це співвідношення може сягати 130 : 1, для евтрофних водойм воно знижується до 20–25 : 1, для гіперевтрофних – до 10–15 : 1 [12].

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основну роль кисню у житті водних екосистем?
2. Які фактори впливають на формування газового режиму водойм?
3. Якими показниками визначаються розчинені органічні речовини?
4. Шляхи надходження азоту і фосфору в природні води?
5. Яка роль біогенних елементів у житті водних екосистем?

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЗОНАЛЬНІСТЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

5.1. Екологічні зони Світового океану.

5.2. Екологічні зони озер.

5.3. Екологічні зони річок.

5.1. Екологічні зони Світового океану.

Світовий океан, який покриває значну частину поверхні Землі, відіграє виключну роль у забезпеченні життя на планеті, формуванні погоди та клімату.

Світовий океан – безперервна водна оболонка Землі, яка оточена материками та островами і володіє спільністю сольового складу [16]. Він відрізняється від континентальних водойм особливим характером обміну речовин і потоком енергії. Для розв'язання наукових практичних завдань Світовий океан ділиться на більш-менш самостійні частини. Виділяючи окремі океани, враховують особливості рельєфу їхнього дна та атмосферної циркуляції над ними.

Світовий океан поділяється на Тихий, Атлантичний, Індійський та Північний Льодовитий (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Основні морфометричні характеристики океанів [12, 16]

Океани	Характеристики			
	Площа поверхні, млн км ²	Об'єм, млн км ³	Середня глибина, м	Найбільша глибина, м
Тихий	178,68	710,36	3976	11022 (Маріанський жолоб)
Атлантичний	91,66	329,66	3597	8742 (жолоб Пуерто-Рико)
Індійський	76,17	282,65	3711	7209 (Яванський жолоб)
Північний Льодовитий	14,75	17,07	1225	5527 (Греландське море)
Світовий	361,26	1340,74	3711	11022 (Маріанський жолоб)

Складовими частинами океанів є моря, затоки і протоки.

Море – це порівняно невелика частина океану, яка врізається в сушу чи

відокремлена від океану островами або підводними підвищеннями. Море відрізняється від прилеглої частини океану специфічним гідрологічним режимом, геологічною будовою дна та іншими природними умовами [12, 13].

Затока – частина океану чи моря, яка врізається в сушу і слабо-відмежована від океану чи моря.

Протока – водний простір, який розділяє дві ділянки суші та з'єднує окремі океани і моря чи їхні частини.

За розташуванням відносно суші і ступенем відокремленості від океану моря поділяють на *внутрішні* (внутрішньоматерикові та міжматерикові), *окраїнні* та *міжострівні* [12].

Внутрішні моря мають утруднений водообмін з океаном через порівняно вузькі протоки, тому їх гідрологічний режим суттєво відрізняється від гідрологічного режиму найближчих частин океану. *Міжматерикові* моря розташовані між різними материками (наприклад, Середземне море). *Внутрішньоматерикові* моря розташовані всередині одного материка (наприклад, Азовське, Балтійське, Біле моря). *Окраїнні* моря неглибоко врізаються в сушу і відокремлюються від океану ланцюгами островів, півостровами або підводними порогами. Вони мають порівняно вільний зв'язок з океаном, тому гідрологічний режим цих морів має більшу схожість із режимом суміжних частин відкритого океану (наприклад, Баренцове, Чукотське моря). *Міжострівні* моря розташовані серед великих островів чи архіпелагів (наприклад, моря Фіджі, Банду) [12, 13].

Таблиця 5.2

Основні морфометричні характеристики морів [12]

Назва	Площа, тис. км ²	Об'єм води, км ³	Середня глибина, м	Найбільша глибина, м
Тихий океан				
Коралове	4068	10038	2468	9174
Південно-Китайське	3537	3623	1024	5560
Берингове	2315	3796	1640	4097
Охотське	1603	1316	821	3351
Японське	1062	1631	1536	3699
Східнокитайське	836	258	309	2719
Банда	714	1935	2337	7440
Яванське	480	22	45	89
Сулавесі	435	1586	3645	5842
Жовте	416	16	38	106

Сулу	348	553	1591	5576
Молукське	291	554	1902	4870
Серам	187	227	1209	5319
Флорес	121	222	1829	5123
Балі	119	49	411	1296
Саву	105	178	1701	3370
Атлантичний океан				
Карибське	2777	6745	2429	7090
Середземне	2505	3603	1438	5121
Північне	565	49	87	725
Балтійське	419	21	50	470
Чорне	422	555	1315	2210
Азовське	39	0,3	7	13
Мармурове	11	4	357	1261
Індійський океан				
Аравійське	4832	14523	3006	5803
Арафурське	1017	189	186	3680
Тиморське	615	250	406	3310
Андаманське	602	660	1096	4198
Червоне	460	201	437	3039
Північний Льодовитий океан				
Баренцове	1424	316	222	600
Норвезьке	1340	2325	1735	3970
Гренландське	1195	1961	1641	5527
Східносибірське	913	49	54	915
Карське	883	98	111	600
Гудзонова затока	819	92	100	274
Баффіна	630	426	804	2414
Лаптевих	662	353	533	3385
Бофорта	476	478	1004	3731
Біле	91	4,4	49	330

У структурі Світового океану і морів розрізняють три основні частини: прибережне мілководдя (материкову відмілину), перехідну зону від прибережної відмілини до великих глибин океану (материковий схил) та основну

глибоководну частину (океанічне ложе) [34].

Схема екологічних зон Світового океану представлена на рисунку 5.1.

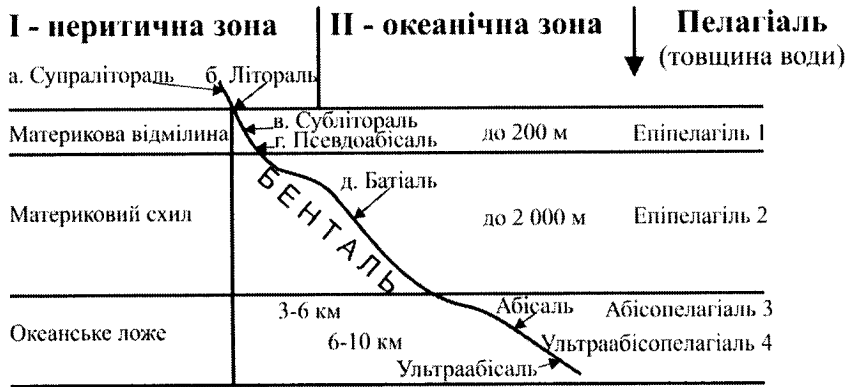


Рис. 5.1. Екологічні зони Світового океану

Прибережне мілководдя (материкова відмілина, шельф, материкове плато) – мілководна частина підводної окраїни материків (з глибинами в середньому до 200 м). Шельф оточує материки та острови. Найбільша ширина шельфу (до сотень кілометрів) спостерігається вздовж північних берегів Євразії.

Материковий схил поширюється від межі шельфу до глибин 2,5–3 км і являє собою бічну грань материкової плити. Материковий схил має великі похили (у середньому 4–7°, інколи до 25–30°). У деяких місцях океану материковий схил прорізаний глибокими підводними каньйонами.

Ложе океану розташоване на глибинах понад 3000 м. За рельєфом воно дуже неоднорідне. У його межах виділяються як підвищені, так і понижені форми рельєфу. До підвищених форм рельєфу належать: серединно-океанічні хребти, підняття, окремі підводні гори. До понижених форм рельєфу дна океанів належать котловини, улоговини та океанічні западини.

Океанічні *глибоководні западини (жолоби)* – вузькі та довгі, найчастіше дугоподібні (глибиною понад 6000 м), розташовані вздовж зовнішнього краю острівних дуг, а також деяких материків. Ширина жолобів сягає від 1–3 км до кількох десятків кілометрів, а довжина – сотні кілометрів [14].

Океани і моря по вертикалі і горизонталі розділяються на окремі зони. Прилегла до морського дна зона називається *бенталь*, а товща води –

пелагіаль.

В області шельфу *бенталь* розділяється на такі зони:

- *супралітораль* – частина берега, що знаходиться вище рівня припливів і зволожується бризками води;
- *літораль (евлітораль)* – прибережна частина мілководдя, що заливається водою під час припливів і звільняється від неї під час відливів;
- *сублітораль* – мілководдя, що простягається до нижньої межі поширення даних фотосинтезуючих рослин.

Материковий схил займає *батіаль*, а океанічне ложе – *абісаль*, що на глибинах нижче 6–7 км переходить в *ультраабісаль*.

По вертикалі товща води, що вкриває материкову відмілину, називається *епіпелагіаль*, товща води над материковим схилом – *батіпелагіаль*, товща води над океанічним ложем – *абісопелагіаль* і *ультраабісопелагіаль*.

У горизонтальному напрямку Світовий океан ділиться на прибережну, або *неритичну* зону, що лежить над областю материкової відмілини, і *океанічну*, яка знаходиться над зонами батіалі і абісалі [34]. Залежно від того, в якій зоні живуть організми, їх називають супраліторальними, літоральними та пелагічними.

5.2. Екологічні зони озер

Озеро – природна западина на земній поверхні різної величини і форми, заповнена прісними або солоними водами з уповільненим водообміном [16]. Озера утворюються внаслідок заповнення поглиблення суші (котловин) водою. Форма котловин залежить від рельєфу місцевості та характеру їх утворення. Звичайно вона формується підводною терасою, яка поступово заглиблюється від берега в глиб озера. На деякій глибині таке заглиблення має більш крутий кут пониження (звал), яке займає більшу частину дна озера і має назву котел. Сформоване таким чином дно озера розглядається як бенталь, яка, в свою чергу, поділяється на літоральну і профундальну зони [34].

Літораль – це мілководна зона, що поширюється від берега до звалу, а *профундаль* охоплює більш глибоководну частину озера. Зазвичай, літораль вкрита вищою водною рослинністю (ближче до берега напівводною, далі – плаваючою, а з наближенням до звалу – зануреною). Між літоральною і профундальною зонами виділяється субліторальна перехідна зона, яка охоплює площу найбільш глибоководного поширення донної рослинності (5–7 м). Глибоководна частина дна озера, або профундаль, де відсутня вища водна рослинність, характерна для глибоководних озер [34].

Пелагіаль озера в горизонтальному напрямку ділиться на прибережну частину (лежить над водною терасою) і власне пелагіаль (знаходиться над

звалом і котлом).

Водна товща озер, або пелагіаль, поділяється по вертикалі на *епілімніон*, *металімніон* та *гіполімніон* (рис. 5.2.).

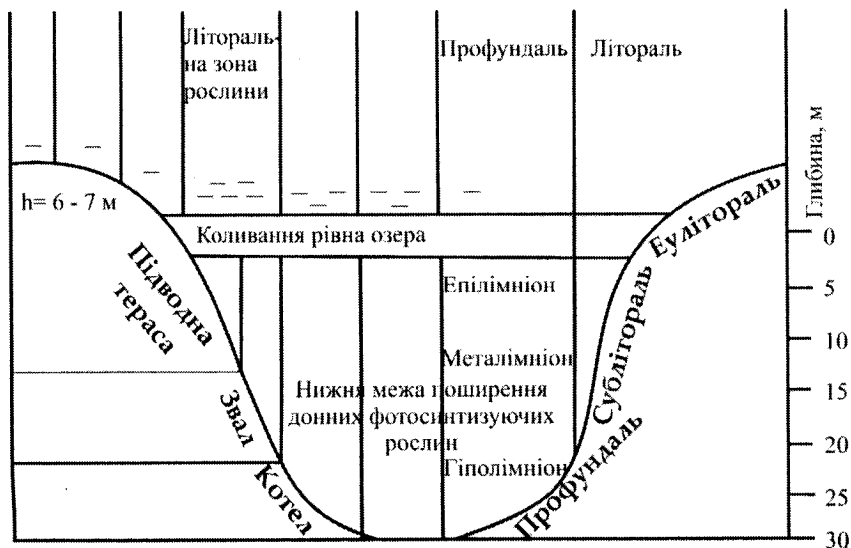


Рис. 5.2. Екологічні зони озера

Епілімніон – в глибоких озерах досягає 5–8 м, в цьому шарі під впливом вітру і конвекційних процесів інтенсивно перемішуються водні маси. Саме в цьому шарі відзначено максимальну кількість сонячної енергії, кисню і високі концентрації органічних та мінеральних речовин.

Металімніон – розташовується на глибинах 8–14 м, характеризується різким перепадом температур.

Гіполімніон – найбільш глибокі шари води, в яких температура води влітку не піднімається вище 5–10⁰С, немає сонячної енергії. В цьому шарі практично відсутні автотрофні організми.

За розміром поверхні дзеркала води озера поділяють на:

- дуже великі – із площею (F) більше 1000 км²;
- великі – із площею від 101 до 1000 км²;
- середні – із площею від 10 до 100 км²;
- малі – із площею менше 10 км².

За ступенем сталості озера бувають *постійні* та *тимчасові* (заповнюються водою лише у зволожені періоди року).

За географічним положенням озера підрозділяють на:

– *інтразональні* – знаходяться у тій же географічній зоні, що й водозбір озера;

– *полізональні* – водозбір розташований у декількох географічних зонах.

За характером водообміну озера поділяються на *безстічні* та *стічні*. *Безстічні озера* – це озера, які не мають ні поверхневого, ні підземного стоку, а витрачають воду лише на випаровування (Каспійське та Аральське море, озера Іссик-Куль, Балхаш, Чад та ін.). *Стічні озера* – це озера, із поверхні яких вода витрачається на поверхневий, підземний стік та на випаровування (Байкал, Онезьке, Ладозьке та ін.). Серед стічних озер виділяються *проточні озера* – це озера, через які здійснюється транзитний стік річок (Чудське, Зайсан та Сарезьке). Окрему групу складають озера з *перемінним стоком* – це озера, які мають стік під час водопілля та паводків, а в межень належать до безстічних озер, бо водотоки, які з них витікають, пересихають [16].

За ступенем солоності озера поділяють на:

– *прісні* – уміст солі до 1 г/кг (або 1‰);

– *солонуваті* – солоність від 1 до 25‰;

– *солоні* – уміст солі дорівнює солоності вод Світового океану (від 25 до 50‰);

– *соляні або мінеральні* – солоність понад 50‰.

За умовами живлення водних організмів (трофічними умовами) озера поділяють на:

– *оліготрофні* – це глибокі озера, які бідні на рослинний планктон та поживні речовини, із незначною мінералізацією (окрім кальцію) і рівномірним розподілом кисню влітку та взимку;

– *евтрофні озера* – це водойми з великим умістом поживних речовин; зазвичай неглибокі, добре прогріваються влітку, із великим умістом органічних речовин та зі зменшенням кисню до дна;

– *дистрофні озера* – це озера, які бідні на поживні речовини; поширені в сильно заболочених районах; мінералізація води незначна, вміст кисню знижений, тому що витрачається на окиснення органічних речовин;

– *мезотрофні озера* – це озера із середніми трофічними умовами [16, 45].

Загальна площа, на якій розташовані озера оцінюється приблизно 2 млн км² із сумарним об'ємом понад $1,76 \times 10^{14}$ м³ прісної води. Близько половини озерних вод є солоними, причому переважна частина озерних солоних вод скупчена в найбільшому безстічному озері – Каспійське море. З прісноводних озер найбільшими за об'ємом є Байкал (23×10^{12} м³), Танганьїка ($18,9 \times 10^{12}$ м³), Верхнє ($16,6 \times 10^{12}$ м³). На земній поверхні найбільше озеро за площею – це солонувате Каспійське море (374000 км²), із прісних озер –

Верхнє (82680 км²) [10, 16].

Для прісних озер характерні хімічні особливості, хоча кожне з них має індивідуальний хімічний склад. Для вод прісних озер типовий такий порядок розподілу головних іонів: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-; \text{Ca}_2^+ > \text{Mg}_2^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+$.

За хімічним складом переважна більшість прісних озер є гідрокарбонатними кальцієвими (Байкал, Ладозьке, Онезьке, Таймир, Верхнє, Гурон, Мічиган, Вікторія, Танган'їка та ін.).

Ступінь неоднорідності іонного складу води озер визначається такими основними умовами: відношенням між об'ємом озера і водністю приток; різницею в мінералізації води; різницею температури озерних вод і приток; формою озера [10, 43].

5.3. Екологічні зони річок

Річка – це водотік значних розмірів, що живиться атмосферними опадами свого водозбору та має чітко виявлене русло. Річки можуть впадати в океани, моря та озера. *Головна річка* – це річка, що впадає в один із таких водних об'єктів, а менша річка, вода якої тече безпосередньо до певної більшої річки – *притока*.

Сукупність водотоків, водойм, особливих водних об'єктів у межах річкового басейну – *гідрографічна мережа*.

В будові гідрографічної (руслової) мережі виділяють такі основні ланки:

– *улоговина* – верхня (за течією) ланка гідрографічної мережі – слабо висловлена, витягнена западина водно-ерозійного походження з пологими задернованими схилами і рівним увігнутим похилим дном;

– *видолинки* – наступна (за улоговиною) ланка гідрографічної мережі з великою глибиною врізу, великою височиною й крутістю схилів та появою форм донного і берегового розмиву або гіллястого русла;

– *суходіл* – переддолинна нижня ланка гідрографічної мережі без постійного водотоку, яка характеризується асиметрією схилів і наявністю звивистого русла тимчасового потоку;

– *долина* – це ланка гідрографічної мережі, яка характеризується великою довжиною, що вимірюється десятками, сотнями і тисячами кілометрів та наявністю постійного потоку [16, 18].

За розміром басейну річки діляться на:

– *великі* – річки з площею басейну понад 50000 км²;

– *середні* – річки з площею басейну в межах 2000–50000 км²;

– *малі* – річки з площею басейну менше 2000 км².

За умовами протікання:

– *рівнинні* – річки з величиною числа Фруда менше 0,1;

- *напівгірські* – річки з величиною числа Фруда в межах 0,1–1,0;
- *гірські* – річки з величиною числа Фруда більше 1,0.

Число Фруда – це стан потоку (спокійний або бурхливий) і визначається за формулою:

$$F_r = \frac{U^2}{gh},$$

де: U – характерна швидкість; h – глибина потоку; g – прискорення вільного падіння.

За льодовим режимом річки поділяють на замерзаючі та незамерзаючі.

За мінералізацією О. О. Алюкін розрізняє чотири групи річок:

- *мала* – до 200 мг/дм³;
- *середня* – 200–500 мг/дм³;
- *підвищена* – 500–1000 мг/дм³;
- *висока* – понад 1000 мг/дм³.

За джерелами (видами) живлення річки поділяються на річки снігового, дощового, льодовикового і підземного живлення [10, 16].

За видами живлення О. І. Воейков виділяє такі типи:

- річки, які одержують воду від танення снігу на рівнинах і невисоких горах (до 1000 м). Це річки північної частини Азії (Колима, Нижня Тунгуска) і Північної Америки (Юкон та ін.), де сніговий покрив лежить 8–10 місяців;
- річки, які одержують воду від танення снігу й льоду в горах (літне водопілля). Це річки Середньої й Центральної Азії (Амудар'я, Сирдар'я та ін.);
- річки, які одержують воду від дощу і мають водопілля влітку. Цей тип річок властивий регіонам із тропічними і мусонними дощами (Амазонка, Конго, Ганг, Амур та ін.);
- річки, в яких водопілля буває внаслідок танення снігу навесні або на початку літа, проте значну частину води вони одержують і від дощу. Це більшість річок Східної Європи, річки Скандинавії, північної частини США;
- річки, які живляться переважно за рахунок дощів узимку. Це річки Середньої й Західної Європи, частково Британських островів та ін.;
- річки, які мають дощове живлення. Водопілля на них узимку, в літню пору стік невеликий, можливе пересихання річок. Це річки Південної Європи, Північної Африки, Каліфорнії, Чилі, Нової Зеландії та ін.;
- відсутність річок унаслідок посушливості клімату. Це річки пустель Сахара, Каракуми, Кизилкум, плоскогір'їв Центральної Азії та Північної Америки;
- річки, які пересихають. Це річки Північного Криму, Східного Закавказзя, частини Монголії та ін.;

– країни без річок, внаслідок того, що їхня територія повністю вкрита снігом і льодовиками.

Водозбір – це частина земної поверхні та товща ґрунтів і гірських порід, звідки вода надходить до водного об'єкта. Він включає поверхневий водозбір, обмежений поверхневими водами, і підземний водозбір, що включає площу, із якої підземна вода стікає в дану річку (систему).

Басейн річки – частина суші, з якої відбувається природний стік води в річку (річкову систему). Басейн річки складається з поверхневого та підземного водозборів. Лінія на земній поверхні, яка розділяє басейни річок і річкових систем – *вододіл*. Усю земну кулю можна поділити на два основні схили, по яких води збігають із континентів у Світовий океан: *Атлантико-Арктичний* і *Тихоокеансько-Індійський*. Вододіл між цими схилами називають *Світовим*, або *Головним вододілом Землі* [37, 43].

Водний режим річки – це зміна в часі рівнів, витрат і об'ємів води у водних об'єктах чи ґрунтах. Водний режим залежить від сукупності фізико-географічних факторів, серед яких найважливішу роль відіграють метеорологічні та кліматичні фактори [13].

До числа найголовніших фізико-географічних і геологічних характеристик річкового басейну відносяться:

- географічне положення басейну на континенті, яке подається у вигляді географічних координат його крайніх точок;
- географічна зона (зони) чи висотні пояси;
- геологічна будова, тектоніка, фізичні й водні властивості підстилаючих ґрунтів, гідрогеологічні умови;
- рельєф, який характеризується через похил;
- клімат (характер циркуляції атмосфери, режим температури та вологи повітря, кількість і режим атмосферних опадів, випаровування);
- ґрунтово-рослинний покрив, який характеризується даними про частку площі басейну (%), зайнятої лісами і ґрунтами того або іншого типу;
- характер річкової мережі;
- наявність і особливості інших водних об'єктів – озер, боліт та льодовиків.

Річки течуть у долинах, в яких найбільш понижена частина річки формує *ложе*. Поглиблення ложа, що заповнене проточною водою в меженний період, називається *корінним руслом*, або *ріщцем*. Та частина дна ложа, яка покривається водою лише під час повеней і паводків, називається *заплавним руслом*, або *заплатою*. У меженний період заплавне русло знаходиться вище рівня води, воно пересихає, – це *заплавна тераса*. На схилах річкової долини можна спостерігати геологічні залишки проходження річкових русел в

далекому минулому. Їх називають *надзаплавними терасами* (рис. 5.3) [34].

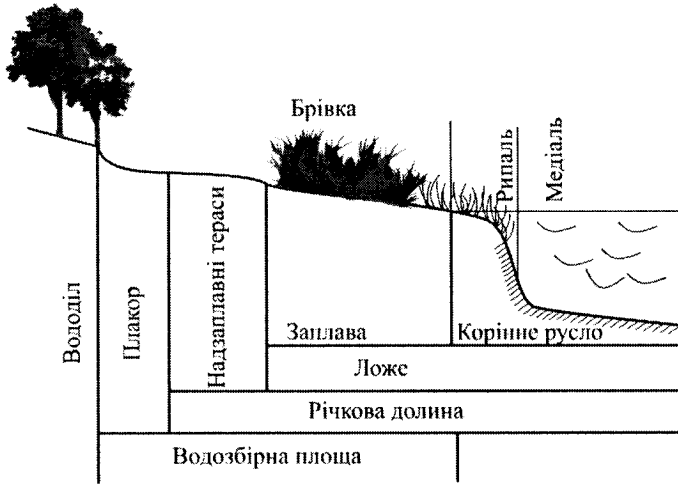


Рис. 5.3. Екологічні зони річкової системи

У поперечному перетині річки від одного берега до другого виділяються зони: прибережна (*ріпаль*), середня (*медіаль*) і ділянка, яка характеризується найбільшою течією, – *стрижень*. Це динамічна вісь потоку води, вона може перебувати посередині річки при прямолінійному нерозгалуженому руслі або наближатись до одного з берегів відповідно до закрутів русла [34].

Із сумарної кількості річок України на малі річки (площа водозбору до 2000 км²) припадає 99,9%.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні елементи екологічних зон океану.
2. Проаналізуйте основні морфометричні характеристики океанів та морів.
3. Як представлені екологічні зони озер?
4. Як представлені екологічні зони річок?

РОЗДІЛ 6. ГІДРОБІОЦЕНОЗИ ЯК БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ГІДРОСФЕРИ

- 6.1. Загальна характеристика гідробіоценозу.
- 6.2. Структура та різноманітність гідробіоценозу.
- 6.3. Життєві форми гідробіонтів.

6.1. Загальна характеристика гідробіоценозу

Гідробіоценоз – це історично сформоване угруповання популяцій водних організмів, які зв'язані між собою різноманітними взаємовідносинами та наеляють певний біотоп.

Термін «гідробіоценоз» відображає міжпопуляційні взаємозв'язки гідробіонтів різних трофічних рівнів в умовах водного середовища. У самій назві «гідробіоценоз» відображені три складові такої системи: «гідро» (водне середовище), «біо» (біота) і «ценоз» (співтовариство). Гідробіоценози включають гідробіонтів різних систематичних груп, які пов'язані між собою не тільки місцем життя, але й трофічними зв'язками [34], при яких одні групи організмів поїдають інших. Внаслідок таких ланцюгів живлення речовина і енергія в гідросфері передаються у певній послідовності.

Потік енергії у гідроекосистемі починається з первинної продукції (перший трофічний рівень), продовжується через безпосередніх її споживачів – консументів I порядку (другий рівень); при цьому створюється вторинна, або проміжна, продукція, яку споживають консументи II порядку (третій рівень), або хижаки.

Гідробіоценоз може розглядатися як жива надорганізована біосистема тільки в тому випадку, коли всі її елементи включаються в єдиний взаємопов'язаний трофічний ланцюг кругообігу речовини та енергії. У водних екосистемах харчові ланцюги хижаків, як правило, довші, ніж в наземних.

Для водних організмів середовище проживання є одночасно і їхнім внутрішнім середовищем, з якого вони отримують кисень, біогенні речовини і куди виділяють продукти життєдіяльності (екзометаболіти). Між організмами та розчиненими у воді речовинами постійно існує метаболічний зв'язок [41].

При всій багатокomпонентності і багатofункціональності гідробіоценозу, він функціонує як єдина система, підпорядкована специфічним закономірностям.

Гідробіоценози є відкритими системами. Вони потребують постійного надходження речовини і енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фотосинтезуючі організми перетворюють на енергію хімічну синтезованих органічних речовин.

Отже, у водних екосистемах присутні три головні групи організмів: продуценти, консументи та редуценти (рис. 6.1).

Автотрофи асимілюють енергію Сонця і створюють органічну речовину, що служить джерелом життя для них та інших компонентів гідроекосистеми. Серед автотрофів є *фототрофи*, тобто такі, які синтезують органічну речовину з діоксиду вуглецю (CO_2) завдяки сонячній енергії, і *хемотрофи*, що використовують у подібних реакціях хімічну енергію.

Фототрофні організми (фотоавтотрофи) – це всі зелені рослини. Для них характерним є наявність пігментів – перш за все хлорофілу, який відіграє найважливішу роль у процесі фотосинтезу.

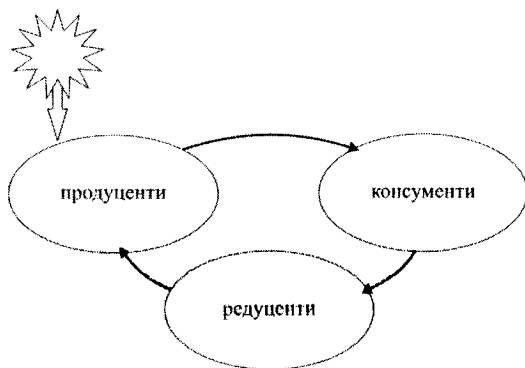


Рис. 6.1. Групи організмів у водних екосистемах

До *хемоавтотрофів*, або хемосинтезуючих організмів належать бактерії, які використовують як джерело вуглецю його діоксид, а енергію для синтезу органічної речовини отримують від протікання хімічних реакцій (окиснення водню, сірки, заліза та інших неорганічних сполук). Наприклад, залізобактерії, сіркобактерії, нітрифікуючі бактерії та інші.

Головними фотосинтезуючими організмами гідросфери є водорості, вищі рослини та деякі бактерії, що мають фотосинтетичні пігменти.

Гетеротрофи або *міксотрофи* – це організми, що одержують енергію за рахунок споживання готової органічної речовини. До них належать вищі паразитичні рослини, деякі види водоростей, грибів, багато бактерій (за винятком фотосинтезуючих і хемосинтезуючих), всі тварини.

Для більшості водоростей характерним є міксотрофізм, тобто мішаний тип живлення. Найчастіше міксотрофні організми зустрічаються в забруднених водоймах.

Редуценти (бактеріопланктон і бактерії дна водойми) виконують найважливішу частину роботи – мінералізацію екскрементів і трупів консументів, продуцентів і переведення їх в неорганічну форму.

Таким чином, 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.

Ланцюги живлення поділяються на 2 типи. Один тип ланцюгів живлення починається з рослин і йде до рослиноїдних тварин і далі до хижаків. Це так званий *ланцюг виїдання (пасовищний)*. Другий тип починається від рослинних і тваринних залишків, екскрементів тварин і йде до редуцентів. В результаті діяльності редуцентів утворюється напіврозкладена маса – детрит. Такий тип ланцюга живлення називається *детритним (розкладання)*.

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. Переплітаючись, ланцюги живлення формують *трофічну сітку*. Її існування забезпечує стійкість гідроекосистеми (гідробіоценозу), оскільки якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, то легко змінюються кормові об'єкти, але сумарна продуктивність біоценозу залишається сталою.

6.2. Структура та різноманітність гідробіоценозу

Для водного середовища характерна вертикальна структура гідробіоценозів. Вона визначається, в першу чергу, екологічними умовами, типовими для окремих зон водних об'єктів. Для пелагічних зон визначальними факторами є освітленість, температура, газовий режим, концентрація біогенних елементів, для великих глибин – гідростатичний тиск, характер ґрунтів та динаміка водних мас.

Гідробіонти в екосистемах перебувають у постійному контакті та об'єднані топічними і трофічними відносинами. Топічні відносини обумовлені спільним проживанням різних популяцій в одному біотопі і міжвидовою конкуренцією за життєвий простір, розчинений кисень та ін. Трофічні зв'язки формують трофічні ланцюги різного типу, завдяки яким циркулюють потоки енергії. Кожен член трофічного ланцюга виступає по відношенню до попереднього як хижак, а по відношенню до останнього – як жертва.

Найчастіше розрізняють два типи зв'язків:

– *міграційні* (форичні);

– *фабричні* (використання організмів одного виду представниками іншого виду як субстрату для поселення (раковини молюсків)).

Окремий тип міжпопуляційних зв'язків складають антибіотичні зв'язки –

виділення гідробіонтами антибіотиків і токсичних речовин (синьозеленими водоростями, отруйними рибами), що пригнічують або призводять до загибелі інших організмів.

Поширеними типами зв'язків у гідробіоценозах, як і в наземних екосистемах є хижацтво, паразитизм, конкуренція, коменсалізм, мутуалізм та аменсалізм.

Хижацтво – це форма взаємовідносин між організмами різних видів, з них один (хижак) поїдає іншого (жертва).

Паразитизм (від грец. *parasitos* – дармоїд) – форма співжиття двох організмів різних видів, коли один з них (паразит) живе за рахунок іншого (живителя).

Конкуренція (від лат. *conspicencia* – стикатись) – це взаємозв'язки між особинами популяції одного (внутрішньовидова) або різних (міжвидова) видів, за яких використання певного ресурсу навколишнього середовища одними із них зменшує його доступність для інших.

Коменсалізм – особлива форма взаємин між двома видами, коли один із них (коменсал) користується якимись перевагами за рахунок іншого, не завдаючи йому прямої шкоди. Прикладом коменсалів можуть слугувати веслоногі рачки *Serpuliduoia* в трубках черв'як поліхет.

Мутуалізм – форма взаємовигідного симбіозу організмів різних видів, при якій існування обох партнерів або одного з них неможливе без взаємозалежного співжиття.

Аменсалізм – це одностороння негативна дія однієї популяції на іншу без будь-якої користі для себе. Наприклад, щорічно біля берегів Флориди під час «червоного припливу» гинуть мільйони риб від токсичних виділень червоних водоростей.

Однією з форм взаємин у гідробіоценозі є стимуляція – прискорення росту організмів одних популяцій іншими. Наприклад, для зростання діатомових водоростей потрібен вітамін В₁₂, який виділяють бактерії.

Гідробіоценози, що складаються з автотрофних і гетеротрофних організмів, називаються повночленними. Так, іноді зустрічаються водні екосистеми, в яких практично відсутні автотрофні організми, а є тільки гетеротрофні. До таких гідробіоценозів відносяться біоценози водойм темних печер, де не відбувається фотосинтез. У той же час тут можуть жити найпростіші, хемосинтезуючі бактерії, деякі безхребетні, які живляться готовими органічними речовинами, які надходять ззовні – з фільтраційних вод.

До складу повночленних гідробіоценозів входять гідробіонти різних систематичних груп: мікро- і макроводорості, вищі водні рослини, бактерії, найпростіші, безхребетні та риби.

Гідробиоценози поділяються на:

- *альгоценози* (угруповання водоростей);
- *фітоценози* (угруповання вищих водних рослин);
- *зооценози* (угруповання тварин);
- *іхтіоценози* (угруповання риб).

За характером біоти серед гідробиоценозів виділяють:

- *гідробиоценози товщі води*;
- *літоральної зони*;
- *піщаного ґрунту*;
- *морські*.

Залежно від характеру донних ґрунтів у континентальних водоймах розрізняють:

- *псамофільні* (піщані ґрунти);
- *аргілофільні* (глинисті ґрунти);
- *літофільні* (кам'яністі ґрунти);
- *пелофільні* (мул) [12].

Для лотичних (проточних) водних екосистем до назви біоценозу додається приставка «рео»: *псамореофільні* (річки з піщаним дном), *аргілореофільні* (ріки з глинистим дном).

Метаболічні взаємовідносини у водних угрупованнях гідробіонтів разом із трофічними зв'язками відіграють найважливішу роль в регуляції структури і функціонуванні водних екосистем. При цьому продукти життєдіяльності гідробіонтів різних видів виконують функції зв'язуючих компонентів, що забезпечує існування всього біотичного угруповання як цілісної системи.

6.3. Життєві форми гідробіонтів

Життєві форми – це сукупності організмів різного систематичного положення, які наділені принципово подібними адаптаціями, що дозволяють їм існувати в певних біотопах.

В пелагіалі життєві форми представлені *планктоном* і *нектоном*, на твердих субстратах – *бентосом* і *перифітоном*, в зоні контакту бенталі і пелагіалі – *пелагобентосом*, в поверхневому шарі води – *нейстоном* і *плейстоном* (рис. 6.2).

Планктон (з гр. блукаючий) – сукупність мікроскопічних та дрібних організмів, що живуть у товщі води в завислому стані і не можуть активно протистояти перенесенню течією. Переважно планктонні організми пересуваються разом з водними масами, проте більшість з них при спокійній воді здатні до самостійного пересування за рахунок роботи різноманітних джгутиків, війок та ніжок [12, 41, 42].

Планктонні організми характеризуються розчленованістю свого тіла, наявністю великою кількості виступаючих органів, поганою обтічністю, що забезпечує їм добре виражений парашутний ефект і утворює високий опір при поступальних рухах.

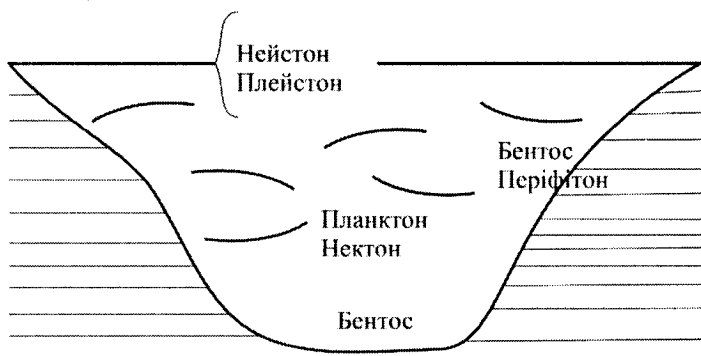


Рис. 6.2. Основні життєві форми організмів

За основними типами водних об'єктів планктон поділяють на:

- океанічний, морський, або таласопланктон;
- озерний, або лімнопланктон;
- гелеопланктон – планктон ставків, боліт і калюж;
- річковий, або потамопланктон.

Планктон поділяють на:

- фітопланктон (одноклітинні та колоніальні водорості);
- зоопланктон (безхребетні);
- бактеріопланктон (бактерії).

Фітопланктон – це основа автотрофної ланки водної екосистеми, продуцент органічних речовин і кисню, що формує енергетичну основу різноманіття гідробіонтів вищих трофічних рівнів, початкова ланка трофічних ланцюгів, джерело живлення безхребетних та риб на різних стадіях розвитку.

Поширення фітопланктону обумовлене освітленістю, температурою, наявністю мінеральних і органічних сполук у доступних для засвоєння формах, гідрохімічним та гідрологічним режимом. Фітопланктон характеризується високим видовим і таксономічним різноманіттям, є показником їхньої тропності та індикатором сапробності [42].

Зоопланктон – це природний біофільтр, який бере участь у самоочищенні водойм за рахунок споживання завислих та розчинених у воді органічних речовин авто- і алохтонного походження. Самі організми зоопланктону

становлять основу живлення більшості видів риб і служать індикаторами якості води.

Планктонти розміром більше 5 см належать до *мегалопланктону*, 5 мм – *макро-*, 0,5 мм – *мезо-*, 50 мкм – *мікро-* і 5 мкм – *нанопланктону*. Дуже дрібні організми (менше 5 мкм) належать до *пікопланктону*. *Мікропланктон* – це мікроскопічні найпростіші, коловертки та личинки безхребетних. До *мезопланктону* належать дрібні рачки. *Макропланктонні* організми – це, в основному, мізиди, креветки, невеликі медузи та деякі інші. До *мегалопланктону* зараховують безхребетних дуже великих розмірів – медуз та ін. [12, 41].

У прісноводному зоопланктоні найбільш чисельні найпростіші, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні, коловертки і личинки моллюсків. У морському зоопланктоні домінують ракоподібні (веслоногі, мізиди, евфаузеві, креветки), найпростіші (радіолярії, форамініфери, інфузорії), кишково-порожнинні (медузи, сифонофори, гребневики), крилоногі молюски, оболонники (апендикулярії, сальпи), ікра риб та молюски донних безхребетних.

Бактеріопланктон представлений бактеріями різних фізіологічних груп. Бактерії водних екосистем відіграють надзвичайно важливу роль у трофічних зв'язках (як компонент кормової бази безхребетних тварин і личинок риб), в процесах трансформації складних органічних сполук та їхній подальшій мінералізації, у змінах хімічного складу води, газового режиму, потоку біогенів. Бактерії беруть участь у біологічних циклах, забезпечують кругообіг речовин у водних екосистемах та формують екологічний стан водойм [12].

Залежно від розміру тіла, організми планктону поділяються на такі групи:

- *фемтопланктон* (0,2 мкм) – віруси;
- *пікопланктон* (0,2–2 мкм) – бактерії та деякі водорості;
- *нанопланктон* (2–20 мкм) – деякі бактерії та водорості;
- *мікропланктон* (20–200 мкм) – водорості, найпростіші, коловертки;
- *мезопланктон* (0,0002–0,02 м) – гіллястовусі та веслоногі ракоподібні;
- *макропланктон* (0,02–0,2 м) – креветки, мізиди;
- *мегалопланктон* (0,2–2 м) – медузи [42].

За ступенем пристосування організмів планктону до водної товщі розрізняють:

– *голопланктон* – це організми, які все своє активне життя проводять у товщі води і тільки у стадії, коли знаходяться в спокої (бруньки, яйця) можуть знаходитися на дні;

– *меропланктон* – це організми, які існують у товщі води тільки впродовж певного відрізка свого активного життя, а іншу частину життя проводять в інший спосіб (личинки донних тварин, ікра, личинки риб);

– *кріопланктон* – це організми талої води, яка утворюється під променями сонця в порожнинах снігу та тріщинах льоду. Вдень ці організми ведуть активний спосіб життя (джугтиконосець, що забарвлює сніг у червоний колір), а вночі знову вмерзають у лід [41].

Сейстон – сукупність завислих у воді органо-мінеральних часток (детрит) і планктонних організмів, які уловлюються дрібновічковою планктонною сіткою. До сейстону належать як живі (біосейстон), так і неживі елементи (абіосейстон).

До *біосейстону* входять чотири групи організмів: планктон, нейстон, нектон і плейстон. Що стосується абіосейстона, то нерозчинні у воді мертві речовини, що входять до його складу називають *детрит* і *триптон*.

Детрит – мертва органічна речовина, яка утворюється внаслідок розкладу залишків організмів рослинного і тваринного походження.

Триптон – це сукупність завислих у воді неживих пилюватих частинок мінерального походження, кристаликів солей тощо.

Нектон (з гр. плаваючий) – сукупність організмів, які можуть активно протистояти течії та переміщуватись на значні відстані. До нектону відносяться риби, кальмари, морські змії та черепахи, пінгвіни, кити, ластоногі. Іхтіофауна є останнім трофічним рівнем харчового ланцюга. Її різноманіття залежить від якісного та кількісного розвитку гідробіонтів нижчих рівнів.

Бентос (з гр. глибина) – сукупність організмів, що мешкають на дні водойм. До бентосу належить організми піщаних пляжів (псамон) та товщі льоду, що знаходяться в стадії анабіозу (пагон).

У прісноводному бентосі переважають бактерії, діатомові та зелені водорості, вищі водні рослини, личинки комах (одноденки, волохокрильців, хірономід), малощетинкові черви (олігохети), молюски (двостулкові і черевоні), ракоподібні тощо. Морський бентос різноманітніший, і найбільший вплив на його склад має глибина. У прибережній зоні морів до складу бентосу входять сидячі організми (асцидії, актинії, губки, корали, гідроїди, водорості, моховатки), риучі (кільчасті черви, молюски), ковзаючі (ракоподібні, голкошкіри) та вільноплаваючі біля дна (камбалоподібні, скати, черевоні молюски тощо). На скельному субстраті багато водоростей та рослиноїдних тварин, а всередині твердого субстрату мешкають організми-свердлуни (в основному двостулкові молюски) [41].

Залежно від таксономічних груп бентос поділяється на:

– *фітобентос* (одноклітинні водорості – мікрофітобентос, вищі водні рослини – макрофітобентос, або макрофіти);

– *зообентос* (донні тварини);

– *бактеріобентос* (бактерії) [42].

Макрофітобентос (макрофіти) залежно від розселення у водоймах та біологічних особливостей (розташування асимілюючих органів по відношенню до дна та поверхні водойми) поділяють на три екологічні групи:

- *гідатофіти* (занурені рослини);
- *плейстофіти* (рослини з листками, які плавають на поверхні води);
- *гелофіти* (повітряно-водні рослини).

Розвиток рослинності визначається комплексною дією багатьох факторів: глибиною водного об'єкту, кольоровістю і прозорістю води, характером руху водних мас та інтенсивністю водообміну, температурою, хімічним складом води, донних відкладів та їхнім механічним складом.

Формування та розвиток зообентосу залежить від типу донних відкладів (пісок, мул, каміння, рештки деревини, водні рослини), абіотичних чинників середовища (течії, температура, сольовий склад) та забезпечення елементами живлення. Організми зообентосу відіграють велику роль у житті водойм – активно переробляють відмерлі рештки різних організмів і беруть участь у формуванні відкладів органічних речовин на дні водойм – сапропелю, очищають воду шляхом фільтрації, є основою раціону риб-бентофагів.

Залежно від місця проживання організмів у різних ділянках донних відкладів зообентос поділяють на категорії:

- *онфауна* – організми, що перебувають на поверхні ґрунту – ракоподібні, молюски, деякі голкошкірі тощо;
- *інфауна* – організми, що перебувають у товщі донних відкладень ґрунту – багатощетинкові черви, двостулкові молюски, деякі голкошкірі тощо;
- *епіфауна* – організми, прикріплені до поверхні твердого субстрату, що перебувають на дні (занурені стебла квіткових рослин, каміння тощо) – губки, гідроїди, моховатки, коралові поліпи тощо.

За розмірними ознаками організми зообентосу поділяються на такі категорії:

- *мікрозообентос* (< 0,5 мм) – найпростіші, коловертки, нематоди, деякі турбеларії;
- *мезозообентос* (< 3,0 мм) – бентосні ракоподібні (гіллястовусі, веслоногі, черепашкові), дрібні олігохети, личинки комарів, бабок, одноденок, жуків тощо;
- *макрозообентос* (> 3 мм) – олігохети, поліхети, личинки комах, червононогі та двостулкові молюски, голкошкірі, корали, губки, асцидії, турбеларії, ракоподібні (краби, лобстери, кумові) тощо [12].

Перифітон або *обростання* (з гр. *пери*- навколо, *фітос*- рослина) – це угруповання різних організмів, що мешкають за межами придонного шару води на різних субстратах – стеблах рослин, скелях, металевих та гідротехнічних

спорудах, підводних частинах суден, камінні, бетонних укріпленнях берегів, черепашках молюсків тощо. До складу перифітону входять бактерії, найпростіші, гриби, водорості, черви, ракоподібні, личинки комах, двостулкові молюски. Організми перифітону у водних екосистемах очищують воду, служать їжею іншим безхребетним і риbam та є біологічними індикаторами якості води.

Найважливішими факторами існування перифітону є наявність у водоймі твердого субстрату, швидкість течії, коливання рівня води та концентрація розчиненого у воді кисню.

Пелагобентос – це організми, які здатні одночасно жити на дні водойми і підніматися в товщу води. Це краби, камбала, креветки, морські зірки та ін.

В залежності від розмірів і ступеня рухливості представники пелагобентосу відносяться до:

- нектобентосу (вищі раки і риби);
- планктобентосу (поперемінно живуть у воді та в ґрунті личинки комаря, жуки, ряд коловерток, синьозелені водорості) [12, 45].

Нейстон (з гр. плаваючий) – угруповання мікроскопічних організмів та дрібних безхребетних, що живуть на межі водного та повітряного середовищ і пов'язані з плівкою поверхневого натягу.

Життєві форми нейстону поділяють на:

- *епінейстон* – це організми, що живуть над поверхневою плівкою;
- *гіпонеістон* – це організми, що прикріплюються до поверхневої плівки знизу, або живуть у воді завглибшки до кількох мм.

Переважну частину прісноводного нейстону складають бактерії, одноклітинні водорості, деякі найпростіші, дрібні легеневі молюски, планарії, клопи-водомірки, жуки-вертлячки, личинки комарів. До морського нейстону відносяться постійні чи тимчасові мешканці верхнього шару води (0–5 см): мальки риб, личинки деяких донних тварин.

Нейстонні організми для утримання в приповерхневому шарі води мають спеціальні пристосування – різні вирости, «вітрила», газові вакуолі та включення олії в клітинах, слизові оболонки тощо. Нейстонні плівки утворюються в стоячих водоймах (озера, болота, калюжі, канави) та затишних ділянках інших водойм [42].

Плейстон (з гр. плавання, пливу) – сукупність водних організмів – бактерій, рослин і тварин, які постійно або протягом тривалого часу напівзанурені у воду або тримаються її поверхні (тобто такі організми, що мешкають одночасно у повітряному та водному середовищах).

Для багатьох плейстонних організмів характерне утворення газових резервуарів (сифонофори, саргасові водорості), виділення пінистих плівок (актинії та молюски), прикріплення до поверхневої плівки (деякі молюски).

Серед прісноводних організмів до плейстону належать ряска, вольфія, водяний салат, водяний гіацинт, водокрас, азолла, сальвінія тощо [12, 42].

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю «гідробіоценоз»?
2. Які фактори впливають на різноманітність гідробіоценозів?
3. Назвіть життєві форми гідробіонтів та біотопи у яких вони мешкають?
4. Які гідробіонти є типовими представниками бентосу та перифітону?
5. Назвіть життєві форми нейстону.
6. У чому відмінність нейстону від плейстону?

- 7.1. Забруднення водних екосистем.
- 7.2. Стадії та види забруднення.
- 7.3. Джерела антропогенного впливу на гідросферу.
- 7.4. Наслідки антропогенного впливу на гідросферу.

7.1. Забруднення водних екосистем

Зростаючий антропогенний вплив на водні екосистеми потребує проведення комплексних досліджень з метою аналізу та оцінки їхніх змін, які викликані різними забруднюючими речовинами.

Забруднення – це процес надходження у навколишнє середовище або виникнення у ньому нових нехарактерних хімічних сполук чи незвичних надлишкових кількостей речовин, що існували раніше, які мають шкідливий вплив на екосистеми та людину, і яких екосистеми не можуть позбутися шляхом самоочищення. Надлишок одних речовин або наявність інших призводить до змін екологічних факторів, які визначають якість екосистем та закономірності їхнього функціонування.

Забруднюючі речовини (забрудники) – це сполуки, які надходять у навколишнє середовище або утворюються у ньому в кількостях, що виходять за межі граничних допустимих концентрацій або природного фону [15].

Забруднювачем може бути будь-який фізичний об'єкт, хімічна речовина або біологічний вид (мікроорганізми), концентрація якого виходить за межі звичайної. Згідно оцінки EPA (United States Environmental Protection Agency) існує більше 5 млн токсичних речовин, які використовуються людиною у господарській діяльності, а надалі, зі стоками, атмосферними опадами, ґрунтовими водами та іншими шляхами надходять у водні об'єкти.

Забруднюючі речовини залежно від їхньої хімічної структури і властивостей та векторів токсичної дії на біоту водойм поділяють на такі основні класи:

– *метали* – хімічні елементи, які добре проводять електричний струм і тепло, непрозорі, але можуть відбивати світло (мають металічний блиск), ковкі і пластичні;

– *металоїди* (напівметали) – хімічні елементи та прості речовини – напівпровідники, які за своїми властивостями займають проміжне положення між металами і неметалами;

– *стійкі органічні сполуки* – існуючі у природі чи синтезовані людиною органічні речовини, які мають складну структуру, тривалий період розкладання та високу токсичну дію на живі організми;

– *природні токсини* – білкові речовини, які є продуктами життєдіяльності бактерій, грибів, рослин і тварин та здатні при потраплянні до організму інших живих істот викликати їх захворювання чи загибель [11, 22].

Метали і металоїди у більшості випадків прості речовини, які існують у природі, але у високих концентраціях чи певних формах існування мають токсичну дію на живі організми. До стійких органічних речовин відносять пестициди, промислові синтетики (хлоровані біфеніли), побічні продукти хімічного синтезу (діоксини) [11].

Основними ознаками пріоритетності забрудників вважають наступні:

- глобальне поширення за рахунок здатності токсиканту до перенесення на значні відстані;
- висока стійкість до фізичних, хімічних і біологічних трансформацій;
- тривалий період руйнування у навколишньому середовищі;
- висока токсичність при дуже низьких концентраціях;
- здатність до акумуляції у біологічних об'єктах за рахунок високої розчинності у жирах і ліпідах;
- здатність до концентрування шляхом передачі трофічними ланцюгами [11].

Існують різні принципи класифікації забруднень.

Г. В. Стадницький та А. І. Радіонов [15] запропонували класифікувати забруднення таким чином:

– *інгредієнтне забруднення* – сукупність речовин, кількісно або якісно чужорідних екосистемам (продукти згоряння викопного палива, відходи хімічних виробництв, відходи металургії, хвостосховища та шламонакопичувачі, шахтні відвали і терикони, побутові стоки і сміття, пестициди і добрива, нафтовидобування і нафтопереробка, аварійні скиди в акваторіях, відходи харчової промисловості, сільського-господарського виробництва, лісової та деревопереробної промисловості тощо);

– *параметричне* – спричинене зміною якісних параметрів екосистем чи оточуючого середовища загалом (теплове, світлове, радіаційне, електромагнітне);

– *стаціонально-деструктивне* – зміна ландшафтів і екологічних систем у процесі природокористування з метою їхньої оптимізації в інтересах людини (вирубання лісових насаджень, регулювання водотоків, кар'єрна розробка копалин, ерозія ґрунтів, осушення земель, урбанізація, тощо) [11].

Отже, забруднення водних екосистем – це зміна їхніх хімічних, фізичних або біологічних властивостей, яка може негативно впливати на людину або природу та значно обмежити можливості використання води.

7.2. Стадії та види забруднення

Забруднюючі речовини можуть мігрувати водними артеріями на значні відстані. Швидкі темпи забруднення водойм спричиняють зміни водного середовища та його компонентів, що значно впливає на розвиток живих організмів. Ступінь змін і масштаби наслідків залежать від інтенсивності й характеру забруднення, а також від здатності середовища (гідроекосистеми) до самоочищення.

Розрізняють три стадії забруднення природних вод:

– *початкова стадія* – концентрація забруднювачів у воді вища за фонову, але менша за гранично допустиму концентрацію (ГДК). Вода може використовуватися для господарсько-питних потреб;

– *небезпечна стадія* – концентрація забруднювачів у воді досягає або незначно перевищує ГДК. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,02–0,5 км²;

– *дуже небезпечна стадія* – концентрація забруднювачів у воді значно перевищує ГДК. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,5–1,0 км² і більше [6].

До основних видів забруднення поверхневих та підземних вод належать: хімічне, біологічне, теплове і радіоактивне.

Хімічне забруднення – це потрапляння до водного середовища хімічних речовин, внаслідок скидання у водойми стічних вод різних галузей промисловості, енергетики, сільського та комунального господарства, або у результаті надходження у водну товщу значної кількості природних токсинів. Найбільш розповсюдженими забруднювачами є нафта, нафтопродукти, феноли, пестициди та важкі метали. Більшість з них водному середовищу або взагалі не розкладаються, або розкладаються дуже повільно і здатні накопичуватися у трофічних ланцюгах.

Нафта і нафтопродукти відносяться до найбільш небезпечних забруднювачів. Нафта і продукти її переробки являють собою складну, непостійну і різноманітну суміш речовин (низько- і високомолекулярні граничні, неграничні аліфатичні, нафтенові, ароматичні вуглеводні, кисневі, азотисті, сірчисті сполуки, а також ненасичені гетероциклічні сполуки типу смол, асфальтенів, ангідридів, асфальтенових кислот). Нафтопродукти надходять у територіальні морські води під час транспортування нафти, геологічно пошукових робіт на шельфі, експлуатації морських платформ, зі скидами промислових і комунальних стічних вод, а також з річковим і поверхневим стоками. Нафтопродукти сорбують токсичні метали, збільшуючи їх міграційну здатність, сприяють токсикації сполук, що первинно були відносно безпечні. Тривалість існування нафти (нафтових плям) на поверхні

моря може становити від декількох годин до десятків діб [11, 39].

Холодна погода і вода уповільнюють розтікання нафти на поверхні, тому одна і та ж кількість нафти покриває більші ділянки влітку, ніж взимку. Деякі види нафти опускаються і рухаються під товщею води або уздовж поверхні залежно від течії. Сира нафта та продукти переробки змінюють свій склад залежно від температури повітря, води і світла. Компоненти з низькою молекулярною вагою легко випаровуються, або можуть розчинятися у воді [39].

Під впливом сонячних променів нафта окиснюється. Тонка плівка нафти і нафтової емульсії тим легше окисляється у воді, чим товстіший шар нафти. Нафта з високим вмістом металів або низьким вмістом сірки окиснюється швидше, ніж нафта з низьким вмістом металів або високим вмістом сірки [39].

У результаті процесів випаровування, сорбції, біохімічного і хімічного окиснювання концентрація нафтопродуктів може істотно знижуватися, при цьому значних змін може зазнавати їхній хімічний склад. Тому нафтопродукти знаходяться в різних міграційних формах: розчиненій, емульгованій, сорбованій на твердих частинках суспензій і донних відкладів, у вигляді плівки на поверхні води. Зазвичай, в момент надходження основна маса нафтопродуктів зосереджена у плівці. У процесі віддалення від джерела забруднення відбувається перерозподіл між основними формами міграції, спрямованої в бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих нафтопродуктами. Кількісне співвідношення цих форм визначається комплексом факторів, найважливішими з яких є умови надходження у водний об'єкт, відстань від місця скиду, швидкість течії і перемішування водних мас, характер і ступінь забруднення природних вод, а також склад, в'язкість, розчинність, щільність та температура кипіння компонентів [39].

Вертикальна міграція нафти в товщі води постачає частки нафти живим організмам. Мікробні угруповання (бактерії, дріжджі, ниткоподібні грибки) у воді змінюють склад нафти. Від 40% до 80% розлитої сирової нафти піддаються їхньому впливу. Так, проведені у водах Дністра дослідження (Н. Г. Астрова, В. В. Астров, 2006) показали, що у мікробних угрупованнях водотоку потужно представлені бактерії-деструктори нафти і нафтопродуктів *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Micrococcus sp.*, а восени ще і *Rhodococcus sp.* та *Arthrobacter sp.* Доведено, що за повторного надходження однотипних забрудників у водне середовище адаптаційний період мікроорганізмів до субстрату (забруднюючої речовини) значно скорочується і відбувається посилена селекція штамів, здатних трансформувати цей субстрат. У результаті природно виникають активні щодо трансформації токсикантів мікробні популяції, здатні зберігатися у середовищі протягом декількох місяців після повної деградації забруднення.

Нафта і нафтопродукти високотоксичні для всіх екологічних груп гідробіонтів. У забруднених акваторіях відсутній фітопланктон. Токсична дія нафти на фітопланктон проявляється за концентрацій 10^{-3} – 10^{-8} мг/л і проявляється уповільненням або припиненням поділу клітин та зниженням первинної продукції [11].

Первинна продукція морського фітопланктону за хронічного впливу нафтового забруднення за концентрацій нафтопродуктів у воді на рівні 0,05–0,5 мг/л може знижуватися на 50%. Донні рослини та найпростіші витримують концентрації нафти порядку 10^{-4} – 10^{-5} мг/л. Гіллястовусі ракоподібні гинуть за концентрацій цих забрудників в 0,1 мг/л, хірономіди – 1,4 мг/л. Риби уникають забруднених нафтою місць, концентрації ж нафтопродуктів у воді більше 1,6 мг/л призводить до їхньої загибелі [26].

Отже, легкі нерозчинні і розчинні фракції нафти у вигляді плівки або водного розчину отруюють організми, які населяють поверхневі і придонні шари води, а важкі фракції, осідаючи на дно, знищують донні організми.

Феноли – це органічні сполуки ароматичного ряду, в молекулах яких гідроксильні групи зв'язані з атомами вуглецю ароматичного кільця. Фенольні сполуки можуть потрапляти у водні екосистеми з промисловими стічними водами, утворюватися в процесі життєдіяльності гідробіонтів та деструкції органічної речовини.

Бактерії, водорості, найпростіші, ракоподібні і молюски більш стійкі до фенольного отруєння, ніж риби. Порогова концентрація фенолів для *Daphnia magna* складає 7 мг/л. Прісноводні равлики і личинки струмковиків переносять концентрацію фенолів в 10 мг/л. Шкідлива концентрація фенолу за температури 15°C для струмкової форелі складає 9 мг/л, для річкового окуня 12 мг/л. З підвищенням температури токсичність фенолів різко зростає [11].

Пестициди – це отрутохімікати, які використовуються у сільському, лісовому, садово-парковому господарстві, а також у тваринництві, зокрема і в рибництві, для боротьби із хвороботворними мікроорганізмами, паразитами, шкідниками або небажаними рослинами і тваринами. Основним джерелом забруднення водойм пестицидами є стік талих, дощових і ґрунтових вод з оброблених площ. Вони можуть надходити і при занесенні повітряними потоками під час обробки об'єктів, розташованих біля водойм. У водоймі отрутохімікати включаються у трофічні ланцюги і колообіг речовин та можуть накопичуватися у фіто- і зоопланктоні, макрофітах, рибі та донних субстратах.

Важкі метали – це елементи з металічними властивостями, які мають атомну масу вище 50 а. о., густину вище 5 г/см³ і не відносяться до радіоактивних елементів. На відміну від забруднювачів органічної природи вони не розкладаються, а зазнаючи хімічних трансформацій, перероз-

поділяються між компонентами екосистеми, постійно перебуваючи в ній. У водоймах важкі метали переважно сорбуються завислими речовинами і з ними осідають на дно, де можуть накопичуватися протягом десятків років.

Основними джерелами надходження важких металів у природні води є стоки гальванічних цехів машинобудівної і електротехнічної промисловості, целюлозно-паперових підприємств, заводів міндобрив, вилуговування ґрунтів, поверхневий змив із сільськогосподарських угідь, розкладання відмерлих гідробіонтів тощо.

Теплове забруднення – скидання у водойми підігрітих вод систем охолодження енергетичних об'єктів, що порушує термічний режим водойм і здатне стимулювати чи інгібувати внутрішньоводоймні процеси.

Серед теплових забруднювачів водойм перше місце посідають АЕС, ТЕС, ТЕЦ. При скиданні води 20–30°C пригнічується життєдіяльність більшості гідробіонтів, а при 36°C гине риба. Досить часто АЕС скидають у водойми воду при температурі 45°C. За високих температур відбувається зміна хімічного та газового складу води, зменшення кількості кисню, «цвітіння» води, збільшення вміст мікроорганізмів. У ріках, які розташовані нижче від діючих ТЕС і АЕС порушуються умови нересту риб та гине зоопланктон.

Вплив температури на гідробіонти досить різноманітний:

- 26°C – шкідливого впливу не спостерігається;
- 26–30°C – пригнічується життєдіяльність риб;
- понад 30°C – шкідлива дія помітна;
- 34–36°C – загибель риби й інших гідробіонтів [11].

Підвищення температури води вище 30°C для більшості видів водних організмів є пороговим. Хоча рівень негативного впливу підігрітих вод на функціональний стан водних екосистем визначається амплітудою підвищення температури [34, 37].

Радіаційне забруднення – надходження у водойми радіонуклідів при скиданні технологічних вод атомних електростанцій, видобувних уранових підприємств чи аварій на них, або при проведенні випробовування атомної зброї. Так, розрізняють три шляхи надходження радіонуклідів у водойми – повітряне (атмосферне перенесення), водне (поверхневі змиви, ґрунтові води) і біологічне (передача трофічними ланцюгами).

Радіоактивні речовини потрапляють у водойми при скиданні і похованні радіоактивних відходів, при взаємодії підземних вод з радіоактивними гірськими породами, просочування радіоактивних речовин вглиб землі з поверхневими стічними водами і т.д. Потрапивши у водне середовище, вони включаються у процеси міграції та розподілу в абіотичних (вода, донні відклади) і біотичних (гідробіонти різних трофічних рівнів) компонентах

водних екосистем. Оскільки час напіврозпаду різних радіонуклідів триває від кількох годин до тисяч років, радіоактивне забруднення води є дуже стійким і може зберігатися тривалий період. Значна частина радіонуклідів сорбується гірськими породами, а у відкритих водоймах осідають на дно.

Біологічне забруднення – це потрапляння у водойми різних мікроорганізмів, спорів грибів, хробаків, тощо. Головними джерелами біологічного забруднення поверхневих та морських вод є комунально-побутові стоки, харчові відходи, а також стічні води підприємств харчової (м'ясокомбінати, молочні, сироробні, цукрові заводи), целюлозно-паперової, хімічної промисловості та стоки великих тваринницьких комплексів [11].

Крім забрудників антропогенного походження, токсичність водного середовища може бути зумовлена метаболізмом самих гідробіонтів (природна токсичність). Так, під час масового розвитку синьозелених водоростей («цвітіння» води) у водне середовище надходить значна кількість токсичних метаболітів, що може призводити до загибелі зоопланктону та риб.

Таким чином, у водні екосистеми потрапляють сотні тисяч речовин найрізноманітнішої хімічної природи – від простих елементів до найскладніших хімічних сполук, які взаємодіють між собою, утворюючи нетоксичні або ще токсичніші сполуки.

7.3. Джерела антропогенного впливу на гідросферу

Забруднюючі речовини, потрапляючи у природні водойми, призводять до якісних змін води, які в основному виявляються в зміні фізичних властивостей води, зокрема появі неприємних запахів, присмаків; в змінах хімічного складу води, появі в ній небезпечних речовин, у вигляді плаваючих речовин та речовин, що осідають на дно водойми.

Джерела забруднення водойм класифікують за такими ознаками:

– *за походженням* – антропогенні (промислові, житлово-комунальні, сільськогосподарські, транспортні тощо) та природні (атмосферні, гідросферні, літосферні);

– *за локалізацією* – точкові, лінійні та площинні;

– *за тривалістю впливу* – постійні, періодичні та епізодичні;

– *за видом носія забруднювальних компонентів* – стічні, скидні (зрошувальні та дренажні), інфільтраційні та підземні води, води поверхневого стоку та атмосферні опади [40].

Головним джерелом надходження у природні води різноманітних речовин є *стічні води промислових підприємств*. Стічні води більшості підприємств містять значну кількість небезпечних речовин, таких як важкі метали, нафтопродукти, тощо. Значні концентрації забруднювальних речовин у воду

потрапляють зі стічними водами підприємств нафтопереробної, хімічної, целюлозно-паперової, металургійної, текстильної та інших галузей промисловості.

Значної шкоди природним водам можуть завдати *стічні води сільськогосподарських територій* у разі порушення технологій внесення агрохімічних засобів на сільгоспугіддя та їхнє надходження у водні об'єкти. Особливо це стосується колекторних і дренажних вод зрошуваних полів. Стік з сільськогосподарських угідь може бути поверхневим і ґрунтовим, тому на цих територіях часто забруднюються ґрунтові води [43].

Суттєвим джерелом забруднень водойм є *господарсько-побутові стічні води*. Вони утворюються в результаті використання населенням водопровідної води у побутових цілях.

Забруднення *повітряного басейну* погіршує якість води. Оскільки в атмосферних опадах містяться мінеральні, органічні та завислі речовини, насамперед сполуки сірки, вуглецю, деякі важкі метали. Значне забруднення водойм спричиняють «кислі» дощі як наслідок сполучення в атмосфері діоксиду сірки з парами води.

Таким чином, головними джерелами забруднення водойм є:

- неочищені або недостатньо очищені побутові, виробничі стічні води;
- змив отрутохімікатів і добрив з сільськогосподарських угідь;
- витік нафти і нафтопродуктів;
- газодимові викиди, які осідають з атмосфери.

У результаті впливу зазначених джерел у поверхневі водойми потрапляють: органічні речовини (нафта й нафтопродукти, феноли, сплави, лігніни, жирові речовини, ароматичні вуглеводні і т.д.), важкі метали (купрум, цинк, нікель, кобальт, ферум, манган, кадмій, плюмбум і т.д.), патогенні мікроорганізми тощо.

Крім поверхневих вод забруднюються і підземні води, в першу чергу в районах великих промислових і сільськогосподарських центрів. Джерела забруднення підземних вод дуже різноманітні. Це витоки з каналізаційних трубопроводів і споруд, забруднені поверхневі води з промислових підприємств, сільськогосподарських комплексів, ферм, мулонакопичувачі, заправні станції, терикони [43].

Досить часто забруднення підземних вод відбувається під час видобутку корисних копалин. Забруднення підземних вод може бути дуже небезпечним, оскільки не обмежуються площами підприємств, сховищ відходів тощо, а поширюються вниз за течією потоку на відстані 20–40 км і більше від джерела забруднення. Забруднення підземних вод негативно позначаються і на екологічному стані поверхневих вод, атмосфери, ґрунтів, інших компонентів

природного середовища.

До джерел забруднення вод відносять: стічні води промислових і комунально-побутових підприємств; зворотні води; аварійні скиди рідких продуктів і відходів; втрати продуктів і матеріалів при видобуванні корисних копалин в акваторіях; води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь, фільтрацію забруднюючих речовин з технологічних водойм та сховищ у підземні водоносні горизонти; надходження шкідливих речовин з донних відкладів (вторинне забруднення); інші джерела негативного впливу на стан водних об'єктів [9, 11].

Отже, трансформація водозборів, неорганізовані дифузні стоки з водозбірних територій, транскордонні потоки, атмосферні опади, промислові і побутові скиди викликають масове забруднення водних об'єктів, порушуючи їхні внутрішні процеси міграції, колообігу та трансформації речовин, впливаючи негативно на якість води, призводячи до захворювань гідробіонтів та порушення функціонування, а подекуди і структури водних екосистем.

7.4. Наслідки антропогенного впливу на гідросферу

Згідно літературних даних, щорічно в Світовий океан скидається до 300 млрд м³ стічних вод, причому 90% з них недостатньо очищені [2, 19]. Найбільшу небезпеку для гідробіонтів становлять нафтові вуглеводні (особливо бензопірен), пестициди та важкі метали. Надходячи у водні екосистеми хімічні речовини акумулюються гідробіонтами та передаються трофічними ланцюгами, що призводить до загибелі консументів навіть високих порядків, у тому числі і наземних тварин. Забруднення водних екосистем призводить до таких наслідків: порушення стійкості екосистем, евтрофікація, накопичення токсикантів у біоті, зниження біологічної продуктивності тощо.

Порушення стійкості екосистем. Стійкість екосистеми – здатність пристосовуватися до змін зовнішнього середовища в певних межах, зберігати структуру й функціональні властивості та повертатися у вихідний (або близький до нього) стан після впливу факторів, що виводять її з рівноваги. Для оцінки стійкості екосистем розраховують екологічний резерв екосистеми.

Екологічний резерв екосистеми – це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі зміни, що не руйнують екосистему. У більшості випадків стійкість екосистем залежить від стійкості організмів та популяцій, які до неї входять. Стійкість організмів та популяцій проявляється у їхній здатності до самопідтримки, збереження та адаптації в умовах несприятливих зовнішніх впливів. Досить часто надходження значної кількості забруднюючих речовин призводить до порушення екологічного резерву

екосистеми і, як наслідок, неможливості біоти швидко адаптуватися до несприятливих умов водного середовища. Для водних екосистем з низькою стійкістю характерні спалахи чисельності окремих видів.

Евтрофікація водойм полягає у підвищенні рівня первинної продукції органічної речовини внаслідок збільшення концентрації біогенних елементів, головним чином азоту і фосфору.

Вміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватись внаслідок внутрішньоводоймних (автохтонних) процесів (природна евтрофікація): розкладу органічної речовини, азотфіксації та переходу у воду біогенних елементів, депонованих у донних відкладах, так і при надходженні біогенних речовин ззовні – з алохтонних джерел. Зазначені біогенні елементи можуть потрапляти у водойми з стічними водами тваринницьких комплексів, комунально-побутових та промислових стічних вод, тощо. Причиною прискореної евтрофікації може стати зарегулювання річкового стоку, коли велика кількість біогенних елементів вимивається із затоплених ґрунтів [34].

Евтрофікацію водойм, яка пов'язана з життєдіяльністю чи господарською діяльністю людини називають *антропогенною*. За джерелами надходження біогенів виділяють три типи антропогенної евтрофікації:

- *урбогенну*, яка виникає внаслідок скидання неочищених або недоочищених від сполук фосфору та азоту комунально-побутових стічних вод;
- *агрогенну*, яка виникає внаслідок вимивання ґрунтовими водами та дощовими зливами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь;
- *зоогенну*, яка виникає внаслідок скидання у водойми стоків тваринницьких ферм або за багаторазового водопою чи купання великих стад худоби [11].

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості), масовий розвиток водоростей, що призводить до «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації – при масовому відмиранні водоростей та інших організмів. В залежності від кількості біогенів, що надходять у водну екосистему, може прискорюватись перехід оліготрофних водойм до мезотрофних і евтрофних.

В евтрофованих водоймах суттєво змінюються фізико-хімічні властивості середовища: підвищується вміст біогенних і органічних речовин, знижується рівень насиченості води киснем, у придонних шарах води з'являються анаеробні зони, зростає каламутність і падає прозорість води. Накопичення надмірної кількості органічних речовин у донних мулових відкладах супроводжується утворенням метану, водню, сірководню, аміаку, які можуть виділятися у вигляді бульбашок, а при розчиненні у воді надають їй непри-

емного запаху і виявляють токсичну дію на рибу і безхребетних, особливо взимку в підлідний період, що призводить до масової загибелі риби.

Водорості і вищі водні рослини здатні накопичувати азот і фосфор при надходженні у водне середовище в значно більшій кількості за їхні фізіологічні потреби [34]. При відмиранні рослин зазначені сполуки знову потрапляють у воду.

В скупченнях синьозелених водоростей, які розкладаються (плями цвітіння), – вміст мінеральних форм біогенних речовин зростає в 5–10 разів, органічних – в 20–50 разів порівняно зі звичайною водою, яка «цвіте». Співвідношення С : N знижується в 4–5 разів [43].

Умовами, які сприяють евтрофікації є:

- нестійкість екосистеми чи наявність факторів, які спричиняють порушення рівноваги в екосистемі водойми;

- підвищені концентрації біогенних речовин, переважно азоту і фосфору;

- слабкий водообмін та посилене прогрівання води [43].

Основними заходами, які спрямовані на зменшення евтрофікації водойм вважають нормування добрив, обмеження стоку біогенних елементів з сільськогосподарських угідь, боротьбу з ерозією ґрунтів, створення, ставків-накопичувачів дренажних вод у районах зрошуваного землеробства, створення лісосмуг, глибоке очищення стічних вод перед скиданням у водойму.

Крім того, необхідне проведення загальнодержавних водоохоронних заходів: безстічні і малостічні системи водовідведення; оборотні системи водопостачання тощо.

Накопичення токсикантів у біоті. Вплив токсикантів на біоту водойм здійснюється через декілька основних процесів: біофільтрацію (планктонні гіллястовусі ракоподібні, веслоногі рачки-фільтратори, двостулкові молюски, риби-сестонофаги); біоаккумуляцію – абсорбція на поверхні тіла, осмотичне проникнення і накопичення у тканинах і органах гідробіонтів; поглинання кореневою системою водних рослин; біомагніфікацію (передача по трофічних ланцюгах з накопиченням у вищих ланках, особливо у хижих і бентосоїдних рибах та рибоїдних птахів) [11].

Крім того, гідробіонти засвоюють радіонукліди з водного середовища через покривні тканини, зябровий апарат та травний тракт. Асиміляція радіонуклідів відбувається пасивно й активно. Пасивний обмін пов'язаний з вирівнюванням градієнтів концентрації солей у воді та тканинах, активний процес накопичення зумовлений здатністю біологічних мембран поглинати радіонукліди з водного середовища. Вони можуть швидко переходити трофічними ланцюгами від одних організмів до інших.

Зниження біологічної продуктивності. Біологічна продуктивність – це

відтворення біомаси рослин, тварин і мікроорганізмів, які входять до складу гідробіоценозу. Відтворення біомаси видових популяцій рослин і тварин протікає з певною швидкістю, тому біологічна продуктивність може бути виражена продукцією за сезон, за рік, за декілька років чи інші одиниці часу.

При потраплянні забруднювачів до водойми зникають рослини, тварини і мікроорганізми, а залишаються лише види, які швидко можуть адаптуватися до екстремальних умов.

Забруднення водних екосистем призводить до зниження темпу зростання гідробіонтів та їхньої загибелі, падіння стійкості біоценозів внаслідок порушення трофічних зв'язків тощо.

Питання для самоконтролю

1. Проаналізуйте стадії та види забруднення водних екосистем.
2. Перерахуйте основні джерела антропогенного впливу на гідросферу.
3. Що розуміють під терміном «евтрофікація»?
4. Які основні причини виникнення евтрофікації?
5. Назвіть наслідки антропогенного впливу на гідросферу?

РОЗДІЛ 8. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

- 8.1. Загальна характеристика стічних вод.
- 8.2. Методи очищення стічних вод.
- 8.3. Основні споруди біологічного очищення стічних вод.
- 8.4. Використання біоплато в очищенні стічних вод

8.1. Загальна характеристика стічних вод

Стічні води – сума об'ємів дощових, талих та поливо-мийних вод із урахуванням аварійних витоків, рідкі відходи, що утворюються в результаті побутової, сільськогосподарської та промислової діяльності людини, а також організованого видалення з території міст та населених пунктів атмосферних осадів [43].

Однією з перших, яка широко використовується нині, була класифікація стічних вод Е. О. Веселова [3].

За цією класифікацією стічні води поділяють на 2 групи:

- стічні води, що містять органічні забруднювачі;
- стічні води, що містять неорганічні забруднювачі.

Органічними забруднювачами у стічних водах можуть бути:

- первинні продукти тваринного походження (рештки, продукти життєдіяльності тварин, природні тваринні токсини);
- первинні продукти рослинного походження (рештки відмерлих рослин, продукти життєдіяльності, токсини, що утворюються у процесі їхньої життєдіяльності – алкалоїди, глюкозиди і т.д.);
- продукти термічної переробки твердого палива (кам'яного вугілля, торфу);
- нафта, нафтопродукти і їхні компоненти;
- органічні кислоти;
- кетони і спирти;
- феноли;
- органічні фарбники і їхні компоненти;
- поверхнево активні речовини (синтетичні миючі засоби);
- пестициди (інсектициди, гербіциди, фунгіциди, нематоциди, зооциди, репеленти, хемостерилізатори, стимулятори й інгібітори росту рослин, дефоліанти і т.д.).

Неорганічними забруднювачами у стічних водах можуть бути:

- сірководень, сірчисті і сірчані сполуки;
- неорганічні кислоти і луги;

- мінеральні солі лужних і лужноземельних металів (хлориди, сульфати, нітрати, нітрити і т.д.);
- мінеральні солі важких металів;
- мінеральні зависі [11].

Кожна з груп забруднюючих речовин, у свою чергу, ділиться на дві підгрупи: стічні води без специфічних токсичних властивостей і стічні води із специфічними токсичними властивостями.

Стічні води без специфічних токсичних властивостей не мають чітко виражених фіксованих ознак отруєння живих організмів конкретною речовиною. Отруєння протікає за принципом розвитку загального адаптаційного синдрому на будь-який стресовий вплив. Такі стічні води містять високі концентрації нестійких органічних речовин і продуктів їх анаеробного розпаду. Внаслідок гниття і бродіння у воді накопичуються отруйні гази – сірководень, метан, аміак, а також молочна і оцтова кислота; різко погіршується кисневий режим, що супроводжується явищами задухи серед гідробіонтів.

Стічні води із специфічними токсичними властивостями характеризуються наявністю чітко виражених фіксованих ознак отруєння конкретною речовиною: типові поведінкові реакції (специфічний характер руху, певна тривалість періодів спокою та активності); характерна зміна кольору зовнішніх покривів; наявність або відсутність слизу (його консистенція, забарвлення, рН); характерні зовнішні ушкодження (руйнування плавців, некрози шкіряних покривів, виразки, офтоальмія, помутніння рогівки очей і т.д.), специфічні ознаки ушкодження внутрішніх органів і т.д. [11].

Згідно з класифікацією, прийнятою Міжнародною конвенцією, найнебезпечнішими скиданнями й відходами є наступні:

- хлорорганічні сполуки, що різко знижують здатність фітопланктону до фотосинтезу, а отже, до виробництва кисню;
- сполуки ртуті й кадмію, що мають дуже токсичні властивості;
- нафта й нафтопродукти, що наносять значний збиток біоценозам морів та океанів через відсутність ефективних методів очищення;
- сполуки миш'яку, свинцю, міді та цинку;
- нерозчинні у воді відходи багатьох хімічних виробництв, які легко проникають у біологічні системи та накопичуються в трофічних ланцюгах;
- радіоактивні відходи;
- побутові відходи [2].

Е. О. Веселов розрізняє три фази взаємодії між стічними водами і водою у водоймах:

- зміна фізичних, фізико-хімічних, хімічних властивостей води за рахунок

перебігу хімічних реакцій;

– токсична дія на гідробіонтів;

– стабілізація стану водойми у результаті фізичних, хімічних і біологічних процесів самоочищення [11].

За походженням стічні води можуть бути класифіковані на *побутові* та *виробничі*. Побутові стічні води утворюються в житлових, адміністративних та комунальних (лазні, пральні і т.д.) приміщеннях, а також в побутових приміщеннях промислових підприємств. Виробничі стічні води утворюються в процесі виробництва різних товарів, виробів та продуктів матеріалів. Дощові стічні води утворюються у процесі випадання дощів і танення снігу.

Однією з основних характеристик стічних вод є їхня кількість, характеризувана витратою, що вимірюється в л/с або м³/год, м³/добу. Склад стічних вод та їхні властивості оцінюють за результатами санітарно-хімічного аналізу. Санітарно-хімічний аналіз стічних вод передбачає визначення наступних показників: температура, забарвлення, запах, прозорість, величина рН, сухий залишок, завислі речовини, перманганатна окислюваність, азот (загальний, амонійний, нітратний, нітритний), фосфати, хлориди, сульфати, важкі метали, поверхнево-активні речовини (ПАР), нафтопродукти, розчинений кисень, мікробне число, бактерії групи кишкової палички (БГКП), яйця гельмінтів тощо. Крім перерахованих показників, у виробничих стічних водах можуть визначати специфічні показники.

8.2. Методи очищення стічних вод

Залежно від фізичного стану, складу і концентрації забруднюючих речовин використовують різні способи очистки стічних вод – механічний, хімічний і біологічний. Найдосконаліші способи очистки стічних вод не забезпечують повного звільнення їх від забруднень. Очистка стічних вод на 80–90% вважається досить досконалою, а звільнитись від решти 10–20% найбільш стійких забруднень не вдається [14].

Відомо три основних методи очищення стічних вод. Перший полягає у скиданні стічних вод у великі водотоки, де вони розбавляються прісною проточною водою, аеруються і нейтралізуються природним шляхом. Останнім часом, у зв'язку з величезною кількістю стічних вод, які скидаються у водотоки, та високим рівнем їхнього забруднення такий спосіб очищення не відповідає сучасним уявленням про екологічну безпеку. Другий метод полягає у скороченні обсягу стічних вод шляхом зміни технологічних процесів і впровадження безвідходних технологій. Третій метод передбачає видалення або зниження вмісту забруднювачів у стічних водах механічним, хімічним і біологічним способами. Цей метод в основному використовують на очисних

станціях комунально-побутових стоків [11].

Найбільш перспективним і радикальним вирішенням проблеми забруднення водойм є будівництво сучасних багаторівневих очисних споруд, де процес очищення стічних вод включає первинне, вторинне і третинне очищення, дезінфекцію та дезодорацію води.

Первинне очищення включає проціджування, центрифугування, безреагентну флотацію, фільтрування та відстоювання. На шляху потоку стічних вод встановлюють ґрати або сита, які уловлюють плаваючі предмети і грубі зависі. Пісок й інші неорганічні частинки осідають у пісколовках з похилим дном або уловлюються ситами. Принцип дії пісколовок базується на зміні швидкості руху важких частинок у потоці рідини. Для очищення виробничих стічних вод, що містять специфічні забруднення, застосовують споруди, які називаються жироловками, нафтопасками, мастило- і смололовками.

Від твердих завислих речовин, нафтопродуктів, масел та інших емульгованих речовин стічні води очищують також флотацією. Суть процесу полягає у специфічній взаємодії завислих речовин з бульбашками тонкодиспергованого у воді повітря з наступним утворенням на поверхні води шару піни з вилученими домішками. Флотаційне очищення стічних вод здійснюють у апаратах двох типів, які відрізняються способом диспергування повітря: турбіною насосного типу або напірного типу з додаванням коагулянта. Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок або шарів, які затримують одну (тверду) фазу цих систем і пропускають іншу (рідку). Далі стічні води перекидаються у відстійники для осадження дуже дрібних частинок. Отримана у такий спосіб маса стічних вод, яка містить до 70% органічних речовин, пропускається через залізобетонний резервуар – метантанк, у якому в анаеробних умовах відбувається деструкція органіки за участю анаеробних бактерій [11].

Вторинне очищення здійснюється біологічними методами з використанням процесів аеробного окиснення за участю бактерій. Стічні води пропускають через піщані, щебеневі чи гравійні фільтри, на поверхні яких бактерії утворюють плівку і розкладають органіку по мірі її проходження через фільтр. Це так звані бактеріальні фільтри, які дозволяють знизити БСК більш ніж на 90%. Для вторинного очищення використовують також аеротенки – пристосування, де відбувається примусова аерація стічних вод і їхнє перемішування з активним мулом, який утворюється у відстійниках, де активно розвивається мікрофлора. Іншим методом вторинного очищення є тривале відстоювання води у біоставках. Для біологічного очищення стічних вод використовують також біоплато – інженерні споруди з полями вищої

водної рослинності, яка пропускаючи через свої організми стічні води, звільняє їх від біогенних і органічних речовин та токсикантів, які здатні трансформуватися [11].

Таким чином, споруди біологічної очистки умовно можуть бути розділені на два види. До першого виду належать споруди, в яких процес біологічного очищення протікає в умовах, близьких до природних (поля фільтрації та біологічні ставки). У спорудах другого виду аналогічне очищення здійснюється у штучно створених умовах – в аеротенках і біофільтрах.

На рисунку 8.1 представлена схема повної біологічної очистки стічних вод.

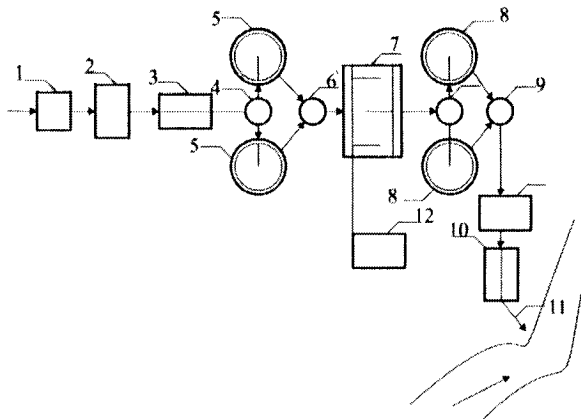


Рис. 8.1. Схема очисних споруд при використанні біологічної очистки стічних вод: 1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3 – пісколовки; 4 – збирна камера; 5 – первинні відстійники; 6 – розподільна камера; 7 – аеротенк; 8 – вторинні відстійники; 9 – споруда доочистки; 10 – дезінфекція стічних вод; 11 – випуск стічних вод; 12 – повітродувна станція

За допомогою каналізаційної насосної станції, розташованої на території населеного пункту, стічні води потрапляють в приймальну камеру (1). З приймальної камери стічні води надходять до решіток (2), де вони звільняються від грубодисперсних домішок. Далі стічні води надходять у пісколовки (3), де проводиться їхнє очищення від мінеральних домішок, головним чином від піску. З пісколовок стічні води самопливом надходять в розподільну камеру (4), а з неї в первинні відстійники (5). У відстійниках стічні води очищаються від органічних домішок, що знаходяться в нерозчиненому стані. З розподільної камери (6) стічні води надходять в аеротенки (7). В аеротенках стічна вода за допомогою повітря перемішується з активним мулом. В аеротенках

відбувається мінералізація органічної речовини. З аеротенків стічна вода надходить у вторинні відстійники (8), де в результаті відстоювання відбувається відділення очищеної води від активного мулу. Далі стічна вода надходить у споруди глибокої доочистки (9). На спорудах глибокого очищення стічна вода очищається до норм скидання у водоймище. Після цих споруд стічна вода надходить до споруди дезінфекції (10), а після них скидається у водойму (11). На майданчику очисних споруд розташована повітродувна станція (12) [45].

Третинне очищення здійснюється хімічними методами. Стічні води, які пройшли первинне і вторинне очищення, ще містять розчинені забрудники, що роблять їх практично непридатними для будь-яких цілей, окрім зрошення. Розчинені неорганічні речовини видаляються зі стічних вод шляхом іонного обміну, хімічним осадженням, пом'якшенням води, зміною осмотичного тиску для посиленої фільтрації води через мембранні фільтри, здатні затримувати поживні речовини – нітрати, фосфати і т.д.

Після трирівневої очистки стічних вод їх необхідно знезаразити, тобто знищити мікроорганізми. Дезінфекція стічних вод є заключним етапом їхньої обробки перед скиданням у водойму. Знезараження здійснюють двома шляхами – обробкою води сильними окиснювачами або ультрафіолетовим випромінюванням. Із сильних окиснювачів для знезараження найчастіше застосовують хлор та хлоровмісні реагенти, у деяких випадках – йод, для невеликих об'ємів води – обробку перманганатом калію чи перекисом водню, для знезараження підземних вод – бактерицидні установки. Перспективним є озонування води. Для знебарвлення води широко використовується очищення за допомогою сорбентів [11, 45].

Вибір методів очищення стічних вод залежить від багатьох факторів: витрати стічних вод і потужності водойми, розрахунку необхідного ступеня очищення, рельєфу місцевості, рівня ґрунтових вод, енергетичних витрат і ін.

8.3. Основні споруди біологічного очищення стічних вод

Аеротенки – споруди для штучного біологічного очищення стічних вод за допомогою активного мулу і продування повітрям. Аеротенк являє собою бетонний проточний басейн глибиною 3–5 м, шириною 3–12 м і довжиною до 150 м. В аераційних спорудах мікромобільна маса перебуває в завислому стані у вигляді окремих пластівців, що являють собою зооглейні скупчення мікроорганізмів, найпростіших і більш високоорганізованих представників фауни (коловертки, черв'яки, личинки комах), а також водних грибів і дріжджів. Біоценоз організмів, який розвивається в аеробних умовах на органічних забрудненнях, що містяться в стічній воді називають активним

мулом. Для безперервного контакту активного мулу і стічної води, вони постійно перемішуються шляхом подачі стисненого повітря або за допомогою спеціальних споруд (рис. 8.2).

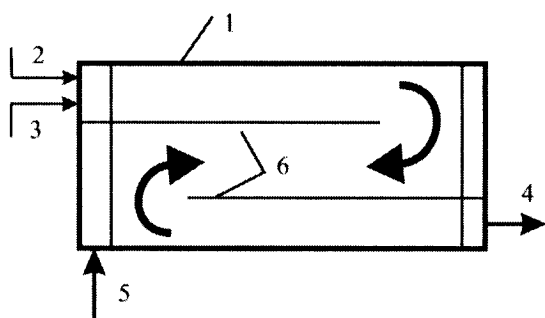


Рис. 8.2. Схема біологічного очищення стічних вод у аеротенках-витискувачах: 1 – корпус аеротенки; 2 – подача стічних вод; 3 – подача активного мулу; 4 – випуск мулової суміші; 5 – подача повітря; 6 – перегородки

Ефект очищення в аеротенках, якість і окиснювальна здатність активного мулу визначаються складом і властивостями стічних вод, гідродинамічними умовами перемішування, температурою, рН, наявністю елементів живлення та іншими факторами.

На процес очищення впливає якість мулу, яка залежить від співвідношення між масою активного мулу (за сухою речовиною) і масою забруднюючих речовин, що знаходяться в очищувальній воді. Як правило, 1 г мулу зберігає свою нормальну активність при навантаженні 200–400 мг кисню. При більш високих навантаженнях (1000–1200 мг/л), тобто при роботі аеротенків на неповну очистку, активний мул регенерують.

Ефективність біологічного очищення стічних вод залежить від навантаження на мул, окиснювальної здатності мулу та його віку. Навантаження на мул характеризує кількість забруднень, а окиснювальна здатність – кількість нейтралізованих забруднень. Окиснювальна здатність залежить від кількості та якості мулу. В аеротенках різних конструкцій кількість мулу варіює від 1 до 2 г/л [45].

Вік мулу – це середній час перебування мулу в аеротенку. Показник якості активного мулу – його здатність до осадження, який оцінюється муловим індексом. Муловий індекс визначають як мул після 30-хвилинного відстоювання 100 мл мулової суміші, віднесеної до 1 г сухої речовини мулу. Індекс мінералізованого мулу складає 60–90. Неякісний мул має індекс 150–200.

Розрізняють аеротенки-змішувачі, аеротенки-витискувачі і аеротенки проміжного типу. Залежно від необхідного ступеня очищення, аеротенки проектують або на повну біологічну очистку, або на часткову біологічну очистку.

За технологічною схемою розрізняють аеротенки одноступеневі, дво-ступеневі і аеротенки з регенераторами. На початку процесу очищення в аеротенку, при змішуванні стічної рідини з активним мулом, забруднення сорбуються активним мулом і частково окиснюються. Цей процес триває близько 2 годин. Часткова сорбція нерозчинених і колоїдних речовин може відбуватися і при нестачі кисню. На третій стадії процесу внаслідок нітрифікації амонійних солей швидкість споживання кисню знову зростає [45].

Біофільтри – ємнісні споруди, заповнені щебенем (40–70 мм) або пластмасами (листи, рулони, обрізки труб). За формою вони можуть бути квадратними, круглими або прямокутними. Поверхня біофільтра зрошується зверху стічними водами рівномірно через невеликі проміжки часу (рис. 8.3).

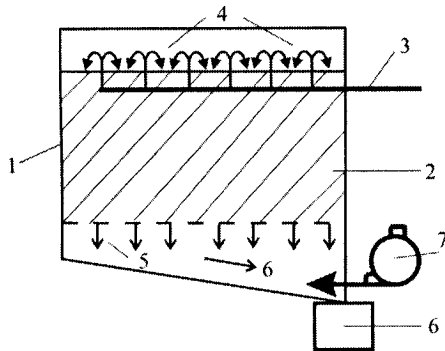


Рис. 8.3. Схема біологічного фільтра: 1 – корпус біофільтра; 2 – фільтруюче завантаження; 3 – подача стічних вод на очищення; 4 – водорозподільний пристрій; 5 – дренажний пристрій; 6 – очищена стічна вода; 7 – вентиляційний пристрій

Пройшовши через біофільтр забруднена стічна вода внаслідок адсорбції залишає в ньому завислі колоїдні органічні речовини, що не осіли в первинних відстійниках та створюють біологічну плівку, яка густо заселена мікроорганізмами. Мікроорганізми біоплівки окиснюють органічні речовини і отримують необхідну для своєї життєдіяльності енергію. Частину розчинених органічних речовин мікроорганізми використовують для збільшення своєї біомаси. Таким чином, із стічної рідини видаляються органічні речовини, а в

біофільтри збільшується маса активної біологічної плівки. Відпрацьована та відмерла плівка змивається стічною водою і виноситься з біофільтра [22, 45].

Біофільтри безперервної дії за пропускну здатністю можуть бути поділені на крапельні і високонавантажені (аерофільтри). За способом подачі повітря і ті, й інші можуть бути з природною і зі штучною вентиляцією.

Комбіновані споруди. Для біологічного очищення стічних вод, крім біофільтрів і аеротенків, знаходять застосування комбіновані споруди, що мають ознаки аеротенків і біофільтрів. Використання комбінованих споруд дає можливість виправити певні недоліки. Процес біологічного очищення залежить від двох основних факторів – сприятливих умов життєдіяльності прикріпленого і вільноплаваючого біоценозів та поверхні для їх прикріплення.

Комбіновані споруди класифікують за такими групами та підгрупами:

1. Занурені біофільтри (дискові, шнекові, барабанні з наповнювачами, трубчасті).

2. Аеротенки з наповнювачами (стаціонарними, блоковими, сітчастими, тканинними, засипними, вільноплаваючими).

3. Аеротенки із зануреними біофільтрами (стаціонарними, плаваючими).

4. Циркуляційні окиснювальні канали (аналогічно п. 2 і 3).

5. Аеровані біологічні ставки (аналогічно п. 2 і 3).

6. Біореактори (затопленні біофільтри).

6.1. Аеробні з гранульованим завантаженням (нерухомим і рухомим в псевдозрідженому стані).

6.2. Анаеробні з гранульованим завантаженням (нерухомим і рухомим в псевдозрідженому стані).

7. Біореактори з вибірковими ємностями (з суцільним дном, перфорованим дном) [45].

З перерахованих споруд найчастіше використовуються занурені біофільтри, аеротенки з наповнювачами, біореактори і біотенки.

8.4. Використання біоплато в очищенні стічних вод

Стоки підприємств містять різні полютанти, серед яких особливу небезпеку становлять важкі метали, нафтопродукти, феноли та синтетично поверхнево-активні речовини, які мають мутагенні і канцерогенні властивості та завдають значної, інколи непоправної екологічної шкоди гідроekосистемам. Найбільш ефективними, низькозатратними і екологічними є способи очищення стічних вод, засновані на використанні біоценозів різних видів водних організмів – вищих водних рослин (ВВР), бактерій, водоростей, безхребетних, риб, які здатні акумулювати різні забруднюючі речовини.

До переваг методів фітотехнології належить: екологічна безпечність, низька вартість та високий ступінь очищення і низькі витрати на будівництво та видатки при експлуатації [19].

В Україні фахівцями науково-інженерного центру «Потенціал-4» разом із співробітниками Інституту гідробіології НАН України запропоновано різні типи інженерно-біологічних споруд на основі закритого біоплато гідропонного типу, що знайшли широке застосування в різних галузях виробництва для очищення та доочищення стічних вод. Ці гідрофітні споруди Інституту гігієни та медичної екології визнані як такі, що забезпечують нормативну якість зворотних вод для водойм господарсько-питного та рибогосподарського використання [35].

В основу технології закритого біоплато гідропонного типу покладено використання як природних процесів самоочищення, властивих водним екосистемам, так і управління цими процесами на основі розрахунків, що базуються на обліку зовнішніх чинників (температури води і повітря, рН і Eh середовища, періоду року, гідравлічного навантаження на споруди, початкової концентрації розчиненого у воді кисню і забруднюючих речовин), а також технологічних параметрів біоплато (площі та матеріалу ефективних поверхонь як субстрату прикріплення для різноманітних водних організмів – бактерій, актиноміцетів, грибів, найпростіших і одноклітинних водоростей, ракоподібних, черв'яків, комах; внесення в період запуску біопрепаратів з селективно підібраними гідробіонтами-біодеструкторами).

До важливих характеристик штучно сформованого біоценозу макрофітів і мікроорганізмів в біоплато є загальна площа біоплато, яку займають рослини, їхній видовий склад і чисельність на 1 м^2 ; час контакту потоку води з біоценозом, режим експлуатації біоплато.

У процесі використання біотехнологічного способу детоксикації вод важливе значення має вибір рослин. Вони повинні мати високу поглинальну здатність, бути досить стійкими й невибагливими до змін гідрологічного режиму й гідрохімічних властивостей води.

При очистці стічних вод використовують такі види вищих водних рослин, як комиш, очерет озерний, рогіз вузьколистий і широколистий, рдест гребінчастий і кучерявий, спіродела багатокорінева, елодея, водний гіацинт (ейхорнія), ірис болотний, сусак, стрілолист звичайний, гречиха земноводна, резуха морська та інші.

Характерною рисою стічних вод більшості підприємств є високий вміст важких металів, що негативно впливає на водні рослини. Тому розрахунок біоплато здійснюють на підставі допустимих концентрацій металів у стічних водах, а створення штучних гідрогеохімічних бар'єрів повинно бути

пов'язаним з обґрунтуванням вимог до якості очищеної води. Рослини, які виробили біохімічні механізми адаптації щодо екстремальних умов ареалу їхнього поширення, вважають концентраторами важких металів і тому вони можуть бути використані при очищенні води.

Одним з варіантів побудови біоплато є «ботанічна площадка», яка складається з бетонного водорозподільного лотка й паралельних каналів, що відходять від нього. Наприкінці каналів розміщують горизонтальну площадку доочищення. У каналах і площадках доочищення висаджують водні рослини із розрахунку від 50 до 200 рослин на 1 м² (суміш різних вищих рослин водних угруповань). Технологія садіння таких рослин полягає в заборі кореневищно-грунтової маси із природних місць виростання та наступному рівномірному її вкладанні шаром товщиною 20–30 см в зоні створення біоплато за сприятливого гідрологічного режиму. Лише після вкорінення й початку росту рослин на садівний матеріал вкладають гравій товщиною 10 см, щоб уникнути потрапляння в очищувальну воду частинок ґрунту [35].

Після того, як рослини досягли висоти 1–1,5 м у канали поступово надходить вода в невеликих кількостях до повної адаптації рослин. Поступово водною рослинністю заповнюють весь простір каналів, коли починається стадія стабільного очищення стічних вод. Щорічне збирання надводної частини рослин на біоплато відбувається шляхом викошування рослин наприкінці їхньої вегетації [35].

Рівень очищення води з використанням водних рослин залежить від часу контакту забрудненого потоку з біоценозом. У системах біоплато підтримується, як правило, мінімальний рівень контакту рідини з біоценозом. Єдиний шлях в цьому напрямку – поєднання функцій біоплато з простими інженерними засобами, які дозволили б підвищити в заростях вищих водних рослин час контакту забруднюючої рідини з біоценозом і, таким чином, збільшити ефективність очищення.

Питання для самоконтролю

1. Як класифікують стічні води?
2. Якими показниками характеризуються стічні води?
3. Перерахуйте основні методи очищення стічних вод.
4. Поясніть суть біологічної очистки стічних вод?
5. Назвіть основні споруди біологічної очистки стічних вод.
6. Проаналізуйте переваги використання методів фітотехнології.

РОЗДІЛ 9. САМООЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ

- 9.1. Поняття про самоочищення водойм.
- 9.2. Фактори самоочищення.
- 9.3. Роль гідробіонтів у процесах самоочищення водойм.
- 9.4. Швидкість самоочищення водойм та заходи щодо його інтенсифікації.

9.1. Поняття про самоочищення водойм

Самоочищення – сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, які зумовлюють розкладання, утилізацію забруднювальних речовин та частково відновлюють природну якість вод. Процес самоочищення стосується не лише складу води, а й мікрофлори, водної рослинності, тваринного світу водойми, тобто всього біоценозу, який склався в природних умовах і дуже тісно пов'язаний з хімічним складом води [43].

Самоочищення не означає очищення води до нульового вмісту хімічних елементів. Відомо, що дистильована вода є токсичною для гідробіонтів, не зважаючи на те, що є «хімічно чистою». Тому кінцевим станом процесу самоочищення є створення біологічно повноцінної води, тобто придатної для існування у ній гідробіонтів і водокористування [47].

Потенційні можливості водойми до самоочищення зумовлюються такими процесами, як седиментація, розбавлення і розкладання складних органічних речовин. Нестійкість більшості компонентів забруднень, які з часом виводяться з розчину під впливом різних процесів, сприяє самоочищенню. Нестійкі органічні речовини, внесені у водойму зі стічними водами, є чужими для тих умов, які властиві водоймі, і не можуть існувати через присутність великої кількості мікроорганізмів. Таке саме явище спостерігається й у разі бактеріального складу, що вноситься зі стічними водами у водойму, умови якої не відповідають умовам їхнього розвитку. З часом більша частина їх відмирає, чому сприяє також антагонізм між внесеною із забрудненнями мікрофлорою, що містилась у водоймі в природних умовах [43].

Дуже забруднена річка за сприятливих обставин і відсутності постійного поповнення забруднювальними речовинами може послідовно шляхом самоочищення перейти від стану сапробної зони у мезосапробну і навіть в олігосапробну. Це трапляється внаслідок покращання фізичних властивостей під впливом адсорбції завислими частинками органічних речовин, важких металів, мікроорганізмів, коагуляції та седиментації завислих неорганічних і органічних речовин, мінералізації нестійкої органічної речовини, зростання концентрації кисню за рахунок аерації та водної рослинності, різкого зниження вмісту сапрофітних мікроорганізмів і відмирання патогенних бактерій [40, 47].

Завдяки процесу самоочищення невелике забруднення не може змінити природного стану водойми. Якщо зі січними водами надходить велика кількість завислих частинок процес самоочищення значно вповільнюється. Кожна водойма має певну межу самоочисної здатності від забруднень, після якої різко погіршуються всі характеристики санітарного стану водойми. У лотичних водоймах (річки) процеси самоочищення відбуваються сприятливіше ніж у лентичних (озера і водосховища). На процес самоочищення впливає співвідношення кількості забруднювальних речовин і об'єму водної маси, швидкість течії, глибини, умови вітрового перемішування, температурний режим тощо.

9.2. Фактори самоочищення

Самоочищення водойми відбувається під впливом механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних та біологічних процесів.

Механічне самоочищення – це процеси перетирання, механічного подібнення окремих частинок, фільтрація забруднених вод через піщані та інші субстрати.

Фізичне самоочищення включає седиментацію (осадження) забруднюючих речовин під дією сил тяжіння. Седиментація (осадо накопичення) у водоймах призводить до освітлення води, зменшення кольоровості, мінералізації та бактеріальної забрудненості.

Хімічне і фізико-хімічне самоочищення пов'язане з утворенням комплексних сполук, реакціями нейтралізації між окремими речовинами, абсорбцією завислих частинок мулом, глиною, піском, іншими донними відкладами, окисненням нестійких речовин розчиненим киснем небіотичного походження [12]. Наприклад, фотоліз та гідроліз.

Фотоліз – перетворення молекул речовини під дією світла, що поглинається ним. Окремими випадками фотолізу є фотохімічна дисоціація – розпад частинок на кілька простіших і фотоіонізація – перетворення молекул на іони. Із загальної кількості сонячної радіації близько 1% використовується у фотосинтезі, від 5% до 30% відбивається водною поверхнею. Основна ж частина сонячної енергії перетворюється на тепло і бере участь у фотохімічних реакціях.

Гідроліз – реакція іонного обміну між різними речовинами і водою. Гідроліз є одним з основних чинників хімічного перетворення речовин у водних об'єктах. Кількісною характеристикою цього процесу є ступінь гідролізу, під яким розуміють відношення гідролізованої частини молекул до загальної концентрації солі.

Потужним є біологічне самоочищення, яке може проходити в аеробних та анаеробних умовах. Анаеробна фаза характеризується утворенням проміжних

продуктів з органічного матеріалу, що розкладається за рахунок дії бактерій і деяких найпростіших. В анаеробних умовах при розкладанні органічної речовини беруть участь гідробіонти, насамперед, інфузорії, коловертки, водорості, вищі водні рослини та ін.

Біологічне самоочищення відбувається у результаті створення, трансформації і розкладання органічної речовини. Тому основне значення має кругообіг органічних речовин, який здійснюється через трофічні зв'язки бактеріального, рослинного і тваринного населення водойм. Даний процес супроводжується, з одного боку, окиснювально-відновними реакціями – це окиснювальна мінералізація органічної речовини, для якої потрібен кисень, з іншого боку – утворенням органічних речовин з мінеральних з виділенням кисню.

Біологічне самоочищення водойм включає біофільтрацію, біоаккумуляцію, біодетоксикацію, мінералізацію, фотосинтетичну аерацію та реаерацію. Збалансовані гідробіоценози працюють як «біофабрики» питної води, якість якої визначається всією сукупністю процесів, що в них відбуваються [12].

Біофільтрацію здійснюють організми-фільтратори, головним чином, планктонні ракоподібні та двостулкові молюски. Багато видів личинок хірономід за способом живлення є фільтраторами і седиментаторами, завдяки чому вони мають велике значення у процесах самоочищення водойм. Пропускаючи через своє тіло велику кількість води і очищаючи її від завислих частинок, вони використовують органічні речовини як корм, а решту виводять у воду у вигляді слизових грудок, що осідають на дно. Завдяки цьому відбувається освітлення води та зменшується концентрація забруднюючих речовин.

Біоаккумуляція – це здатність гідробіонтів накопичувати токсичні речовини у своїх тканинах і органах. Найкращі умови для біоаккумуляції забезпечує водне середовище. Гідробіонти часто накопичують речовини у концентраціях у тисячі разів більших ніж у воді. Частина біодоступних сполук утилізується організмами, беручи участь у процесах їх пластичного й енергетичного обміну з навколишнім середовищем, тобто виступають як ресурси середовища існування. Інші ж, надходячи в організм тварин і рослин, не використовуються як джерела енергії чи пластичний матеріал, але, діючи у певних концентраціях, здатні істотно змінити перебіг нормальних фізіологічних процесів. Наслідком біоаккумуляції можуть бути згубні явища як для самого організму (накопичення до високої концентрації у критичних тканинах), так і для організмів, що використовують даний біологічний вид як продукт харчування.

Біологічна детоксикація – це руйнування токсичних речовин за участю водних організмів. Під час надходження, розподілу, видалення речовини

відбуваються процеси перемішування розчину в біосередовищах, дифузії, осмосу, фільтрації через біологічні бар'єри. Конкретні характеристики визначаються як властивостями самої речовини, так і структурно-функціональними особливостями організму.

Значна частина токсикантів, особливо органічного і біогенного походження підлягає розщепленню до води та вуглекислого газу, тобто *мінералізації*. Чим більше у водоймі гідробіонтів-гетеротрофів і чим вище рівень їхнього метаболізму, тим більше органіки підпадає під біологічне окиснення і, відповідно, тим енергійніше відбувається самоочищення водних мас. При цьому концентрація у воді розчиненого кисню має бути достатньою, щоб не мало місця гальмування аеробних процесів, які відіграють основну роль у мінералізації [37].

Універсальним показником інтенсивності мінералізації виступає величина деструкції, яка виражається кількістю кисню, відновленого екосистемою за одиницю часу. Для отримання величин, що зручні у порівнянні, деструкцію виражають на одиницю об'єму води чи субстратів. Мінералізація органічних речовин у водоймах пов'язана, в першу чергу, із життєдіяльністю бактерій різних фізіологічних груп [12].

Рослинне населення водойм, активно фотосинтезуючи, забезпечує такий напрямок самоочищення вод як *фотосинтетична аерація*, що являє собою насичення води киснем біогенного походження, який активно включається у окисно-відновні процеси. Фотосинтетична аерація широко застосовується в очисних системах для стоків різного походження шляхом створення полів фільтрації та біоставів з хлорококовими водоростями, які є потужними фотосинтетиками [12, 22].

Інтенсифікація самоочищення водойм сприяє відновленню їхнього вихідного природного стану. Але у більшості водойм за умов нагромадження забруднень та порушення гідробіоценозів процеси самоочищення води пригнічені і не відбуваються повністю.

9.3. Роль гідробіонтів у процесах самоочищення водойм

Процеси самоочищення водойм від забруднення відбувається за безпосередньої участі гідробіонтів. Вони можуть сприяти самоочищенню, або ж навпаки, перешкоджати. Швидкість та ефективність самоочищення залежить від масштабу забруднення та участі тих чи інших груп гідробіонтів.

Бактерії водних екосистем відіграють надзвичайно важливу роль у трофічних зв'язках (як компонент кормової бази безхребетних тварин і личинок риб), в процесах трансформації складних органічних сполук та їх подальшій мінералізації, у змінах хімічного складу води, газового режиму, потоку

біогенів. Зокрема, бактеріопланктон споживає біля 60% прижиттєвих екскретів зоопланктону і 40% розчинених органічних речовин, що надходять у водне середовище. Бактерії беруть участь у біологічних циклах, забезпечують кругообіг речовин у водних екосистемах та формують екологічний стан водойм [42].

Крім того, бактерії здатні вилучати з води метали. Зв'язування металів біомасою бактерій буває активним (воно відоме як біоаккумуляція та залежить від метаболічної активності клітин) і пасивним (воно відоме як сорбція (біосорбція), або комплексація, і відбувається в основному на рівні мембрани клітини). Крім акумуляції та сорбції, існують інші види взаємодії бактерій з металами: мобілізація, утворення летких сполук та іммобілізація, наприклад, осадження сполук металів у формі нерозчинних сульфідів. Дисиміляційні металовідновлювальні бактерії, до яких належать сірководновлювальні бактерії, можуть ферментативно відновлювати Fe (III), U (VI), Cr (VI), Mn (IV), Tc (VI), Pd (II) та ін. і при цьому переводити їх у менш токсичні малорозчинні форми. Утворення сульфідів металів – це основний шлях, за допомогою якого сірководновлювальні бактерії усувають важкі метали з водного середовища [11, 22, 39].

Водні рослини відіграють важливу роль у очищенні води від різноманітних забруднювачів. У першу чергу їхні зарості діють як механічний фільтр. За рахунок механічної затримки органічних і мінеральних часток прозорість води після проходження через зарості рослин значно збільшується. Вони поглинають велику кількість різноманітних елементів. Так, рослини здатні накопичувати у своїх тканинах біогенні та інші елементи (нітроген, фосфор, залізо, кальцій тощо) в концентраціях, що в сотні разів більші, ніж їх міститься у ґрунті, і у тисячі разів більші, ніж у воді. Водні рослини, таким чином, очищають водойму від надмірного вмісту різних елементів, насамперед, біогенних.

У заростях водних рослин змінюються хімічні властивості і якість води. Ці особливості використовуються для створення біофільтрів чи біоплато. Біоплато – це спеціальні водоохоронні споруди, в яких угруповання водних рослин використовуються для очищення води від забруднень і покращення її якості. Рослини – очерет, елодея, рдесник, рогоз – поглинаючи сполуки необхідні для життєдіяльності тим самим знешкоджують їх та сприяють очищенню води.

Одним з видів самоочищення водойм є поглинання та накопичення водною рослинністю хімічних речовин, в тому числі і важких металів. Даний процес значно залежить від виду рослин, речовини та її концентрації у водному середовищі, пори року та інших факторів. Так, дослідженнями М. М. Бродацького (2016) було показано, що айр тростинний (*Acorus calamus* L.)

є макроконцентратором по відношенню до Pb в осінній період у техногенно забруднених водних об'єктах та деконцентратором у весняний період. По відношенню до Cu (*Acorus calamus* L.) є мікроконцентратором у весняно-осінній період. Рдесник пронизанолистний (*Potamogeton perfoliatus* L.) макроконцентратор по відношенню до феруму, мангану, цинку і деконцентратор по відношенню до хрому.

Водні рослини видаляють з води суспензії, мінеральні та органічні речовини. Крім того, макрофіти здатні вилучати з води і накопичувати різноманітні елементи, такі як манган, кальцій, купрум, ферум та ін.

Водні рослини можуть негативно сприяти процесу самоочищення водойм. Так, при надмірному розвитку таких видів, як очерет, рогіз спостерігаються процеси заболочування водойм [25].

За сприятливих умов (освітлення, високі концентрації біогенних елементів тощо) у водоймах спостерігається висока чисельність і біомаса фітопланктону, що при зводить до «цвітіння» води. Його можуть викликати різні групи водоростей – діатомові, зелені, золотисті. Однак, здебільшого в прісних водоймах, причиною цього явища є масовий розвиток синьозелених водоростей (мікроцистіс, афанізоменон, анабена). Вода стає отруйною для риби і водних безхребетних тварин, часто спостерігається масова загибель гідробіонтів.

За наявністю тих чи інших представників групи водоростей можна судити про чистоту чи забрудненість водойми. Наприклад, джугтикові організми (евглена, дінобріон) беруть участь у самоочищенні водойм, поглинаючи органічні речовини. Представник зелених водоростей вольвокс (*Volvox*) є індикатором органічного забруднення, бере участь у процесах самоочищення водойм. Масовий розвиток ентероморфи кишечниці (*Ulva intestinalis*) і кладофори (*Cladophora aegagropila*) свідчить про забруднення водойми органічними сполуками (найчастіше, стоками з ферм, цукрових заводів тощо). Окрім цього кладофора є індикатором водойм, що зазнають антропогенного забруднення [22, 42].

Морські тварини можуть нагромаджувати різні речовини. Наприклад, акантарія (одна із різновидів радіолярій) буде свій скелет не з оксиду кремнію, а з сульфату стронцію, вміст якого складає у воді дуже малу кількість – 0,0008%.

Роль тварин у самоочищенні водойм багато в чому визначається способом їхнього харчування. Фільтратори і седиментатори сприяють освітленню води, видаляючи з неї суспензії, включаючи водорості і бактерії. Чисельність останніх визначає санітарний стан водойми і залежить від безперервного споживання їх водними тваринами-фільтраторами. Досить важливим критерієм санітарно-гігієнічної оцінки вод служить кількість бактерій групи кишкової

палички. Експериментально встановлено, що в середньому за добу одна дафнія може споживати порядку 3 500 000 клітин кишкової палички [25].

Фільтраторами є багато ракоподібних (у тому числі дафнії), молюски, личинки комарів, багатошестинкові черв'яки, а седиментаторами – інфузорії, коловертки. Двостулкові молюски – дрейсени, перлівниця, беззубки можуть профільтрувати за добу кілька десятків літрів води на одну особину. Споживання зоопланктоном водоростей сприяє зменшенню біомаси фітопланктону, що важливо для підтримки якості води [12, 41].

Безпосередня участь зоопланктону у самоочищенні водойм здійснюється також за допомогою мінералізації (деструкції) органічної речовини у процесі дихання. Багато гідробіонтів у процесі життєдіяльності здатні виділяти речовини з сильними антимікробними властивостями, що визначає поширення антибіотичних речовин у воді, мулі, і це також має певне значення у самоочищенні водойм. Значний очисний ефект має транзит водними організмами забруднень з води у ґрунт.

Таким чином, гідробіонти відіграють важливу роль у самоочищенні водойм, завдяки фотосинтетичній аерації, біофільтрації, біоаккумуляції, біодетоксикації, мінералізації та іншим процесам.

9.4. Швидкість самоочищення та заходи щодо його інтенсифікації

Механізм і швидкість процесів самоочищення природних водойм залежить від низки факторів:

- кількість забруднень, що надійшли у водойму;
- глибина водойми і швидкість течії: чим більший ступінь розведення, тим швидше проходить очищення води, самоочищення стоячих водойм протікає повільно;
- температура води: самоочищення активніше протікає при більш високій температурі, тому влітку воно інтенсивніше, що пояснюється великою біологічною активністю бактерій-редуцентів, кількісним розвитком гідробіонтів;
- концентрація розчиненого у воді кисню;
- видовий склад гідробіонтів.

Крім того, сезонні та внутрішньодобові коливання рівня води у водоймі відіграють суттєву роль у процесах самоочищення. На фазі підйому рівня води вище рівня ґрунтових вод відбувається фільтрація води через піщані береги, на фазі спаду – просочування її з берегів до водойми. Фільтрація води через піщані береги забезпечує її очищення. Така самоочисна здатність ґрунтів завдячується життєдіяльністю автотрофних та гетеротрофних гідробіонтів. Один із компонентів біоценозу піщаного ґрунту є мікрофітобентос, який відіграє

важливу роль у створенні в ньому сприятливого кисневого режиму. Функціонування гетеротрофних організмів, головним чином бактеріобентосу, визначає процеси деструкції органічної речовини та самоочищення від продуктів розкладу, зокрема мінералізацію сполук азоту, фосфору, сірки тощо [24].

Стійке та постійне забруднення водойм призводить до порушення природного механізму самоочищення. Тому для посилення процесів самоочищення у водоймах є доцільним збагачення збіднених біоценозів популяціями активних фотосинтетиків і деструкторів, здатних прискорити мінералізацію органічних речовин. У ряді випадків застосовують заселення прибережної зони забруднених водойм видами вищої водної рослинності за умови періодичного вилучення їх надлишкової біомаси. Дієвими заходами є регуляція чисельності рослиноїдних риб (таких як товстолобик), контроль за забрудненням і самоочищенням, застосування методів математичного моделювання для прогнозування забруднення і встановлення меж його навантаження на екосистеми, гідромеліоративні роботи, спрямовані на підвищення очисної здатності водойм.

При вивченні процесів самоочищення потрібно врахувати баланс кисню, вміст біогенних та інших речовин, процеси біологічної утилізації та трансформації речовин і енергії на всіх трофічних рівнях. Кругообіг речовин у чистих і забруднених водоймах має загальну основу, але при вивченні біотичного кругообігу забруднених водойм необхідно враховувати, що надходження алохтонних речовин може викликати специфічні зміни біотичного кругообігу [18].

Отже, існує багато механізмів самоочищення водойм від забруднювальних речовин, а швидкість цих процесів визначається різними факторами. Тому, при встановленні нормативів скидів забруднювальних водних речовин слід враховувати можливість їхнього хімічного перетворення у водному середовищі і не допускати у скидах речовин, які перешкоджають самоочищенню водних джерел. Цей аспект захисту водного середовища від забруднення має бути пріоритетним.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає суть процесів самоочищення води водойм?
2. Назвіть фактори самоочищення.
3. Яка роль гідробіонтів у процесах самоочищення?
4. Назвіть заходи з інтенсифікації процесів самоочищення.

РОЗДІЛ 10. УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯМ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

10.1. Управління водними ресурсами.

10.2. Правова основа управління водними ресурсами.

10.3. Водне законодавство в Україні.

10.4. Основні положення Водної Рамкової Директиви ЄС2000/60/ЄС.

10.1. Управління водними ресурсами

Водні ресурси використовуються й охороняються світовою спільнотою як найважливіший компонент природного середовища, основа життєдіяльності людини і умови функціонування екологічних систем.

Управління водними ресурсами у розвинутих країнах здійснюється на таких основних принципах: *екосистемне (екологічне) управління* – вирішення проблем водозабезпечення й охорони вод в рамках водних екосистем, межами яких є басейнові простори, і у відповідності з вимогами їхнього цілісного та сталого розвитку; *державне управління* – через спеціально уповноважені басейнові органи управління використанням та охороною вод і водних об'єктів; *економічне регулювання використання та охорони вод* – за принципом «вода повинна оплачувати воду», тобто «платить водокористувач» чи «платить забруднювач» – загальна сума інвестицій оплачується користувачами води.

Відповідно до цих принципів перехід від традиційного (розділеного на частини) управління водними ресурсами до інтегрованого управління є більш ефективним. Оскільки, інтегроване управління водними ресурсами розглядається як процес, який сприяє узгодженим використанню води і управління нею у взаємозв'язку із земельними та іншими ресурсами за допомогою прийнятних для всіх водокористувачів способів з метою досягнення економічного та соціального добробуту. Прихильники даної концепції в якості одиниці управління розглядають басейн річки, в межах якого поверхневі і підземні води кількісно і якісно пов'язані як між собою, так і з територією. Для кожної такої одиниці управління потрібна прийнятна структура управління.

В Україні державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється за басейновим принципом на основі державних цільових, міждержавних та регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюють Кабінет Міністрів України, місцеві ради та їхні виконавчі комітети, спеціально уповноважені органи державної виконавчої влади та інші державні органи відповідно до законодавства України. Головною інституцією, яка здійснює

управління водними ресурсами, є Державне агентство водних ресурсів України.

Важливими складовими його діяльності є:

- моніторинг стану водних ресурсів;
- паспортизація водних об'єктів і гідротехнічних споруд;
- державний водний кадастр;
- нормування гранично допустимого навантаження на водні об'єкти;
- виконання правил безпечної експлуатації водогосподарських об'єктів;
- розроблення та реалізація заходів з захисту територій та населених пунктів від паводків, повеней та підтоплення екологічного оздоровлення річкових басейнів [2, 6].

Загалом політика управління водними ресурсами орієнтована на наступні напрямки: забезпечення безпечного і безперебійного постачання водою населення, промисловості та сільського господарства, з дотриманням інтересів інших водокористувачів; удосконалення організаційних правових та економічних механізмів управління використанням та охороною вод; проведення заходів з очищення стічних вод, впровадженню безводних і маловідходних технологій.

10.2. Правова основа управління водними ресурсами

Правову основу управління водними ресурсами становлять: Конституція України, Закони України (зі внесеними змінами) «Про охорону навколишнього природного середовища» (25.06.1991 р.), Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» (2002 р.), «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (24.02.1994 р.), «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.), Водний Кодекс (6.06.1995 р.), Постанова Кабінету Міністрів України від 17.09.1996р. №1147 (зі змінами та доповненнями від 17.11.01 р. №1519) «Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів», «Про меліорацію земель» (2000 р.), Кодекс про надра (1994 р.), Закон України «Про відходи» (від 5 березня 1998 року №187/98-ВР), Закон України «Про природно-заповідний фонд України», ряд законодавчих актів містобудівного, підприємницького, адміністративного та цивільного законодавства.

Рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 27 лютого 2009 року «Про стан безпеки водних ресурсів держави та забезпечення населення якісною питною водою в населених пунктах України» введено в дію Указом Президента України №221/2009 від 06.04.2009 р. відмічено, що внаслідок поступового виснаження і забруднення джерел прісної води, незадовільного технічного стану та зношеності систем водопостачання і водовідведення, застосування застарілих технологій водопідготовки знижується якість питної

води, підвищуються ризики виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та епідемічного характеру і вказано на недостатньо ефективну систему моніторингу у сфері питного водопостачання.

Основним документом, який регулює водні правовідносини в Україні, включаючи й моніторинг вод, є Водний Кодекс України, прийнятий Верховною Радою України у червні 1995 року (з доповненнями від 2000 р.). Відповідно до його положень, державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюють Кабінет Міністрів України разом зі спеціально уповноваженими органами державної виконавчої влади [7].

Водний кодекс України встановлює права та обов'язки користувачів.

Водокористувачі мають право:

- здійснювати загальне та спеціальне водокористування;
- використовувати водні об'єкти на умовах оренди;
- вимагати від власника водного об'єкта або водопровідної системи підтримання належної якості води за умовами водокористування;
- споруджувати гідротехнічні та інші водогосподарські об'єкти, здійснювати їхню реконструкцію і ремонт;
- передавати для використання воду іншим водокористувачам на визначених умовах;
- здійснювати й інші функції щодо водокористування в порядку, встановленому законодавством [7, 9].

Водокористувачі зобов'язані:

- економно використовувати водні ресурси, дбати про їхнє відтворення і поліпшення якості вод;
- використовувати воду (водні об'єкти) відповідно до цілей та умов їх надання;
- дотримувати встановлених нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та встановлених лімітів забору води, лімітів використання води та лімітів скидання забруднюючих речовин, а також санітарних та інших вимог щодо впорядкування своєї території;
- використовувати ефективні сучасні технічні засоби і технології для утримання своєї території в належному стані, а також здійснювати заходи щодо запобігання забрудненню водних об'єктів стічними (дошовими, сніговими) водами, що відводяться з неї;
- не допускати порушення прав, наданих іншим водокористувачам, а також заподіяння шкоди господарським об'єктам та об'єктам навколишнього природного середовища;
- утримувати в належному стані зони санітарної охорони джерел питного та господарсько-побутового водопостачання, прибережні захисні смуги, смуги

відведення, берегові смуги водних шляхів, очисні та інші водогосподарські споруди та технічні пристрої;

– здійснювати облік забору та використання вод, вести контроль за якістю і кількістю скинутих у водні об'єкти зворотних вод і забруднюючих речовин та за якістю води водних об'єктів у контрольних створах, а також подавати відповідним органам звіти в порядку, визначеному цим Кодексом та іншими законодавчими актами;

– здійснювати погоджені у встановленому порядку технологічні, лісо-меліоративні, агротехнічні, гідротехнічні, санітарні та інші заходи щодо охорони вод від вичерпання, поліпшення їхнього стану, а також припинення скидання забруднених стічних вод;

– здійснювати спеціальне водокористування лише за наявності дозволу;

– безперешкодно допускати на свої об'єкти державних інспекторів центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, а також громадських інспекторів з охорони довкілля, які здійснюють перевірку додержання вимог водного законодавства, і надавати їм безоплатно необхідну інформацію;

– своєчасно сплачувати збори за спеціальне водокористування та інші збори відповідно до законодавства;

– своєчасно інформувати центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування про виникнення аварійних забруднень;

– здійснювати невідкладні роботи, пов'язані з ліквідацією наслідків аварій, які можуть спричинити погіршення якості води, та надавати необхідні технічні засоби для ліквідації аварій на об'єктах інших водокористувачів у порядку, встановленому законодавством;

– виконувати інші обов'язки щодо використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів згідно з законодавством [4, 7].

Законодавством України встановлюється адміністративна, кримінальна або інша відповідальність за порушення використання й охорони вод.

До таких порушень відносяться:

– постачання споживачам питної води, яка не відповідає державним стандартам на питну воду або яка внаслідок порушення вимог стандартів, норм

і правил є небезпечною для життя і здоров'я людей;

- порушення без поважних причин встановленого режиму подачі питної води населенню для питних і господарсько-побутових потреб, а також підприємствам харчової та медичної промисловості;

- забруднення, засмічення та виснаження джерел питного водопостачання;

- порушення режиму охорони, господарської чи іншої діяльності в зонах санітарної охорони джерел та об'єктів централізованого питного водопостачання;

- самовільне підключення споживачів до об'єктів та систем питного водопостачання і водовідведення;

- провадження діяльності з централізованого питного водопостачання та водовідведення без ліцензії або з порушенням ліцензійних умов;

- неповідомлення або надання недостовірної інформації про аварійні ситуації на об'єктах централізованого питного водопостачання та водовідведення, про якість питної води, стан джерел та систем питного водопостачання і водовідведення;

- пошкодження систем питного водопостачання, порушення правил їхньої експлуатації та встановлених режимів роботи, діях, що становлять загрозу санітарному та епідемічному благополуччю населення.

До основних заходів, спрямованих на охорону вод в Україні, належать:

- встановлення водоохоронних зон, бережливих захисних смуг, смуг відведення, берегових смуг водних шляхів та зон санітарної охорони;

- встановлення особливого режиму використання та охорони водних об'єктів природно-заповідного фонду;

- заходи охорони вод від забруднення, засмічення і вичерпання;

- заходи із запобігання шкідливих дій водам та аварій на водних об'єктах і ліквідація їхніх наслідків.

Отже, правова охорона вод є законодавчо визначеною системою заходів, основні завдання якої полягають в охороні вод від забруднення, засмічення та виснаження.

10.3. Водне законодавство в Україні

Законодавство у сфері питної води та питного водопостачання складається з Водного кодексу України, Кодексу України про надра, законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у цій сфері.

Завданням водного законодавства України є регулювання відносин у галузі використання і охорони вод з метою задоволення потреб у водних ресурсах

юридичних і фізичних осіб, у тому числі іноземних, охорони вод від забруднень, засмічення і вичерпання, запобігання і ліквідації шкідливої дії вод, відновлення та покращення водних об'єктів [2, 19].

Усі води (водні об'єкти), що знаходяться на території України, є виключно власністю держави. Суб'єктами водних відносин можуть виступати органи державного управління, об'єднання і водокористувачі. Водокористувачами можуть бути юридичні та фізичні особи України та іноземних держав, а також особи без громадянства, яким водні об'єкти надані в користування.

Кабінет Міністрів України у сфері охорони навколишнього природного середовища здійснює в межах своїх повноважень державне управління у сфері охорони та раціонального використання водних ресурсів. До відання Кабінету Міністрів України у галузі управління і контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів належить:

- реалізація державної політики у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів;
- розпорядження водними об'єктами загальнодержавного значення;
- здійснення державного контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів;
- визначення пріоритетів водокористування;
- забезпечення розробки державних цільових, комплексних, міждержавних та регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, затвердження регіональних програм;
- визначення порядку діяльності органів державної виконавчої влади у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, координація їхньої діяльності;
- встановлення порядку видачі дозволів на спеціальне водокористування, будівельні, днопоглиблювальні роботи, видобування піску і гравію, прокладання кабелів, трубопроводів та інших комунікацій на землях водного фонду, а також розробки та затвердження нормативів скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти;
- прийняття у разі виникнення аварійних ситуацій рішень про скидання стічних вод з накопичувачів у водні об'єкти, якщо вони призводять до перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у цих об'єктах;
- організація і координація робіт, пов'язаних з попередженням та ліквідацією наслідків аварій, стихійного лиха, шкідливої дії вод або погіршенням якості водних ресурсів;
- прийняття рішень про обмеження, тимчасову заборону (зупинення) діяльності підприємств, установ, організацій та об'єктів у разі порушення ними

вимог водного законодавства;

– затвердження проектів зон санітарної охорони господарсько-питних водозаборів, які забезпечують водопостачання території більш як однієї області;

– керівництво зовнішніми зв'язками України в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів;

– вирішення інших питань у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів [7].

Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди) є головним органом у системі центральних органів виконавчої влади у формуванні і забезпеченні реалізації державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища. До компетенції Мінприроди входить регулювання процесу раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів (поверхневих та підземних вод, внутрішніх морських вод і територіального моря та природних ресурсів територіальних вод, континентального шельфу), розвитку водного господарства і меліорації земель, а також здійснення державного контролю за додержанням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання, відтворення та охорону природних ресурсів.

Мінприроди України регулює процеси:

1) Охорони та відтворення вод (поверхневих, підземних, морських), раціонального використання водних ресурсів:

а) забезпечує нормативно-правове регулювання з питань:

– правил, нормативів, норм з охорони та відтворення вод (поверхневих, підземних, морських), раціонального використання водних ресурсів, аналіз практики їхнього застосування;

– лімітів забору, використання води та лімітів скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти;

– надання документів дозвільного характеру у цій сфері;

– порядку з питань розроблення та затвердження нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти;

– методик та методичних вказівок щодо встановлення технологічних нормативів у цій сфері;

– умов скидання вод у водні об'єкти та підземні горизонти;

– критеріїв визначення екстремально високого рівня забруднення вод;

б) видає, анулює, здійснює переоформлення та видачу дублікатів дозволів на проведення робіт на землях, зайнятих морями;

в) веде перелік підприємств, установ, організацій, які розробляють проекти нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні

об'єкти;

2) Розвиток водного господарства і меліорації земель та забезпечення нормативно-правового регулювання щодо:

- правил, нормативів, норм у сфері розвитку водного господарства і меліорації земель, аналіз практики їхнього застосування;
- організації та здійснення моніторингу зрошуваних та осушуваних земель;
- ведення державного водного кадастру;
- переліку водних об'єктів місцевого значення;
- консервації меліоративних систем та окремих об'єктів інженерної інфраструктури;
- проведення планово-попереджувальних ремонтів меліоративних систем і споруд;
- надання документів дозвільного характеру в цій сфері [30].

Державна служба геології та надр України (Держгеонадра) є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра екології та природних ресурсів і який реалізує державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр. Ця служба:

– видає у встановленому порядку спеціальні дозволи на: будівництво та експлуатацію підземних споруд, не пов'язаних із видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод;

– здійснює державний контроль за геологічним вивченням надр і раціональним та ефективним використанням надр України, у тому числі за веденням пошуково-розвідувальних та інших робіт щодо геологічного вивчення підземних вод;

– виявляє недіючі свердловини на воду та вживає заходів щодо їхньої ліквідації або ремонту і подальшого використання;

– забезпечує розвиток мінерально-сировинної бази, організацію геологічного, геофізичного, геохімічного, гідрогеологічного, інженерно-геологічного та еколого-геологічного, сейсмічного вивчення надр, пошуку і розвідки корисних копалин на території України, у межах територіальних вод, континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони України;

– здійснює моніторинг мінерально-сировинної бази, геологічного середовища та підземних вод;

– веде державний облік підземних вод та водного кадастру [29].

Спеціально уповноваженим органом державної виконавчої влади у сфері розвитку водного господарства та гідротехнічної меліорації земель, управління,

використання та відтворення поверхневих водних ресурсів є Державне агентство водних ресурсів України (Держводагентство України).

Держводагентство у своїй діяльності керується Конституцією та законами України, указами Президента України та постановами Верховної Ради України, прийнятими відповідно до Конституції та законів України, актами Кабінету Міністрів України, іншими актами законодавства.

Основними завданнями Держводагентства України є:

– внесення пропозицій щодо формування державної політики у сфері розвитку водного господарства і меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів;

– реалізація державної політики у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів, розвитку водного господарства і меліорації земель та експлуатації державних водогосподарських об'єктів комплексного призначення, міжгосподарських зрошувальних та осушувальних систем [28].

Держводагентство відповідно до покладених на нього завдань:

– видає, анулює, здійснює переоформлення дозволів на проведення робіт на землях водного фонду (крім проведення робіт на землях водного фонду в межах прибережних захисних смуг уздовж морів, морських заток і лиманів, у внутрішніх морських водах, лиманах та територіальному морі) і видає їхні дублікати;

– надає висновки дозвільним органам щодо можливості видачі дозволу на спеціальне водокористування;

– розробляє та бере участь у виконанні державних цільових програм з питань водного господарства, меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів;

– забезпечує задоволення потреб населення і галузей економіки у водних ресурсах, розробляє пропозиції щодо визначення пріоритетів розвитку водного господарства та гідротехнічної меліорації земель;

– розробляє та встановлює режими роботи водосховищ комплексного призначення, водогосподарських систем і каналів, затверджує правила їхньої експлуатації;

– встановлює режими роботи водосховищ та ставків, наданих у користування на умовах оренди;

– затверджує правила та встановлює режим експлуатації загальнодержавних і міжгосподарських меліоративних систем, забезпечує їхнє дотримання;

– здійснює контроль за дотриманням режимів роботи водосховищ, водогосподарських систем і каналів;

- аналізує та узагальнює звіти водокористувачів щодо використання водних ресурсів, перевіряє їх достовірність;
- проводить моніторинг технічного стану меліоративних систем та гідротехнічних споруд підприємств, установ та організацій, що належать до сфери його управління;
- проводить моніторинг якості вод у контрольних створах у районах основних водозаборів комплексного призначення, водогосподарських систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання;
- забезпечує функціонування системи державного моніторингу довкілля у частині проведення радіологічних і гідрохімічних спостережень на водних об'єктах комплексного призначення, транскордонних водотоках, водогосподарських системах міжгалузевого і сільськогосподарського водопостачання, у зонах впливу атомних електростанцій;
- проводить моніторинг меліоративного стану зрошуваних та осушуваних земель, а також ґрунтів у зонах впливу меліоративних систем;
- проводить моніторинг водних об'єктів за радіологічними показниками на територіях, які зазнали радіоактивного забруднення;
- забезпечує виконання прикладних науково-дослідних робіт у сфері водного господарства, меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів [28].

Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води спрямована на реалізацію державної політики України у галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки у басейні Дніпра. Основними цілями програми є:

- удосконалення системи управління водокористуванням, охороною вод та відтворенням водних ресурсів;
- впровадження принципів поліпшення екологічного стану водних об'єктів на основі басейнового підходу, на засадах якого розроблятимуться і впроваджуватимуться водоохоронні програми регіонів, областей, окремих населених пунктів.

Важливими завданнями національної програми екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води є:

- розробка засад і проектування організаційної структури та функціональних схем басейнового управління;
- розробка і затвердження Положення про басейновий принцип управління водокористуванням і охороною вод, відновленням водних ресурсів та екологічним оздоровленням водних об'єктів;
- підготовка нормативних актів, що забезпечують реалізацію басейнового

принципу управління;

– розробка нормативно-методичної бази еколого-інвестиційної діяльності та функціонування управлінської інфраструктури в басейні;

– впровадження взаємоузгодженої нормативно-методичної бази системи обліку, моніторингу та контролю за водокористуванням, охороною вод та відновленням водних ресурсів у басейні;

– створення (проекування, відповідна організація тощо) басейнної геоінформаційної системи з банком еколого-господарської інформації [27].

У Держводагентстві України створені такі басейнові управління водних ресурсів: річки Рось (БУВР р. Рось); річки Південний Буг (БУВР р. Південний Буг); Деснянське (Деснянське БУВР); Західно-Бузьке (Західно-Бузьке БУВР); Дніпровське (Дніпровське БУВР); Дністровсько-Прутське (Дністровсько-Прутське БУВР); Дунайське (Дунайське БУВР); Кримське (Кримське БУВР); Сіверсько-Донецьке (Сіверсько-Донецьке БУВР). Також у структурі цього агентства діють управління каналів: Головного Каховського магістрального каналу (УГКМК); Дніпро – Донбас (УКДД); Дніпро – Інгулець (УКДІ); Інгулецької зрошувальної системи (УКІЗС) та Північно-Кримського каналу (УПКК). Крім цього, в кожній області існують обласні виробничі управління водного господарства.

Таким чином, в Україні забезпечується взаємодія в управлінні водогосподарською і водоохоронною діяльністю за басейновим принципом.

Управління у сфері охорони та використання вод здійснює також Міністерство надзвичайних ситуацій України (МНС України), яке є головним органом у системі центральних органів виконавчої влади з формування та забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту, рятувальної справи та гасіння пожеж, державного нагляду у сфері техногенної, пожежної, промислової безпеки та гірничого нагляду, поводження з радіоактивними відходами, ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, профілактики травматизму невиробничого характеру, а також гідрометеорологічної діяльності.

МНС України відповідно до покладених на нього завдань:

– затверджує форму та порядок ведення журналу обліку місць масового відпочинку населення на водних об'єктах;

– веде державний водний кадастр за розділом «Поверхневі води» та державний облік поверхневих вод;

– здійснює моніторинг забруднення навколишнього природного середовища у пунктах державної системи гідрометеорологічних спостережень: атмосферного повітря в населених пунктах та опадів (вміст забруднюючих речовин, у тому числі радіонуклідів, транскордонне перенесення

забруднюючих речовин); снігового покриву; річкових, озernih (гідрохімічні та гідробіологічні показники, у тому числі радіонукліди) та морських вод (гідрохімічні показники); ґрунтів різного призначення (вміст залишкової кількості пестицидів та важких металів); радіаційної обстановки (визначення експозиційної дози гамма-випромінювання); повеней, паводків, селів;

– здійснює прогнозування погоди, гідрологічного режиму водних об'єктів, небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ, урожайності сільсько-господарських культур.

Отже, діяльність у галузі управління та контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів здійснюють такі органи державної влади: Кабінет Міністрів України, Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна служба геології та надр України, Державне агентство водних ресурсів України та Міністерство надзвичайних ситуацій України відповідно до зазначених вище повноважень [20].

Однією зі складових інституту управління є функція контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів, яка полягає в забезпеченні додержання усіма юридичними та фізичними особами вимог водного законодавства. Контроль за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів поділяється на *державний* та *громадський*.

Державний контроль здійснюється Кабінетом Міністрів України, державними органами охорони навколишнього природного середовища, іншими спеціально уповноваженими державними органами відповідно до законодавства України.

Порядок здійснення державного контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів визначається Постановою КМ України «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів і визначається періодичність проведення планових заходів, пов'язаних з державним наглядом» та Наказом Держводгоспу «Про затвердження Порядку організації та проведення перевірок суб'єктів господарювання, що використовують водні ресурси або здійснюють господарську діяльність у межах земель водного фонду».

Громадський контроль за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів здійснюється громадськими інспекторами охорони навколишнього природного середовища, повноваження яких визначаються спеціальним положенням [2, 20].

З метою забезпечення збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі

використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів проводиться державний моніторинг вод. Він є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України і здійснюється в порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України. Порядок встановлює основні вимоги до організації державного моніторингу вод, до взаємодії міністерств і відомств під час його проведення, до забезпечення органів державної виконавчої влади інформацією для прийняття рішень, пов'язаних зі станом водного фонду України.

Державний моніторинг вод проводиться з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

У рамках управління і контролю за використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів здійснюється державний облік вод за такими напрямками: водокористування, поверхневі води, підземні води та ведення державного водного кадастру [40].

Державному обліку підлягає використання вод промисловими, будівельними, транспортними, сільськогосподарськими та іншими підприємствами, організаціями й установами незалежно від їхнього відомчого підпорядкування і форм власності, джерел водопостачання і приймачів зворотних вод. До них належать:

– усі без винятку водокористувачі, що здійснюють скидання зворотних вод безпосередньо у поверхневі, підземні водні об'єкти, а також на поля фільтрації, накопичувачі, рельєф місцевості тощо, незалежно від обсягів скидання;

– усі водокористувачі, що забирають з природних водних об'єктів 50 м³ на добу і більше. Питання охоплення обліком менших за обсягами водокористувачів вирішується обласною державною адміністрацією за поданням регіональних управлінь (відділів) комплексного використання водних ресурсів Держводгоспу України. Про прийняття такого рішення органи Держводгоспу України повідомляють водокористувача та його вищу організацію;

– підприємства, що забирають воду з комунального (відомчого) водопроводу або інших водогосподарських систем і передають зворотні води комунальній (відомчій) каналізації при заборі ними води 50 м³ і більше на добу, а також водокористувачі, які мають оборотні системи водоспоживання загальною потужністю 1000 м³ на добу і більше, незалежно від кількості забраної свіжої води.

Державний водний кадастр складається з метою систематизації даних державного обліку вод та визначення наявних для використання водних

ресурсів і являє собою систематизований звіт відомостей про:

- поверхневі, підземні, внутрішні морські води та територіальне море (водні об'єкти);
- обсяги, режим, якість і використання вод (водних об'єктів);
- водокористувачів (крім вторинних).

До державного водного кадастру включаються також відомості про водогосподарські об'єкти, що забезпечують використання води, очищення та скидання зворотних вод, а саме:

- споруди для акумуляції та регулювання поверхневих і підземних вод;
- споруди для забору та транспортування води;
- споруди для скидання зворотних вод;
- споруди, на яких здійснюється очищення зворотних вод (з оцінкою їхньої ефективності).

Державний водний кадастр включає дані державного обліку поверхневих і підземних вод та державного обліку водокористування, які систематизуються за водними об'єктами та їхніми ділянками, водозбірними басейнами річок та морів, басейнами підземних вод, водогосподарськими ділянками, економічними районами, адміністративно-територіальними одиницями і в цілому по Україні [20, 31].

Державне управління здійснюється також шляхом економічного регулювання раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Організаційно-економічні заходи щодо забезпечення раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів передбачають:

- видачу дозволів на спеціальне водокористування;
- встановлення ставок зборів за спеціальне водокористування;
- надання водокористувачам податкових, кредитних та інших пільг у разі впровадження ними маловідходних, безвідходних, енерго- і ресурсозберігаючих технологій, здійснення відповідно до законодавства інших заходів, що зменшують негативний вплив на води;
- відшкодування у встановленому порядку збитків, заподіяних водним об'єктам у разі порушення вимог законодавства.

Збори за спеціальне водокористування справляються з метою стимулювання раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів і включають збір за спеціальне використання води та екологічний податок за скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти [38].

Стандартизація і нормування в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюються з метою забезпечення екологічної і санітарно-гігієнічної безпеки вод шляхом встановлення комплексу взаємопов'язаних нормативних документів, які визначають взаємопогоджені

вимоги до об'єктів, що підлягають стандартизації і нормуванню.

У галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів встановлюються такі нормативи:

- нормативи екологічної безпеки водокористування;
- екологічний норматив якості води водних об'єктів;
- нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин;
- галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об'єкти;
- технологічні нормативи використання води [6, 9, 32].

Водне законодавство України постійно доповнюється новими нормативно-правовими актами. Оскільки поліпшення якості води є найважливішою передумовою забезпечення конституційного права громадян на якісну питну воду, санітарно-епідеміологічної безпеки населення, збереження здоров'я нації, а також охорони водних екосистем.

10.4. Основні положення Водної Рамкової Директиви ЄС2000/60/ЄС

У Рамковій Водній Директиві (РВД 2000/60/ЄС), що була прийнята 23 жовтня 2000 р. на спільному засіданні Європейського Парламенту та Європейської Ради у Люксембурзі, підкреслено, що на сучасному етапі розвитку суспільства управління водними ресурсами, під яким розуміється планування, координація, контроль якості і охорона стану водних ресурсів, повинно відбуватися за басейновим принципом [5, 47].

ВРД набрала чинності для країн ЄС у грудні 2000 р. Метою ВРД є забезпечення сталого використання водних ресурсів шляхом поступового зниження або повного усунення забруднення та інших шкідливих впливів на навколишнє природне середовище. У результаті досягнення цієї мети всі поверхневі і підземні водні об'єкти досягають доброго статусу (екологічного і хімічного), всі штучні і значно змінені водні об'єкти досягають доброго екологічного потенціалу. Тобто ВРД вимагає класифікації вод шляхом оцінки екологічного стану або їхнього екологічного потенціалу та хімічного стану [5].

Нормативно-правове поле для впровадження у водне законодавство України положень ВРД забезпечено низкою нормативно-правових актів, зокрема: Законом України «Про ратифікацію Конвенції щодо співробітництва по охороні та сталому використанню ріки Дунай» від 17 січня 2002 року №2997-III; Законом України «Про ратифікацію рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат» від 7 квітня 2004 року №1672-IV; Водним кодексом України (ст. 13 – «державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється за басейновим принципом»); Законом України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства

України до законодавства ЄС» від 18 березня 2004 року №1629-IV; Законом України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» від 24 травня 2012 року №4836-VI); Указом Президента України «Про затвердження Стратегії інтеграції України до Європейського Союзу» від 11 червня 1998 року №615/98, (останні зміни – Указ Президента України №537 від 05.07.03); Планом дій «Україна – Європейський Союз», затвердженого розпорядженням КМУ №117-р від 22.04.05 і №36-р від 12.02.05 [33].

Головними цілями ВРД є:

- розроблення комплексної політики Співтовариства щодо використання водних ресурсів;
- поширення сфери охорони водних ресурсів на всі води: поверхневі, прибережні і підземні;
- досягнення доброго стану для всіх вод до визначеної дати та збереження цього стану, там де його вже було досягнуто раніше;
- управління водними ресурсами річкових басейнів, ґрунтуючись на комбінованому підході встановлення граничних показників викидів і стандартів якості з відповідними положеннями про координацію дій для міжнародних річкових басейнів, коли басейн річки розташований у більше ніж одній країні – члені ЄС або коли він захоплює територію країн, що не є членами ЄС;
- встановлення тарифів за користування водними ресурсами з урахуванням принципу відшкодування витрат і принципу стягнення плати із забруднювачів;
- розширення участі громадян, залучених до захисту водних ресурсів;
- удосконалення законодавства [33].

Отже, завданням ВРД є реалізація чотирьох головних цілей зрівноваженої водної політики: забезпечення людей питною водою, постачання води для інших господарських потреб, охорона водного середовища та обмеження наслідків повеней і посух [5].

Серед основних принципів інтегрованого управління водними ресурсами можна зазначити такі:

1. Правильною адміністративною одиницею для управління водними ресурсами є річковий басейн.
2. Водні ресурси та земля, яка формує площу річкового басейну, повинні бути інтегровані і знаходитися під єдиним управлінням.
3. Поверхневі та підземні води, а також екосистеми, через які течуть ці води, повинні бути розглянуті спільно і інтегровані в рамках управління водними ресурсами.

4. Для ухвалення ефективних рішень по водним ресурсам необхідна участь громадськості.

5. Прозорість і звітність при ухваленні рішень є необхідними складовими сталого управління водними ресурсами.

Відповідно до Водної рамкової директиви головним робочим інструментом інтегрованого управління водними ресурсами є План управління річковим басейном. Це стратегічний документ розвитку річкового басейну, який розробляється з метою впровадження інтегрованого управління водними ресурсами в річковому басейні. Це інструмент, за допомогою якого в річковому басейні мають бути впроваджені екологічні цілі – досягнення доброго стану води, запобігання її подальшому погіршенню, збалансованому водокористуванню, що забезпечує відновлення водних ресурсів і екосистем, посилення охорони і поліпшення стану водного середовища шляхом впровадження заходів для поступового зменшення скидань небезпечних речовин, а в подальшому припиненні і ліквідації таких скидань [33].

Добрий екологічний стан того чи іншого водного об'єкту буде досягнуто тоді, коли відхилення від референтних умов є незначним, або відсутнє взагалі. Оскільки більшість водних об'єктів України та Європи все ж таки зазнала певних змін, то досягнення ними доброго стану можливо лише завдяки природоохоронним заходам.

На прикладі річкових водних об'єктів можна представити, які елементи входять до класифікації екологічного стану. Насамперед це біологічні елементи, до яких відносяться:

- склад і різноманіття водної флори;
- склад та різноманіття фауни донних безхребетних;
- склад, різноманіття та вікова структура фауни риб.

Додатковими до біологічних є гідроморфологічні та фізико-хімічні елементи. Вони необхідні для кращого розуміння умов проживання тих чи інших біологічних елементів.

До гідроморфологічних елементів відносяться:

– гідрологічний режим, насамперед, витрати води та їхня динаміка, а також наявність гідравлічного зв'язку з підземними водами;

– неперервність вільного руху водного потоку (тобто, чи існують на річці гідротехнічні споруди, які регулюють її стік);

– морфологічні характеристики, такі як коливання ширини і глибини русла, структура і склад донних відкладів, структура прилеглої до русла території (заплави або її частини).

Хімічні та фізико-хімічні елементи якості поділяються на дві групи. До першої, так званої загальної, відносяться температура води, кисневий режим,

солоність, стан окислюваності та поживні речовини. До другої групи входять специфічні речовини-забрудники, до яких відносяться всі речовини, які скидаються у водний об'єкт у великих об'ємах та пріоритетні речовини незалежно від обсягу скидів (до списку пріоритетних речовин, що наводяться у Додатку ВРД входять 33 речовини, 4 з яких метали – кадмій, свинець, нікель і ртуть) [5].

Інтегрований підхід до управління водними ресурсами вимагає координації різних видів економічної діяльності, які визначають попит на воду, режими землекористування та об'єми стічних вод. Відповідно до цього принципу басейн річки або водозбірна площа стає одиницею управління водними ресурсами [32, 33].

Інтегроване управління річковим басейном (ІУРБ) – процес координації збереження, управління та розвитку водних, земельних і пов'язаних з ними ресурсів (поза галузевим підходом) в межах конкретного річкового басейну для того, щоб максимізувати у справедливий спосіб економічні та соціальні вигоди, пов'язані з використанням водних ресурсів, водночас зберігаючи і, там де необхідно, відновлюючи прісноводні екосистеми [33].

Таким чином, схвалення ВРД державами-учасницями було спрямоване насамперед на захист внутрішніх, поверхневих, прибережних та підземних вод через запобігання та зменшення забруднення, підтримки сталого водокористування, захисту водного середовища, покращення стану водних екосистем та пом'якшення наслідків повеней і посух. Директива регламентує систему заходів не тільки щодо запобігання погіршення водних джерел, а й ставить за мету поступове поліпшення такої якості шляхом реалізації заходів щодо зниження забруднення вод, пом'якшення наслідків повеней і посух. Особлива увага приділяється запобіганню забрудненню поверхневих та підземних вод так званими пріоритетними речовинами, тобто такими, що становлять найбільшу загрозу для водних систем [32].

Питання для самоконтролю

1. Яка мета управління водними ресурсами?
2. Які основні права водокористувачів?
3. Які основні обов'язки водокористувачів?
4. Призначення Водного кодексу України.
5. Проаналізуйте основні положення Водної Рамкової Директиви ЄС2000/60/ЄС.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота 1

Визначення прозорості природних вод.

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення прозорості води. Провести самостійне дослідження прозорості води за допомогою шрифту Снеллена.

Матеріали та обладнання:

1. Скляний циліндр із дном з хімічно стійкого оптичного скла, градуйований у сантиметрах (внутрішній діаметр – 2,5 см, висота – 50 см), або скляна трубка (тих же розмірів) із приклеєною до неї плоскопаралельною скляною пластиною.

2. Шрифт з висотою букв 3,5 мм.

Теоретичні відомості

Прозорість води залежить від її кольору й каламутності. Мірою прозорості служить висота водного стовпа, крізь який можна побачити білий круг (диск) певних розмірів або прочитати шрифт певного типу. Даний метод дає лише орієнтовні результати. Прозорість також залежить від інтенсивності розвитку фітопланктону у водоймищі і наявності у воді завислих речовин. Тому цей показник доповнює результати гідробіологічних і гідрохімічних досліджень. Звичайно на водоймищі прозорість визначають за допомогою диска Секкі, у лабораторних умовах – за допомогою стандартного шрифту (ГОСТ 3351-46). У польових умовах диск білого кольору, закріплений на мірному мотузку, занурюють у воду і визначають глибину (у сантиметрах), на якій диск перестає бути видимим. Дослідження не можна проводити за прямого сонячного світла. Вимірювання повторюють кілька разів і записують середнє значення.

Хід роботи

Вимірювання прозорості води за допомогою шрифту Снеллена. Дослідження проводять у нефільтрованій воді. Пляшку з водою збовтують, негайно ж відбирають чистою і сухою мензуркою необхідний об'єм води. Потім воду переливають у циліндр об'ємом 100 мл із плоским дном і краном, підкладають на відстані 4 см від дна циліндра аркуш зі стандартним шрифтом. Зливають воду через кран до тих пір, поки стане можливим читання тексту через шар води, що знаходиться в циліндрі. Визначення повторюють ще раз, підливаючи воду в циліндр до тих пір, поки шрифт буде ледве помітний. За результат дослідження беруть середнє арифметичне із декількох вимірювань висоти шару води у циліндрі. Можна використовувати будь-який текст з висотою букв 3,5 мм та товщиною лінії 0,35 мм.

Мінімально допустима прозорість питної води не менше 30 см за шрифтом Снеллена. Вода з прозорістю від 20 до 30 см – слабо мутна, від 10 до 20 см – мутна, до 10 см дуже мутна.

Питання для самоконтролю

1. Розкрийте особливості визначення прозорості води.
2. Проаналізуйте фактори, які впливають на зміну прозорості води.

Лабораторна робота 2

Визначення органолептичних показників якості води.

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення основних органолептичних показників води призначеної для господарсько-питного використання.

Матеріали та обладнання: колба 200 мл, шкала кольоровості, циліндр Несслера.

Теоретичні відомості

Якість води в природному джерелі і водопроводі після очищення визначається за аналізом. Для повного аналізу необхідно 3–4 л води, для скороченого аналізу – 1 л. Форма повного аналізу води наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

Форма повного аналізу води джерела водопостачання

Визначення	Розмірність	Позначення
<i>1. Загальні відомості</i>		
Пункт водопостачання		
Тип і назва джерела		
Місце забору проби води		
Дата відбору проби води		
Дата початку аналізу		
<i>2. Фізичні властивості води</i>		
Кольоровість	град ПКШ	
Прозорість	см	
Осад	мг/дм ³	
Запах	балів	
Присмак	балів	
Температура (при заборі води)	°С	
Завислі речовини при 110°С	мг/дм ³	
Завислі речовини після прокалювання	мг/дм ³	

3. Хімічні властивості води

Реакція		pH
Сухий залишок при 150 °С	мг/дм ³	
Мінеральний залишок	мг/дм ³	
Втрати при прокалюванні	мг/дм ³	
Оксид кальцію	мг/дм ³	CaO
Оксид магнію	мг/дм ³	MgO
Ангідрид сірчаної кислоти	мг/дм ³	SO ₃
Хлор-іон	мг/дм ³	Cl ⁻
Ангідрид азотної кислоти	мг/дм ³	N ₂ O ₅
Ангідрид азотистої кислоти	мг/дм ³	N ₂ O ₃
Аміак	мг/дм ³	NH ₃
Сірководень	мг/дм ³	H ₂ S
Кисень	мг/дм ³	O ₂
Вуглекислота: вільна	мг/дм ³	CO ₂
бікарбонатна	мг/дм ³	CO ₂
Оксид заліза і алюмінію	мг/дм ³	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃
Залізо	мг/дм ³	Fe
Кремній кислота	мг/дм ³	SiO ₂
Окислюваність	мг/дм ³ O ₂	
Лужність	мг-екв/дм ³	Л
Гумати	град	Гy ^o
Жорсткість: загальна	мг-екв/дм ³	Ж _з
постійна (некарбонатна)	мг-екв/дм ³	Ж _п
тимчасова (карбонатна)	мг-екв/дм ³	Ж _к
кальцієва	мг/дм ³	Ж _{Ca}
магнієва	мг/дм ³	Ж _{Mg}
Катіони: K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Fe ²⁺	мг, мг-екв	
Аніони: Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₃ ²⁻	мг, мг-екв	

Вода, яка використовується для господарсько-питного призначення, повинна мати високі органолептичні показники (відсутність забарвлення, присмаків і запахів, шкідливих мінеральних і органічних домішок та ін.)

Хід роботи

1. Визначення запаху. Характер та інтенсивність запаху води визначають органолептично. Запахи води розподіляють на 2 групи:

1) запахи природного походження (від живих і відмерлих у воді організмів, від впливу берегів, дна, навколишнього ґрунту, зрубу колодязя і т.д.);

2) запахи синтетичного походження (від промислових стічних вод, від обробки води реагентами на водопроводі і т.д.).

Визначення запаху по характеру: досліджувану воду, яку довели до температури 15–20°C, наливають у колбу ємкістю 150–200 мл з широким горлом на 2/3 об'єму, накривають годинниковим склом, струшують обертальними рухами в закритому стані, відкривають, втягують носом повітря із колби і визначають за запахом I групи використовуючи класифікацію наведену у таблиці 2.

Таблиця 2

Класифікація запахів природного походження

Символ	Характер запаху	Приблизний вид запаху
А	Ароматичний	Квітковий, огірковий
Б	Болотний	Муловий, баговинний
Г	Гнилісний	Фекальний, стічний
Д	Деревинний	Запах мокрих трісок, дерев'яної кори
З	Землянистий	Прілий, свіжої зораної землі, грилуватий
Ц	Цвілуватий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Рибного жиру, риби
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'янистий	Скошеної трави, сіна

Запахи 2 групи називають по відповідним сполукам: фенольний, хлорфенольний, бензиновий, хлорний і т.д.

Оцінка інтенсивності запаху. Для оцінки інтенсивності запаху виконується така ж процедура, як і для визначення характеру запаху. Далі оцінюють за таблицею 3.

Бальні оцінки запаху виконують :

- при температурі 15–20°C;
- при нагріванні до температури 60°C.

Нагрівання проводиться в тій же колбі, закритій годинниковим склом.

Класифікація запахів синтетичного походження

Бал	Інтенсивність	Опис визначення
0	Ніякого	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах не піддається виявленню споживачем, але виявляється в лабораторії досвідченим професіоналом
2	Слабкий	Запах, не приваблюючий уваги споживача, але такий, що можна замітити, якщо звернути увагу на нього
3	Помітний	Запах, що легко виявити і може дати привід відноситися в до води з неповагою
4	Виразний	Запах, що звертає на себе увагу та робить воду непривабливою для пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для споживання

2. *Визначення смаку та присмаку.* Смак та присмак води визначають органолептично за якістю та інтенсивністю. Розрізняють 4 види смаку:

- солоний;
- гіркий;
- солодкий;
- кислий.

Всі інші види смакових відчуттів називаються присмаками. Смак та присмак визначають у сирій воді.

Приблизно 15 мл води набирають та тримають в роті декілька секунд (ковтати воду не потрібно). Якісна характеристика присмаку визначається за такими ознаками: хлорний, рибний, металевий і т.д. Інтенсивність смаку та присмаку визначають за таблицею 3.

3. *Визначення кольоровості.* Кількісно кольоровість води визначають шляхом порівняння зі шкалою, що імітує забарвлення води. У якості основного стандарту розчину використовують платиново-кобальтову шкалу. При відсутності платини та хлороплатинату калію шкала кольоровості може бути виготовлена наступним чином:

– готують розчин №1 (основний розчин): розчиняють окремо в дистильованій воді 0,0875 г двохромовоокислого калію і 2,0 г сірчаного кобальту, змішують ці розчини, додають 1 мл сірчаної кислоти х.ч. та доводять дистильованою водою до 1 л. Цей розчин відповідає кольоровості 500 град.

– 1 мл х.ч. сірчаної кислоти доводять дистильованою водою до 1 л.

Розчини №1 та №2 змішують у співвідношеннях наведених у таблиці 4.

Шкала кольоровості

Розчин №1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Розчин №2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градуси кольоровості	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

У циліндр Несслера наливають 100 мл досліджуваної води і, дивлячись зверху на білому фоні, відшукують ту шкалу, з якою забарвлення досліджуваної води є ідентичним. Виражають кольоровість в град ПКШ. Кольоровість від 1 до 50 град визначається з точністю до 2 град, від 51 до 100 град – до 5 град.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть особливості визначення органолептичних показників якості води.
2. Які показники визначають при здійсненні повного аналізу води джерела водопостачання?

Лабораторна робота 3*Визначення вмісту розчиненого кисню у воді.*

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення концентрації розчиненого кисню та методикою йодометричного визначення за Вінклером.

Матеріали та обладнання: склянки з притертою пробкою, ємністю 100–300 см³, термостат, встановлений на 20±1°C, сушильна шафа, рН-метр, сифон, піпетки з одною поділкою місткістю 1, 2, 5, 10 см³, циліндри місткістю 50 см³, колби 100, 250 та 1000 см³, розчин марганцю (II) сірчанокислого, хлорид марганцю, соляна кислота, розчин гідроксиду калію та йодиду калію, розчини гідроксиду калію, натрію, розчин калію двохромовокислого 0,01 н, 15% розчин йодиду калію, крохмаль, 0,5% індикаторний розчин, розчин тіосульфату натрію 0,01 н.

Теоретичні відомості

Кисень є одним з найважливіших розчинених газів, які постійно присутні у поверхневих водах. Концентрація розчиненого у воді кисню слугує своєрідним індикатором екологічного стану будь-якої водойми, оскільки достатня його кількість чи дефіцит істотно впливає на життєдіяльність багатьох груп гідробіонтів, а також на інтенсивність та спрямованість процесів окиснення-відновлення.

Вміст кисню у воді зменшується внаслідок його використання на процеси окиснення органічних речовин (дихання організмів, витрати кисню при розкладанні органічних речовин, окиснення Mn²⁺, Fe²⁺, NO₂⁻ та NH₄⁺). Його

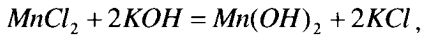
вміст впливає на якість води завдяки інтенсифікації процесів самоочищення, фізико-хімічної трансформації й гідробіологічного колообігу речовин.

При нормальній насиченості води киснем у водоймі домінують процеси окиснення та переважає самоочищення водного середовища від забруднюючих речовин. Інтенсивність самоочищення зменшується, коли вміст кисню у воді не перевищує 7,0–8,0 мг/дм³, а за концентрації розчиненого кисню менше ніж 5,0 мг/дм³ відбувається значне уповільнення бактеріальної деструкції органічних речовин. Крім того, розчинений кисень може витратитись на окиснення надлишку забруднюючих речовин, які надходять зі стоками, що посилює дефіцит кисню.

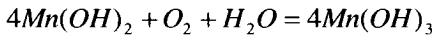
Дефіцит кисню найчастіше спостерігається у водних об'єктах з високими концентраціями забруднюючих речовин та в евтрофікованих водоймах, які містять значну кількість біогенних та гумусових речовин.

Відносний вміст кисню у воді, виражений у відсотках його нормального вмісту (розчинності), називають ступенем насичення киснем. Ця величина залежить від температури води, її солоності та атмосферного тиску.

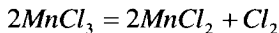
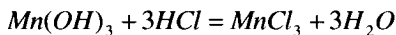
Для визначення розчиненого кисню використовується йодометричний метод за Вінклером. Визначення вмісту у воді кисню ґрунтується на реакції розчиненого кисню з гідроксидом марганцю (II) та йодометричному визначенні утворених вищих за ступенем окиснення сполук. До досліджуваної води додають хлорид марганцю і луг, щоб отримати осад гідроксиду марганцю (II):



який окислюється розчиненим у воді киснем до гідроксиду марганцю (III)

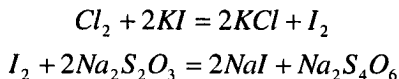


Кількість гідроксиду, що утворилася, залежить від концентрації розчиненого у воді кисню. Потім гідроксид марганцю (III) переводять у еквівалентну кількість йоду, який легко і з достатньою точністю визначають титруванням. Для цього осад $Mn(OH)_3$ розчиняють у соляній кислоті з утворенням хлориду марганцю (III), який легко розкладається на хлорид марганцю (II) і хлор:



Кількість хлору, що утворилася, еквівалентна кількості гідроксиду марганцю (III) і, відповідно, кількості розчиненого у воді кисню. Кількість

хлору визначають йодометрією: до досліджуваного розчину додають йодид калію; хлор витісняє із йодиду калію йод, який відтитрують розчином тіосульфату натрію у присутності крохмалю:



Хід роботи

Реактиви:

– розчин гідроксиду натрію з концентрацією 1 моль/дм³. Розчиняють 40 г гідроксиду натрію в 1 дм³ дистильованої води;

– 15% розчин йодиду калію. Розчиняють 15 г KI ч.д.а. у дистильованій воді, додають 1 см³ NaOH з концентрацією 1 моль/дм³ і доводять дистильованою водою до 100 см³;

– розчин дихромату калію 0,01 н. Розчиняють 2,45 г K₂Cr₂O₇ у дистильованій воді та доводять об'єм до 1 дм³;

– крохмаль, 0,5% індикаторний розчин. Змішують 5 г крохмалю з 50 см³ дистильованої води і вливають у 950 см³ дистильованої води, що кипить.

– концентрована соляна кислота;

– розчин гідроксиду калію та йодиду калію. Розчиняють 700 г КОН і 150 г KI у 700 см³ дистильованої води, доводять об'єм до 1 дм³ дистильованою водою;

– розчин гідроксиду калію. Розчиняють 700 г КОН в 700 см³ дистильованої води, доводять до 1 дм³ дистильованою водою;

– розчин марганцю (II) сірчаноокислого. Розчиняють 400 г MnSO₄·2H₂O (або 480 г MnSO₄·4H₂O чи 364 г MnSO₄·H₂O) в дистильованій воді, фільтрують через паперовий фільтр і доводять об'єм до 1 дм³ дистильованою водою;

– хлорид марганцю. 425 г MnCl₂·4H₂O розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 дм³;

– розчин тіосульфату натрію 0,01 н. Розчиняють 2,5 г тіосульфату натрію Na₂S₂O₃·5H₂O ч.д.а. у кип'яченій і охолодженій воді, додають 0,2 г Na₂CO₃ ч.д.а. і доводять об'єм до 1 дм³.

Для точного встановлення концентрації у колбу об'ємом 250 см³ вливають 100 см³ дистильованої води, додають 10 см³ 15%-го розчину KI, 5 см³ розбавленої (1:4) сірчаної кислоти і 10 см³ 0,01н. розчину дихромату калію. Після перемішування розчин відстоюють 5 хвилин у темноті і потім титрують розчином тіосульфату натрію до світло-жовтого забарвлення, додають 1–2 см³ розчину крохмалю (як індикатор) і продовжують титрувати до зникнення синього забарвлення. Розраховують коефіцієнт реальної полярності тіосульфату натрію по відношенню до 0,01 н. за формулою:

$$k = a/10,$$

де a – об'єм розчину тіосульфату натрію, витрачений на титрування, см^3 .

У кисневу склянку, заповнену доверху досліджуваною водою, вводять піпеткою 2см^3 розчину марганцю сірчаноокислого: занурюють наповнену розчином піпетку до дна кисневої склянки, відтуляють верхній кінець і піпетку повільно виймають. Другою піпеткою додають 2см^3 лужного розчину йодиду калію, виливаючи його під рівень води. Потім склянку обережно закривають пробкою так, щоб у склянці не лишилось повітря. Закриту пробкою склянку 40 разів перевертають догори дном для ретельного перемішування. Тоді відстоюють 10–15 хвилин до утворення пластівцевого осаду на дні склянки, відкривають склянку і додають 1 см^3 концентрованої соляної кислоти. Кисневу склянку знов закривають і перемішують її вміст, перевертаючи кілька разів догори дном. Якщо був використаний розчин гідроксиду калію без йодиду калію, додають 2 см^3 розчину калію йодистого та ополіскують кисневу склянку дистильованою водою.

Після розчинення осаду, воду із склянки переливають у циліндр місткістю 100 см^3 , а потім у колбу для титрування. Через 5 хвилин йод титрують розчином тіосульфату натрію до світло-жовтого забарвлення. Додають 1 см^3 розчину крохмалю і продовжують титрування до знебарвлення.

Вміст розчиненого кисню $C(\text{O}_2)$, мг/дм^3 , обчислюють за формулою

$$C(\text{O}_2) = \frac{a \cdot k \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V},$$

де a – об'єм розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування, см^3 ;

V – об'єм проби води, см^3 ;

k – коефіцієнт поправки до нормальності титрованого розчину тіосульфату натрію для досягнення 0,01 н.;

N – концентрація (нормальність) розчину тіосульфату;

8 – еквівалент кисню.

Насичення розчиненим киснем обчислюють за формулою (%):

$$\text{O}_2 = (a \cdot 100 \cdot 760) / (N \cdot p)$$

де a – кількість кисню у мг/дм^3 , визначена за аналізом;

N – нормальна концентрація кисню за даної температури, мінералізації й тиску 760 мм рт. ст. (з таблиці 1);

p – тиск атмосфери даної місцевості.

**Рівноважні концентрації розчиненого кисню у воді
при атмосферному тиску 760 мм рт. ст.**

Т °С	концентрації розчиненого кисню (мг/дм ³) при зміні температури									
	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	12,52	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	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87
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	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	11,82	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	9,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
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	8,11	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

Питання для самоконтролю

1. Яка роль кисню у поверхневих водах?
2. Розкрийте особливості визначення вмісту кисню у воді.
3. Які прилади використовують для визначення вмісту кисню у воді?

Лабораторна робота 4

Методи визначення значення рН.

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення значення рН.

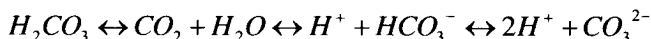
Матеріали та обладнання: проби води, рН-метр.

Теоретичні відомості

Величина рН води – один з важливіших показників її якості, від якого залежать хімічні та біологічні процеси у природних водах, розвиток та життєдіяльність гідробіонтів. Водневий показник рН чисельно дорівнює від'ємному логарифму концентрації водневих іонів у водному розчині:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Постійна величина рН забезпечується у природних водах буферною системою, зумовленою розчиною у воді вугільною кислотою і гідрокарбонат-іонами – HCO_3^- . Концентрація іонів водню прямопропорційна кількості H_2CO_3 , і обернено пропорційна вмісту – HCO_3^- . Таким чином, водневий показник рН у природних водах визначають в основному кількісним співвідношенням концентрацій вугільної кислоти та її іонів:



Визначення концентрацій водневих іонів здійснюють в межах від 1 до 10–14 мг екв/дм³, що відповідає рН від 0 до 14. При рН = 0...7 вода характеризується як кисле середовище, при рН = 7...14 – як лужне, при рН = 7 – як нейтральне. Значення рН річкової води зазвичай варіює у межах 6,5...8,5; атмосферних опадів – 4,6...6,1; води боліт – 5,5...6,0, морських вод – 7,9...8,3.

При оцінці кислотності середовища варто розрізняти загальну кислотність і активну кислотність. Загальна кислотність залежить від вмісту як H^+ , так і недисоційованих молекул кислоти й визначається титруванням лугом. Активна кислотність залежить тільки від вмісту H^+ .

Отже, pH – міра активної кислотності середовища, яка обчислюється як негативний (узятий з оберненим знаком) десятковий логарифм активності водневих іонів, вираженої у молях на літр.

Для визначення значення рН розчинів використовують декілька методик. Водневий показник можна приблизно оцінювати з допомогою індикаторів, точно вимірювати рН-метром або визначати аналітично шляхом, проведенням кислотно-основного титрування.

Визначення рН проводять за кольором кислотно-лужного індикатора, який додають в пробу у вигляді розчину, або зафіксованого на індикаторному папері. Забарвлення порівнюють із забарвленням стандарту. Для аналізу сильно забрудненої води використовують індикаторні папірці.

Аналітичний об'ємний метод – кислотно-основне титрування дає точні результати визначення кислотності розчинів. Розчин відомої концентрації (титрант) по краплях додається до досліджуваного розчину. При їх змішуванні протікає хімічна реакції. Точка еквівалентності це момент, коли титранта точно вистачає, щоб повністю завершити реакцію, фіксується за допомогою індикатора. Далі, знаючи концентрацію і об'єм доданого розчину титранту, обчислюється кислотність розчину.

Вимірювання рН-метром проводиться з використанням скляного електроду, який являє собою трубку з напаяною на конус кулькою із літєвого скла. Під час занурювання такого електроду в розчин між поверхнею кульки електроду і розчином відбувається обмін іонами, у результаті якого іони літію в поверхневих шарах скла замінюються іонами водню, завдяки чому виникає різниця потенціалів, величина якої залежить від активності (концентрації) іонів водню у розчині і його температури.

Потенціал скляного електроду залежить від сорту скла, температури, тому перед визначенням рН скляний електрод калібрують з використанням буферних розчинів з відомим рН. Оскільки рН часто змінюється у результаті реакцій, що відбуваються у воді, потрібно проводити визначення рН безпосередньо після відбору проби. При визначенні рН одночасно вимірюють температуру для внесення поправок при значному відхиленні її від 20°C.

Хід роботи

Перед експлуатацією прилад необхідно ввімкнути й прогріти впродовж 30 хвилин. Для налаштування роботи іонміра використовують буферні розчини з такими значеннями рН, які максимально наближаються до вимірюваної величини. Перед початком вимірювання електрод промивають дистильованою водою і лише після цього занурюють у пробу, що аналізується. Пробу слід попередньо ретельно перемішати, щоб її склад безпосередньо біля поверхні електрода відповідав її загальному складу. Одночасно з електродами у пробу занурюють термометр для визначення температури і для внесення необхідних поправок.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення водневий показник?
2. Назвіть методики, які використовують визначення значення рН?
3. Яким чином готують електрод іоніміра до роботи?

Лабораторна робота 5

Визначення вмісту іонів амонію у воді.

Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення іонів амонію у воді.

Матеріали та обладнання: фотоелектроколориметр, реактив Несслера, сегнетова сіль, NH_4Cl , HgI_2 , NaOH , міліметрівка.

Теоретичні відомості

Амоній відіграє важливу роль у функціонуванні водних екосистем. Сполуки азоту знаходяться у поверхневих водах в розчиненому, колоїдному та завислому стані і під впливом багатьох фізико-хімічних і біохімічних процесів можуть переходити з одного стану в інший. Його вміст у водоймах визначається значенням рН і певною мірою температурою води. У незабруднених поверхневих водах з переважанням слабкозлужного середовища концентрація нітрогену амонійного складає $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-2}$ мг/дм³.

Іони амонію з'являються у природних водах головним чином в результаті розкладання білкових сполук, які потрапляють з побутовими стічними водами, а також відходами виробництва. Так, у стічних водах ферм великої рогатої худоби, свиноферм міститься 0,50–2,30 г N/ дм³ амонію, при коксуванні вугілля 0,45–4,10 г N/ дм³.

Високі концентрації NH_4^+ у водних об'єктах найчастіше спостерігають у періоди підвищення рівня води навесні, коли в міру зростання температури активізуються процеси біохімічного розкладання органічних речовин зависів та мулу, а утворений NH_4^+ не засвоюється рослинами, оскільки вегетаційний період ще не розпочався. Зменшення концентрації NH_4^+ у літні місяці пояснюють активним засвоєнням їх рослинами.

Підвищена концентрація іонів амонію може бути використана як індикаторний показник погіршення санітарного стану водного об'єкта та забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими та сільськогосподарськими стоками.

Хід роботи

Реактиви:

- стандартний розчин NH_4Cl . 3,819 г NH_4Cl розчиняють у безаміачній воді та доводять об'єм розчину до 1 дм³. У 1 мл розчину міститься 1 мг амоній-іонів;
- робочий розчин NH_4Cl . До 10 мл основного розчину додають 990 мл бідистильату. В 1 мл робочого розчину міститься 0,01 мг амоній-іонів.

– *реактив Несслера*. Розчиняють 100 г HgI_2 ч.д.а. у невеликій кількості бідистиляту і змішують з розчином NaOH приготованим розчиненням 160 г у 500 мл дистильованої води. Суміш доводять бідистилятом до 1 дм^3 . Використовують прозорий розчин після відстоювання протягом не менш 4 годин;

– *сегнетова сіль*. Розчиняють 50 г $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а. у бідистиляті, доводять до 100 мл бідистилятом та додають 0,2–0,5 мл реактиву Несслера.

Побудова градуйованого графіка. У мірні колби місткістю 100 мл вносять 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; ... 10 мл робочого стандартного розчину NH_4Cl . Отримані розчини містять відповідно 0,0; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; ... 0,1 мг іонів амонію. Далі додають 1,0 мл розчину сегнетової солі і 1 мл реактиву Несслера та безаміачною водою доводять до мітки. Суміш перемішують і через 10 хвилин проводять вимірювання за допомогою ФЕК.

Градуйований графік будують у координатах: світлопоглинання (вісь ординат) – вміст іонів амонію, мг (вісь абсцис). Враховують поправки на холосту пробу.

Визначення концентрації іонів амонію. У мірну колбу об'ємом 100 мл наливають на половину об'єму вихідну воду. Додають 1,0 мл розчину сегнетової солі та 1 мл реактиву Несслера та вихідною водою доводять до мітки. Суміш перемішують і через 10 хвилин вимірюють при довжині хвилі $\lambda=425$ нм. Далі за калібрувальною кривою знаходять вміст іонів амонію.

Вміст іонів NH_4^+ у мг/дм^3 обчислюють за формулою:

$$C(\text{NH}_4^+) = \frac{m \cdot 1000}{V}$$

де, m – знайдена концентрація NH_4^+ за графіком, мг; V – об'єм вихідної води, мл.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні джерела надходження іонів амонію у водойми.
2. Розкрийте особливості побудови градуйованого графіка для визначення вмісту амонію у воді.
3. Які нормативні показники вмісту амонію у водах різного походження?

Лабораторна робота 6

Визначення вмісту нітрит-іонів у воді.

Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення нітрит-іонів у воді.

Матеріали та обладнання: фотоелектроколориметр, стандартний розчин нітриту натрію, робочий розчин нітриту натрію, α -нафтиламін, реактив Грісса, сульфанілова кислота.

Теоретичні відомості

У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі. Їхні концентрації у поверхневих водах становлять 10^{-2} – 10^{-3} мг/дм³, у підземних водах концентрація нітритів зазвичай вища, особливо у верхніх водоносних горизонтах.

Сезонні коливання вмісту нітритів характеризуються відсутністю їх взимку і появою навесні при розкладанні мертвої органічної речовини. Найбільшу концентрацію нітритів спостерігають наприкінці літа, їхню присутність пов'язують з активністю фітопланктону (встановлена здатність діатомових і зелених водоростей відновлювати нітрати до нітритів). Восени вміст нітритів зменшується.

Концентрація нітратів у поверхневих водах зазнає помітних сезонних коливань: мінімальна у вегетаційний період, вона збільшується восени і досягає максимуму взимку, коли при мінімальному споживанні азоту відбувається розкладання органічних речовин і перехід азоту з органічних форм у мінеральні.

Підвищений вміст нітритів свідчить про посилення розкладання органічних речовин в умовах більш повільного окиснювання NO_2^- у NO_3^- . Присутність у воді нітритів у великій кількості свідчить про потенційну її токсичність й канцерогенність, оскільки нітрити легко трансформуються в нітрозоаміни – канцерогенні сполуки.

Хід роботи

Реактиви:

– стандартний розчин нітриту натрію: 0,1497 г х.ч. NaNO_2 розчиняють у 1 дм³ дистильованої води. У 1 мл розчину міститься 0,1 мг іонів нітритів;

– робочий розчин нітриту натрію. 2 мл стандартного розчину розбавляють дистильованою водою до 100 мл. У 1 мл розчину міститься 0,002 мг іонів нітритів;

– *α*-нафтиламін, 0,6%: 1,2 г ч.д.а. нафтиламіну розчиняють у дистильованій воді, додають 50 мл «льодяної» оцтової кислоти і доводять дистильованою водою до 200 мл. Розчин можна зберігати 2–3 місяці;

– реактив Грісса, 3%: 3 г ч.д.а. реактиву Грісса розчиняють у дистильованій воді, додають 15 мл оцтової «льодяної» кислоти і доводять до 100 мл дистильованою водою;

– сульфанілова кислота, 0,6%: 6,0 г ч.д.а. сульфанілової кислоти розчиняють у 750 мл гарячої дистильованої води. До одержаного розчину додають 250 мл «льодяної» оцтової кислоти.

Побудова градуїрованого графіку. У мірні колби місткістю 100 мл додають 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; ... 10 мл робочого стандартного розчину

нітриту натрію. Отримані розчини містять 0,0; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008; 0,01; ...0,02 мг іонів нітритів відповідно. Потім додають 2 мл реактиву Грісса (або 1 мл розчину сульфанілової кислоти і 1 мл розчину α -нафтиламіну) і дистильованою водою доводять до мітки. Суміш ретельно перемішують та через 20 хвилин вимірюють світлопоглинання проб.

Градуїований графік будують у координатах: світлопоглинання (вісь ординат) – вміст іонів нітритів (вісь абсцис), мг. Враховують поправки на холосту пробу.

Визначення концентрації нітритів-іонів. У мірну колбу об'ємом 100 мл наливають на половину об'єму вихідну воду. Додають 2 мл реактиву Грісса (або 1 мл розчину сульфанілової кислоти і 1 мл розчину α -нафтиламіну) та вихідною водою доводять до мітки. Суміш ретельно перемішують та через 20 хвилин вимірюють при довжині хвилі $\lambda=520$ нм.

Вміст іонів NO_2^- , мг/дм³, обчислюють за формулою:

$$C(\text{NO}_2^-) = \frac{m \cdot 1000}{V}$$

де, m – знайдена концентрація NO_2^- за графіком, мг; V – об'єм вихідної води, мл.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні шляхи надходження нітрит-іонів у водойми.
2. Розкрийте особливості побудови градуїованого графіка для визначення вмісту амонію у воді.
3. Які нормативні показники вмісту нітритів у водах різного призначення?

Лабораторна робота 7

Визначення вмісту хлоридів у воді.

Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення хлоридів у воді.

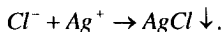
Матеріали та обладнання: фотоелектроколориметр, AgNO_3 , NaCl , K_2CrO_4 .

Теоретичні відомості

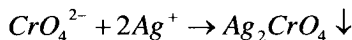
Хлориди є неодмінною складовою природних вод. У поверхневих водах хлориди містяться у вигляді добре розчинних сполук, тому вони мають високу міграційну здатність. Концентрація хлорид-іонів у воді річок та озер коливається від десятої частки міліграма до десятків і сотень міліграмів на 1 дм³. Вона змінюється за сезонами відповідно до зміни загальної мінералізації води. Значне надходження хлоридів геологічного походження – це рідкісне явище, тому збільшення їх концентрації є ознакою забруднення води

побутовими і промисловими стічними водами. Крім того, значні кількості хлоридів надходять у воду внаслідок обміну з океаном через атмосферу, взаємодії атмосферних опадів з ґрунтами, особливо засоленими, у результаті вулканічних вивержень.

Титриметричне визначення вмісту хлоридів аргентометричним методом Мора ґрунтується на утворенні в нейтральному або слабколужному середовищі (рН 7–10) малорозчинного білого осаду хлориду срібла:



Для встановлення моменту закінчення титрування (точки еквівалентності) як індикатор використовують хромат калію, який з іонами срібла утворює червоно-коричневий осад хромату срібла:



Для чіткого фіксування точки еквівалентності концентрація розчину K_2CrO_4 у розчині, який титрують, має становити близько $0,006$ моль/дм³. Метод Мора застосовують для визначення вмісту хлоридів, коли їх концентрації не менші за 10 мг/дм³. Проби води з концентрацією хлорид-іонів до 400 мг/дм³ можна титрувати без додаткового їх розбавлення.

Хід роботи

Реактиви:

– *нітрат аргентуму*, $0,05$ моль/дм³: $8,494$ г AgNO_3 розчиняють у дистильованій воді й доводять об'єм розчину до 1 дм³ у мірній колбі. Розчин зберігають у склянці з темного скла. Точну концентрацію розчину встановлюють титруванням за стандартним розчином NaCl ;

– *стандартний розчин хлориду натрію*, $0,05$ моль/дм³: $2,922$ г NaCl розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм розчину у мірній колбі до 1 дм³;

– *хромат калію* (K_2CrO_4), індикатор, розчин 100 г/дм³: 10 г K_2CrO_4 розчиняють у воді і доводять об'єм дистильованою водою у мірній колбі до 100 мл. Для видалення хлоридів додавають розчин AgNO_3 до моменту появи червоно-бурого осаду. Через 1 – 2 дні його фільтрують і доводять об'єм фільтрату дистильованою водою до 1 дм³.

Визначення концентрації хлоридів. У колбу місткістю 200 мл вносять необхідний об'єм досліджуваної води, додають 1 мл розчину K_2CrO_4 і титрують розчином AgNO_3 , постійно помішуючи пробу. При невеликій концентрації хлорид-іонів титрування проводять повільно, додаючи розчин AgNO_3 по одній краплині. При значному вмісті хлоридів спочатку випадає

білий осад AgCl далі з'являється забарвлення від жовтого до насиченого оранжевого забарвлення. Одночасно визначають холосту пробу титруванням дистильованої води (100 мл). Для встановлення кінцевої точки титрування (точки еквівалентності) доцільно використати «свідок» – недотитовану пробу досліджуваної води, яка має лимонно-жовте забарвлення внаслідок добавляння до неї розчину хромату калію.

Концентрацію хлорид-іонів C_x (ммоль-екв/дм³) або C_y (мг/дм³) обчислюють за формулами:

$$C_x = \frac{(V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000}{V},$$

$$C_y = \frac{(V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000 \cdot 35,45}{V},$$

де V_1 , V_0 – об'єми стандартного розчину AgNO_3 , які витрачені на титрування відповідно проби та «холостого» розчину, мл; C – концентрація стандартного розчину AgNO_3 , моль-екв/дм³; V – об'єм проби води, мл; 35,45 – молярна маса еквівалента хлорид-іонів.

Визначення концентрації розчину AgNO_3 . У конічну колбу піпеткою вносять 15,0 мл стандартного розчину NaCl концентрацією 0,05 моль-екв/дм³ і доливають дистильовану воду до об'єму 50 мл. Добавляють 0,5 мл розчину K_2CrO_4 і титрують розчином AgNO_3 , як у методиці визначення.

Концентрацію розчину AgNO_3 C_x (моль-екв/дм³) обчислюють за формулою:

$$C_x = \frac{V_1 \cdot C}{V - V_0} = \frac{15,0 \cdot 0,05}{V - V_0} = \frac{0,75}{V - V_0},$$

де V_1 – об'єм взятого стандартного розчину NaCl , мл; C – концентрація стандартного розчину NaCl , моль-екв/дм³; V – об'єм розчину AgNO_3 , витрачений на титрування, мл; V_0 – об'єм розчину AgNO_3 , витрачений на титрування «холостої» проби (дистильованої води), мл.

Питання для самоконтролю

1. Які джерела надходження хлоридів у природні води?
2. На чому ґрунтується аргентометричне визначення хлоридів?
3. Які нормативні показники вмісту хлоридів у водах різного призначення?

Лабораторна робота 8

Визначення концентрації фосфатів у воді.

Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення концентрації фосфатів у воді.

Матеріали та обладнання: фотоелектроколориметр, молібденова суміш, аскорбінова кислота, фосфат калію, робочий та стандартний розчин.

Теоретичні відомості

Фосфати надходять у поверхневі води головним чином з ґрунтів, різних стічних вод або з органічної маси після її розкладу. Широке застосування синтетичних миючих засобів стало причиною забруднення поверхневих вод поліфосфатами, які повільно гідролізують з утворенням ортофосфатів.

Для визначення фосфатів широкого застосування набув фотометричний метод з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Внаслідок взаємодії ортофосфатів з молібдатом амонію у кислому середовищі (рН 0,80–0,95) у присутності аскорбінової кислоти утворюється забарвлена у синій колір сполука. Ця реакція відбувається при нагріванні. При введенні в розчин солі стибію (III) утворюється більш складна забарвлена сполука, до складу якої входить стибій у співвідношенні $\text{Sb:P} = 1:1$. У цьому випадку реакція відбувається швидко за кімнатної температури. Чутливість визначення становить $0,02 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$.

Хід роботи

Реактиви:

– *молібденова суміш:* до 300 мл дистильованої води додають при перемішуванні 144 мл концентрованої H_2SO_4 . Після охолодження при перемішуванні послідовно доливають розчини 10 г сульфанілової кислоти в 100 мл води, 12,5 г молібдату амонію у 200 мл дистильованої води, 0,235 г хлориду стибію та 0,6 г винної кислоти (або 0,345 г антимонілтартрату калію) в 100 мл води і одержану суміш розбавляють до 1 дм^3 . Реактив зберігають у склянці з темного скла;

– *10%-ний розчин аскорбінової кислоти.* 10 г аскорбінової кислоти розчиняють у 90 мл дистильованої води;

– *фосфат калію, стандартний розчин;*

– *основний розчин.* У дистильованій воді розчиняють 0,7165 г $\text{KН}_2\text{PO}_4$ кваліфікації ч. д. а., попередньо висушеного протягом 2 годин при температурі 105°C . Додають 2 мл хлороформу, об'єм доводять дистильованою водою до 1 дм^3 . В 1 мл розчину міститься $0,50 \text{ мг PO}_4^{3-}$;

– *робочий розчин.* 20 мл основного розчину розбавляють дистильованою водою до 1 дм^3 . Розчин готують кожного разу свіжий. В 1 мл розчину міститься $0,01 \text{ мг PO}_4^{3-}$.

Побудова градуїзованого графіка. У мірні колби місткістю 50 мл вносять 0,0; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; ... 25,0 мл стандартного розчину ($0,01 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{мл}$) і доводять об'єм водою до позначки. В одержаних розчинах концентрація фосфатів у перерахунку на досліджувану пробу води дорівнює 0, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0 і 5,0 $\text{мг PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Далі додають 2 мл розчину молібденової суміші і через кілька хвилин 0,5 мл 10%-ного розчину аскорбінової кислоти. Суміш перемішують. Через 15 хв проводять вимірювання за допомогою ФЕК.

Градуїований графік будують у координатах: світлопоглинання (вісь ординат) – вміст фосфатів, мг (вісь абсцис). Враховують поправки на холосту пробу.

Визначення концентрації фосфатів. До 50 мл профільтрованої води додають 2 мл розчину молібденової суміші і через кілька хвилин 0,5 мл 10%-ного розчину аскорбінової кислоти. Суміш перемішують. Через 15 хв вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda = 690 \text{ нм}$. За калібрувальною кривою знаходять вміст фосфатів.

Вміст PO_4^{3-} (C_x) у $\text{мг}/\text{дм}^3$ знаходять за формулою:

$$C_x = \frac{CV_1}{V},$$

де C – концентрація фосфат-іонів, визначена за градуїувальним графіком, $\text{мг}/\text{дм}^3$; V – об'єм проби, взятий для аналізу, мл; V_1 – об'єм, до якого при необхідності розбавлено відібрану пробу.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні шляхи надходження фосфатів у водойми.
2. Розкрийте особливості побудови градуїзованого графіка для визначення вмісту фосфатів у воді.

Лабораторна робота 9

Методи визначення чисельності та біомаси фітопланктону.

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення фітопланктону.

Матеріали та обладнання: батометр, формалін, флакони пластикові чи скляні для проб, мікроскоп, камера Нажотта, лічильна пластинка, штемпель-піпетка, предметні і покривні скельця, окуляр-мікрометр, фільтратор Гусевої, лійка скляна, гідробіологічний сифон, пензлик, фільтрувальний папір.

Теоретичні відомості

Поширеними методами відбирання проб фітопланктону є методи проціджування води за допомогою планктонних сіток, вирізання стовпа води

за допомогою батометрів або відбір води з поверхневого горизонту. Планктонні сітки використовують в основному для визначення якісного складу фітопланктону. Кількісний і якісний склад фітопланктону встановлюють при відбиранні проб води за допомогою батометрів, які занурюють у воду і «вирізають» стовп води з відповідного горизонту. Для відбору води у прісних водоймах використовують батометри Рутнера, Паталаса, Ван Дорна, Молчанова, прилад Мейєра.

Відбирання проб фітопланктону бажано проводити у першій половині дня (з десятої до дванадцятої години). Проби відбирають з поверхневого горизонту та через кожний метр водної товщі. Відібрані проби зливають у поліетиленове відро, з якого відбирають інтегровані проби об'ємом 0,5–1,0 дм³. Об'єм проби визначається попередньою візуальною оцінкою розвитку фітопланктону: 0,5 дм³ – при інтенсивному розвитку планктонних водоростей (влітку та при «цвітінні» води); 1,0 дм³ – при незначній вегетації водоростей (взимку, рання весна, пізня осінь).

Проби фітопланктону у деяких випадках відбирають у двох повторностях: одну фіксують, іншу – використовують для вивчення живих клітин водоростей. Це пов'язано з тим, що фіксація проб консервантами призводить до пошкодження деяких тонких морфологічних структур клітин (джгутиків, виростів), які є характерними систематичними ознаками у вольвоксових, евгленових і золотистих водоростей.

Проби фітопланктону відбирають у поліетиленові чи скляні флакони, відкалібровані на 0,5 і 1,0 дм³ з щільно закритими корками. У лабораторії посуд добре миють з використанням миючих засобів (для поліетиленових пляшок) чи хромової суміші (для скляних пляшок). Перед наповненням пляшки промивають 2–3 рази невеликою кількістю відібраної проби. У лабораторії проби зберігають у цих же пляшках.

Кожна проба повинна мати етикетку, що містять її порядковий номер або інші дані, яку прикріплюють на станції відбору проб. Окремо в картці обов'язкових відомостей (польовий щоденник) записують всі необхідні дані щодо відбору проби: найменування водойми, номер станції, її координати на водоймі та відповідна географічна «прив'язка» станції, дата відбору проби (число, місяць, рік, час доби), прозорість води, об'єм проби, температура води і повітря, кількість кисню, гідрометеорологічні дані – стан погоди, наявність чи відсутність на поверхні води ознак «цвітіння», спричиненого масовим розвитком водоростей, плівки нафтопродуктів, сміття, візуально відмічених джерел надходження стічних вод у водойму, звалищ сміття у районі досліджуваної водойми тощо.

Консервація формальдегідом. Найбільш поширеним консервантом у гідробіологічних дослідженнях є *формальдегід*. Для консервації у водні проби додають 40%-ний формальдегід з розрахунку 1:100, пляшку щільно закривають корком і ставлять у темний ящик. Зберігають протягом 2–3 місяців. Формальдегід є «жорстким» фіксатором та може призводити до деформації водоростей, відкидання джгутиків, виходу монадних форм (евгленові, динофітові, золотисті) з будиночків, а у зелених хлорококових можливий і лізис клітин. Фіксація формальдегідом не впливає на морфологічну структуру діатомових і синьозелених водоростей. Пояснюється це тим, що перші з них мають кремнеземний панцир, а у других – клітини, огорнуті слизом.

Консервація розчином Люголя. Розчин Люголя є більш «м'яким» фіксатором, що не руйнує морфологічну структуру водоростей. Але він не завжди «вбиває» водну мікрофлору і водні гриби. Це призводить до того, що через 1–2 міс. зафіксована проба починає «загнивати» і практично руйнуються клітинні структури.

Консервація етиловим спиртом. Етиловий спирт є також «м'яким» фіксатором. Використовують спирт етиловий ректифікований, який додають до проби у співвідношенні 1:10. Проби фітопланктону, зафіксовані спиртом, не можна зберігати понад 1–1,5 місяця. Надалі неопрацьовані проби починають «загнивати».

Особливе значення при проведенні дослідження фітопланктону має підготовка до камерального опрацювання проб.

Згуцнення проб. Поширеними методами концентрації або згуцнення проб є седиментація, центрифугування та фільтрація через дрібнопористі мембранні фільтри.

Метод седиментації. Відібрані, зафіксовані проби транспортують у лабораторію і виставляють у темному прохолодному місці на 10–12 діб для відстоювання. За цей час переважна більшість водоростей осідає на дно пляшки, а деякі піднімаються і концентруються на поверхні проби. Після цього за допомогою сифона відбирають середній шар води, залишаючи біля 100 мл проби. Далі переливають у посуд меншої місткості, відстоюють протягом 5–7 діб і повторно відсифонюють, доводячи кінцевий об'єм до 10 см³. Проби переливають у пеніцилінові склянки, додають 2–3 краплі формальдегіду чи розчину Люголя і починають камеральне опрацювання.

Метод центрифугування. Найбільш швидкий метод згуцнення альгологічних проб. Його застосовують в основному для прижиттєвого вивчення планктонних водоростей. Перевагою методу є можливість опрацювання невеликого об'єму проби (15–20 мл).

Метод фільтрації. В основі методу лежить фільтрація через дрібнопористі мембранні фільтри під тиском або під вакуумом у спеціальному приладі – фільтраторі Гусевої. Проба для згущення не менше, ніж за 0,5 год до фільтрації консервується 5–10 краплями формальдегіду або розчином Люголя. Попередня консервація проби веде до зменшення деформації організмів при фільтрації. Після фільтрації фільтри кладуть у пеніцилінові флакони, додають 5 або 10 см³ фільтрату і обережно очищають від осаду пензликом. Після цього проба консервується.

Для опрацювання проб використовуються світлові, електронні скануючі та трансмісійні мікроскопи. Основна вимога до мікроскопа – це величина збільшення. Для отримання репрезентативних результатів окуляр повинен мати збільшення не менше, як K5x, а об'єктив – х20.

Камеральне опрацювання проб є якісне і кількісне. При якісному опрацюванні проб фітопланктону встановлюють систематичний склад та частоту зустрічності водоростей. За шкалою Стармаха частота зустрічності окремих видів водоростей передбачає наступні позначення кількісних показників:

+ – дуже рідко (вид присутній не в кожному препараті);

1 – поодинокі (1-6 екземплярів в одному препараті);

1 – мало (7-16 екземплярів у препараті);

2 – достатньо (17-30 екземплярів у препараті);

3 – багато (31-50 екземплярів у препараті);

4 – дуже багато (більше 50 екземплярів у препараті).

Чисельність водоростей підраховують у спеціальних лічильних камерах. Найбільш поширеною в альгологічних дослідженнях є камера Нажотта об'ємом 0,01–0,05 см³.

Окрім лічильних камер, необхідно мати штемпель-піпетку об'ємом 0,1 мл, покривні скельця, препарувальну голку, мірні склянки, гліцерин. Підготовлену концентровану пробу виливають у мірну склянку, ретельно перемішують, штемпель-піпеткою відбирають 0,1 см³ і переносять на лічильну камеру або пластинку, голкою додають краплю гліцерину (для запобігання висихання).

Залежно від кількості організмів у пробі підраховують або усі, або частину доріжок (квадратів) на поверхні лічильної пластинки. Необхідно проводити повторні підрахунки кількох порцій однієї й тієї ж проби.

Лічильну пластинку з порцією проби продивляються під мікроскопом, визначають видовий склад і підраховують кожний вид водоростей методом десятків, де крапками й рисками позначають кожний вид водоростей.

Видовий склад водоростей встановлюють за визначниками.

Визначення чисельності фітопланктону. Для кількісної оцінки розвитку фітопланктону обчислюють його чисельність. Чисельність водоростей виражають в кількості клітин, колоній на одиницю об'єму за формулою:

$$N = kn \frac{A}{a} V \frac{1000}{V},$$

де, N – кількість водоростей в 1 дм³ води досліджуваної водойми (як правило, тис. кл/дм³ або млн. кл/дм³);

k – коефіцієнт, що показує, у скільки разів об'єм використаної камери менший за 1 см³;

n – кількість клітин водоростей на переглянутих доріжках (квадратах) лічильної камери;

A – кількість доріжок (квадратів) лічильної камери;

a – кількість доріжок (квадратів), де підраховувалась кількість водоростей;

V – об'єм проби фітопланктону, взятий на водоймі, см³;

v – об'єм концентрованої проби, з якого розраховуються показники фітопланктону, см³.

Визначення біомаси фітопланктону. Біомаса фітопланктону визначається розрахунково-об'ємним методом. Його використання передбачає наявність даних чисельності в кожній конкретній пробі для кожного виду окремо та їх середнього об'єму. При вивченні видового складу одночасно проводять вимірювання виявлених водоростей, які є важливими діагностичними ознаками та використовуються при визначенні їх об'єму. У гідробіологічній практиці для вимірювання мікроскопічних об'єктів – бактерій, водоростей та безхребетних використовують окуляр-мікромір з вимірювальною лінійкою.

Для отримання репрезентативних даних необхідно виміряти параметри не менш, як 30 клітин водоростей одного виду. Отримані дані опрацьовують статистично. Для визначення об'єму водоростей їх прирівнюють до певних геометричних фігур, найбільш подібних до даної морфологічної форми: куля, паралелепіпед, циліндр, конус, октаедр тощо. Об'єм клітин визначають за відомими геометричними формулами, використовуючи лінійні розміри конкретних організмів (радіус, висоту, довжину).

Іноді використовують готові, обчислені раніше середні об'єми тіл для різних видів водоростей, які наводяться в літературі. Припускають, що відносна щільність (до води) прісноводних водоростей становить 1,00–1,05, гіпергалінних – 1,1–1,2. Біомасу розраховують для кожного виду окремо (добуток об'єму та чисельності), а потім визначають суму усіх виявлених видів – загальну біомасу, яку виражають у одиницях маси – мг/дм³, г/м³ або г/м².

Хід роботи

1. Ознайомитися з визначниками планктонних водоростей:

- Топачевський О. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. XI / О. В. Топачевський. – К.: Вид-во АН УРСР, 1960. – 403 с.
- Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевський, Н. П. Масюк. – К.: Вища шк., 1984. – 336 с.
- Кондратьева Н. В. Синьозелені водорості – Суанophyta. Ч. 1. Загальна характеристика синьозелених водоростей – Суанophyta. Клас Хроококові – Chroococcophyceae. Клас Хамесифонові – Chamaesiphonophyceae / Н. В. Кондратьева, О. В. Коваленко, Л. П. Приходькова. – К.: Наукова думка, 1984. – 388 с.
- Коршиков О. А. Підклас Протококові (Protococcineae). Вакуольні (Vacuolales) та Протококові (Protococcales) / О. А. Коршиков. – К.: Вид-во Академії Наук УРСР, 1953. – 440 с.
- Матвієнко О. М. Жовтозелені водорості – Xanthophyta / О. М. Матвієнко, Т. В. Догадіна. – К.: Наукова думка, 1978. – 512 с.
- Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – К.: Наукова думка, 1990. – 208 с.

2. Визначити видовий склад і чисельність водоростей досліджуваної водойми за зразком поданим у таблиці 1.

Таблиця 1

Зразок опрацювання проби фітопланктону

Систематичні відділи	Кількість водоростей, клітин		Об'єм клітини в $\mu\text{м}^3$	Біомаса водоростей, $\text{мг}/\text{дм}^3$
	в 0,1 мл (порція)	в 1 л		
Синьозелені				
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	∴ ∴	176 000	81,6	0,01
<i>Anabena spiroides</i>	☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ↓ ∴	150 000	150,0	0,02
Евгленові				
<i>Euglena acus</i>	☐	16 000	1125,1	0,02

3. Визначити чисельність та біомасу фітопланктону.

4. Користуючись книгою «Водоросли-індикатори в оцінці якості навколишнього середовища. Частина I. Барінова С. С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. Частина II. Барінова С. С. Экологические и географические характеристики водорослей-индикато-

ров. / С. С. Барінова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – М.: ВНИИприроди. 2000. – 150 с.» визначити екологічні та географічні характеристики водоростей які подані у таблиці 2.

Таблиця 2

Список водоростей та їх екологічна характеристика

Таксони	Екологічні характеристики				
	Біотопічна приуроченість	Температурна приуроченість	Реофільність	Галобність	Ацидифікація
Euglenophyta					
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	P	eterm	st	i	ind
<i>Euglena gracilis</i> G.A. Klebs					
Chrysophyta					
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof					
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty					
Bacillariophyta					
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw.					
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cl. et Grunow					
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kutz.) Hendey					
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenb.) Simonsen					
<i>Diatoma vulgare</i> f. <i>lineare</i> (Grunow in V.H.) Bukht.					
<i>Synedra acus</i> Kutz. var. <i>acus</i>					
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenb.					
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kutz.) W. Sm.					
Chlorophyta					
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A. Dang.					
<i>Crucigenia quadrata</i> E. Morren					
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew.					
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood					
<i>Oocystis borgei</i> J. Snow					
Cyanophyta					
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen					
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz. emend. Elenkin					
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs					

Примітка: біотопічна приуроченість: P – планктонні, B – бентосні, P-B – планктонно-бентосні, Ep – епіфітні; температурна приуроченість: eterm –

евритермні, temp – помірні, cool – холодолюбні, warm – теплолюбні; **реофільність** (текучість вод): str – швидкотекучі, st-str – повільнотекучі (або індиференти), st – стоячі; **галобність**: hb – галофоби, hl – галофіли, i – індиференти, mh – мезогалоби, oh – олігогалоби; **ацидифікація**: acf – ацидофіли, alb – алкалобіонти, alf – алкаліфіли, ind – індиференти.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть прилади для відбирання проб фітопланктону.
2. Які консерванти використовують для фіксації проб фітопланктону?
3. У чому полягає суть підготовки проб до камерального опрацювання?
4. Як визначають біомасу фітопланктону?
5. Як визначають чисельність фітопланктону?

Лабораторна робота 10

Водорості фітопланктону, які викликають «цвітіння» води.

Мета роботи: ознайомитися з представниками фітопланктону, які викликають цвітіння водойм та визначити основні заходи боротьби із цвітінням водойм.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, освітлювачі, предметні і покривні скельця, окуляр-мікрометр, піпетки, проби фітопланктону, фільтрувальний папір.

Теоретичні відомості

Водорості – нижчі водні рослини, що мають велике значення як джерело їжі майже для усіх водних організмів, включаючи рибу і молюсків. Вони є невід’ємним компонентом водного біоценозу, якому притаманні високий видовий склад, кількісний розвиток, домінуючі комплекси, біологічна продукція, сезонна та багаторічна динаміка.

Під фітопланктоном розуміють сукупність усіх форм мікроскопічних водоростей, незалежно від їхньої біотопічної приуроченості, які на момент відбору проб знаходяться у товщі води та характеризуються відповідними структурно-функціональними показниками угруповань.

«Цвітіння» води, викликане масовим розвитком цих мікроскопічних рослин, – явище широко розповсюджене. Воно поширене в усіх типах водойм, природних і штучних, морських і континентальних. У більшості випадків «цвітіння» води супроводжується накопиченням у водоймах токсичних сполук, що виникають як у результаті життєдіяльності водоростей, так і внаслідок розпаду їх відмерлих клітин. «Цвітіння» води супроводжується такими негативними наслідками, як зсув екологічної рівноваги у сторону накопичення органічних речовин, вторинним забрудненням, погіршенням якості природних вод.

«Цвітіння» спричиняється надходженням у водойму біогенних елементів – азоту і фосфору, іноді вуглецю і кремнію, що створюють сприятливі умови для життя та розвитку водоростей. Біогенні елементи потрапляють у водойми з атмосферними опадами, поверхневим стоком з території міст і населених пунктів, у результаті азотфіксації і фотосинтезу водоростей, що населяють водну товщу, ерозії ґрунтів, обвалу берегів, з водами, що використовуються для зрошення.

При надходженні біогенних елементів різко зростає продуктивність водойм завдяки зростанню чисельності та біомаси водоростей, насамперед синьозелених. Синьозелені водорості відносяться до числа єдиних організмів на Землі, що здатні засвоювати чотири гази – вуглекислий (фотосинтез як у зелених водоростей), кисень (для дихання), азот (як азотфіксатори) і сірководень (як хемосинтетики).

Ці водорості мають високий потенціал розмноження: за вегетаційний період (приблизно 70 днів) одна клітина може дати 10–20 поколінь, у той же час серед мешканців фауни водойм практично немає тварин (безхребетних, риб), що активно споживають синьозелені водорості і здатні регулювати їхню чисельність. Клітини синьозелених водоростей виробили високу стійкість до впливу несприятливих факторів середовища. Одним з факторів, що захищають клітини, є слиз, що покриває їхнє тіло і захищає від шкідливих впливів.

На інтенсивний розвиток водоростей великий вплив має температура води. Діатомові, найбільш холодолюбні, пристосувались до температури нижче 16°C. Зелені водорості екологічно пластичні, але максимального розвитку досягають при 15–20°C. Синьозелені водорості відносяться до числа теплолюбних форм і можуть інтенсивно розмножуватися в інтервалі 16–60°C, але максимального розвитку досягають при температурі вище 20°C. У термальних джерелах з температурою води 30–40°C інтенсивно розмножуються синьозелені водорості, при подальшому підвищенні температури кількість видів поступово знижується, тому навесні і восени «цвітіння» води відбувається діатомовими водоростями, а влітку синьозеленими.

Під впливом інтенсивного розвитку водоростей різко порушуються фізичні, хімічні та біологічні параметри води. Змінюється її колір, знижується прозорість, погіршується освітленість через утворення поверхневої плівки водоростей; змінюється спектральний склад, що проникає у водну товщу сонячної радіації в результаті розсіювання і поглинання водоростями світлових променів. Значно змінюються і хімічні показники води: знижується вміст розчиненого кисню, змінюється рН (кислотність), відбувається перенасичення органічними речовинами, з'являється неприємний запах і смак.

Явище «цвітіння» води найчастіше викликано такими синьозеленими водоростями: *Aphanizomenon flos-aque* (L.) Ralfs, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb та *Microcystis aeruginosa* Kutz. emend. Elenkin (рис. 1).

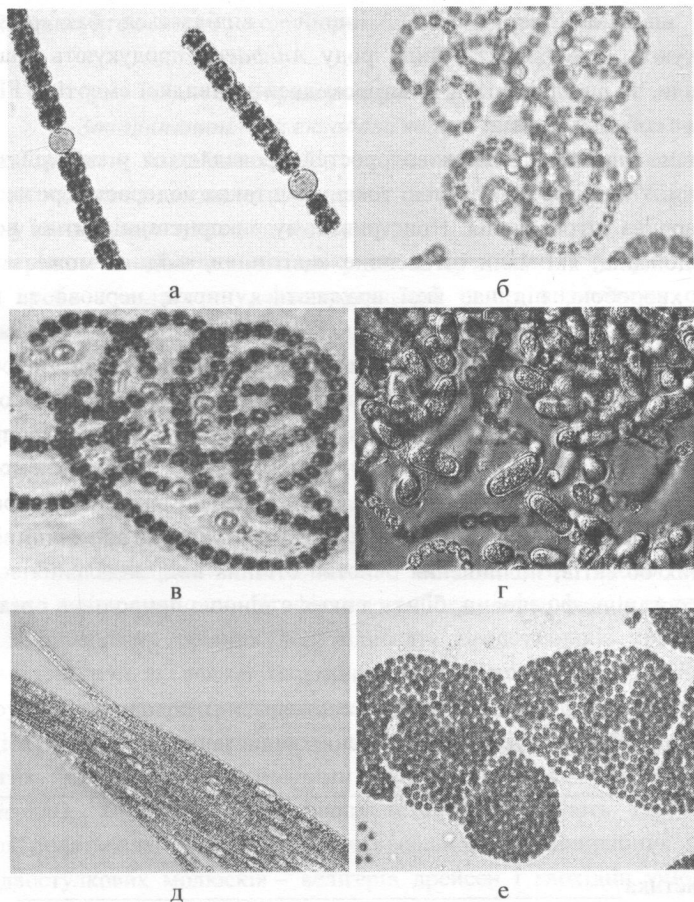


Рис. 1. Представники синьозелених водоростей, які викликають «цвітіння» води: а – *Anabaena spiroides*; б – *Anabaena flos-aquae*; в – *Anabaena circinalis*; г – *Anabaena lemmermannii*; д – *Aphanizomenon flos-aquae*; е – *Microcystis aeruginosa*.

Біомаса збудників цвітіння в межах $0,5-0,9 \text{ мг/дм}^3$ свідчить про слабе «цвітіння», $1,0-9,9 \text{ мг/дм}^3$ – помірне, а $10-100 \text{ мг/дм}^3$ – про інтенсивне чи «гіперцвітіння».

Інтенсивний розвиток синьозелених водоростей обумовлює насичення води сильнодіючими токсинами та погіршення її якості. Так, токсична дія *Microcystis aeruginosa* обумовлена двома токсинами: один (ендотоксин) утворюється у самій водорості і є циклічним поліпептидом, називається фактором швидкої смерті (FDF), інший – виділяється бактеріями, які супроводжують ці водорості. Види роду *Anabaena* продукують анатоксин, який назвали, за швидкістю дії, фактором досить швидкої смерті (VFDF), що представляє собою алкалоїд.

Токсична дія синьозелених водоростей проявляється у масовій загибелі гідробіонтів. У людини при отруєнні токсинами таких водоростей розвивається алергія, харчова інтоксикація. При тривалому використанні питної води або риби з водоймищ, які мали інтенсивне «цвітіння», людина може захворіти гафською хворобою, під час якої вражаються нирки, нервова та м'язова системи, порушуються функції руху тощо.

Боротьба з «цвітінням» водойм має бути спрямована на: запобігання антропогенної евтрофікації водоймищ; виконання комплексу водоохоронних заходів, які включають насадження наземної і водної рослинності (наприклад, очерет і рогіз поглинають із води велику кількість хімічних елементів та знешкоджують різні токсичні сполуки; очерет пригнічує розвиток синьозелених водоростей); припинення скиду стічних вод або їхній відвід за межі водних об'єктів; поліпшення очистки стічних вод; видалення з водойм надлишку органічних речовин, біомаса яких є цінною природною органічною речовиною.

Хід роботи

1. Ознайомитися з представниками синьозелених водоростей.
2. Заповнити картки для всіх виявлених видів за поданим зразком.

Вид

Коротка

характеристика _____

Індикатор вод _____

Біотопічна приуроченість _____

3. Описати особливості синьозелених водоростей, зробити порівняльну характеристику з іншими відділами.

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під терміном «цвітіння» водойм?

2. Які основні причини цього явища?
3. До яких наслідків призводить явище «цвітіння» води?
4. Які види фітопланктону викликають «цвітіння» води?
5. Назвіть, які наслідки має «цвітіння» води для людини?
6. Перерахуйте основні заходи боротьби з «цвітінням» води.

Лабораторна робота 11

Зоопланктон – як складова водної екосистеми.

Мета роботи: ознайомитися з представниками зоопланктону різних водойм та навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу зоопланктону та характеризувати його структуру.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, предметні і покривні скельця, піпетки, проби зоопланктону, фільтрувальний папір, визначники організмів зоопланктону.

Теоретичні відомості

Під зоопланктоном найчастіше мають на увазі мезопланктон – сукупність водних тварин мезо- і частково мікророзміру (від 0,2 до 3,5 мм), що пасивно дрейфують (ширяють) у водній товщі.

Для відображення екологічного різноманіття зоопланктонного угруповання, його поділяють на різні частини – облігатний (постійний), факультативний (тимчасовий) і випадковий зоопланктон, або на різні екологічні групи, основними з яких є придонно-фітофільна, прибрежно-фітофільна та пелагічна.

До зоопланктону прісних вод відносять представників трьох великих таксономічних груп, які вважаються основними – класу коловороток (*Rotatoria*) з типу круглих або первиннопорожнинних черв'яків і двох таксонів класу ракоподібних з типу членистоногих – підряду гіллястовусих (*Cladocera*) і ряду веслоногих (*Copepoda*) з основними підрядами (*Calanoida*, *Cyclopoida* і *Harpacticoida*). Також у склад зоопланктону враховують гідробіонтів з декількох додаткових груп: підкласу черепашкових ракоподібних і личинок деяких двостулкових молюсків – велігерів дрейсен і глохідіїв уніонід, яким властивий планктонний спосіб життя.

Для *Cladocera* характерна гетерогонія. У сприятливих умовах існують лише самиці, які відкладають партеногенетичні дигогоїдні (аміктичні) яйця. У різних видів у виводковій сумці міститься від 2 до 100 яєць. Через 1–2 доби з яєць виходять молоді рачки (тільки самиці), й процес повторюється; тому гіллястовусі можуть дуже швидко розмножуватись. Як правило, при виході молоді рачки линяють. Після багатьох линянь протягом 2–6 діб вони досягають статевої зрілості.

Більшість гіллястовусих – фільтратори, що живляться дуже дрібними одноклітинними організмами (бактерії, водорості, найпростіші). До фільтраторів належать поширені у прісних водоймах види родів *Daphnia* (*D. pulex*, *D. magna*), *Bosmina* (*B. longirostris*). Хижі види (*Leptodora*, *Bythotrephes*) полюють на рачків, коловерток, часом поїдають мальків риб. *Cladocera* – основна їжа мальків ряду промислових риб (сазан, інші коропоподібні, молодь судака, осетрові, лососеві тощо).

Copepoda живуть у всіх типах прісних і морських водойм. За способами живлення вони можуть бути фільтраторами, хижаками, рослиноїдними. Копеподи роздільностатеві, є досить значний статевий диморфізм: розміри самців менші, ніж самиць, є відміни в будові антенул і задніх грудних ніжок; особливо різко відрізняються обидві статі у паразитичних видів. У деяких прісноводних форм відомий партеногенез.

Представники ряду Каланоїди (*Calanoida*) – виключно планктонні форми. Вони добре пристосовані до такого способу життя. Каланоїди – основа морського планктону, вони утворюють найбільшу тваринну масу на нашій планеті.

У поверхневих шарах Чорного моря поширений *Calanus helgolandicus*, забарвлений у червоний колір, особливо в його копеподитних стадіях, завдяки присутності особливих ліпідів («червоний каланус») – основа живлення різних морських риб, особливо оселедцевих. Калонідами, крім риб, живляться вусаті кити. Поживні властивості цих рачків дуже високі: в них міститься до 60% білків, 20% вуглеводів та 15% жирів.

Види ряду Циклопоїди (*Cyclopoida*) мешкають переважно на дні або в придонній зоні. Здебільшого це дуже численні мешканці прісних водойм. Пересуваються стрибкоподібно, одночасно вдаряючи чотирма парами грудних ніжок (п'ята пара редукована). Більшість – хижаки, живляться найпростішими, дрібними олігохетами, водними личинками комах, іншими рачками, личинками риб тощо. Серед них зустрічаються і рослиноїдні, які харчуються головним чином одноклітинними або колоніальними зеленими, діатомовими та синьозеленими водоростями. Деякі ведуть планктонний спосіб життя (*Cyclops strenuus*), а також є чимало паразитів.

До ряду Гарпактикоїди (*Harpacticoida*) належать дуже дрібні рачки. Вони заселяють морські та прісні водойми, деякі живуть на суходолі у добре зволжених розростаннях мохів і лишайників. Червоподібна форма зумовлена тим, що повзають вони за допомогою грудних ніжок, згинаючи тіло. Дуже поширений у прісних водоймах вид *Elaphoidella bidens*. Серед них є багато паразитичних видів: як екто-, так і ендопаразити різних морських безхребетних кишковопорожнинних, ехіурід, поліхет, молюсків, голкошкірих тощо.

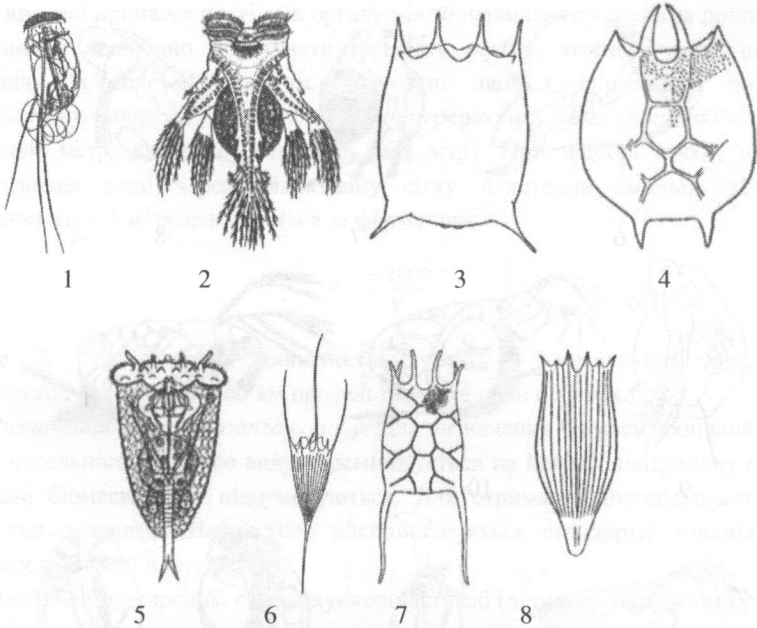
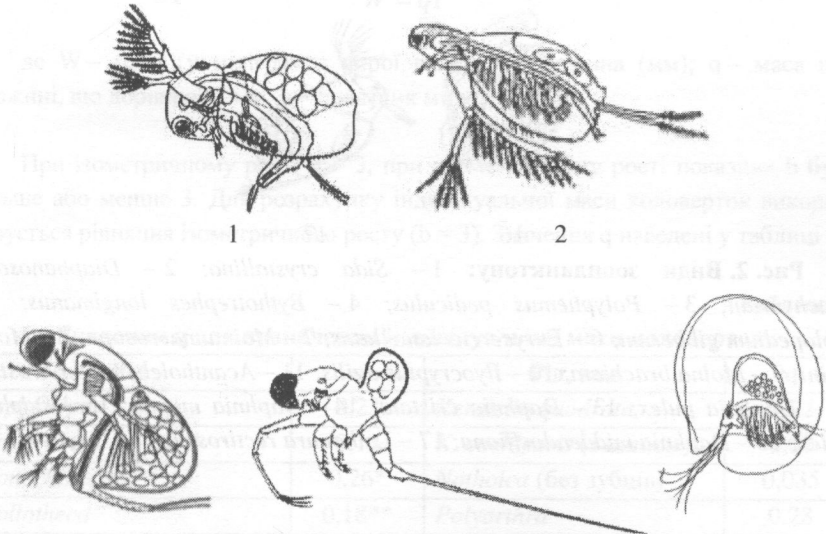


Рис 1. Види коловерток: 1 – *Filinia longisetia*; 2 – *Hexarthra mira*; 3 – *Brachionus calyciflorus*; 4 – *Platyas quadricornis*; 5 – *Bipalpus hudsoni*; 6 – *Kellicottia longispina*; 7 – *Keratella quadrata*; 8 – *Notholca acuminata*.



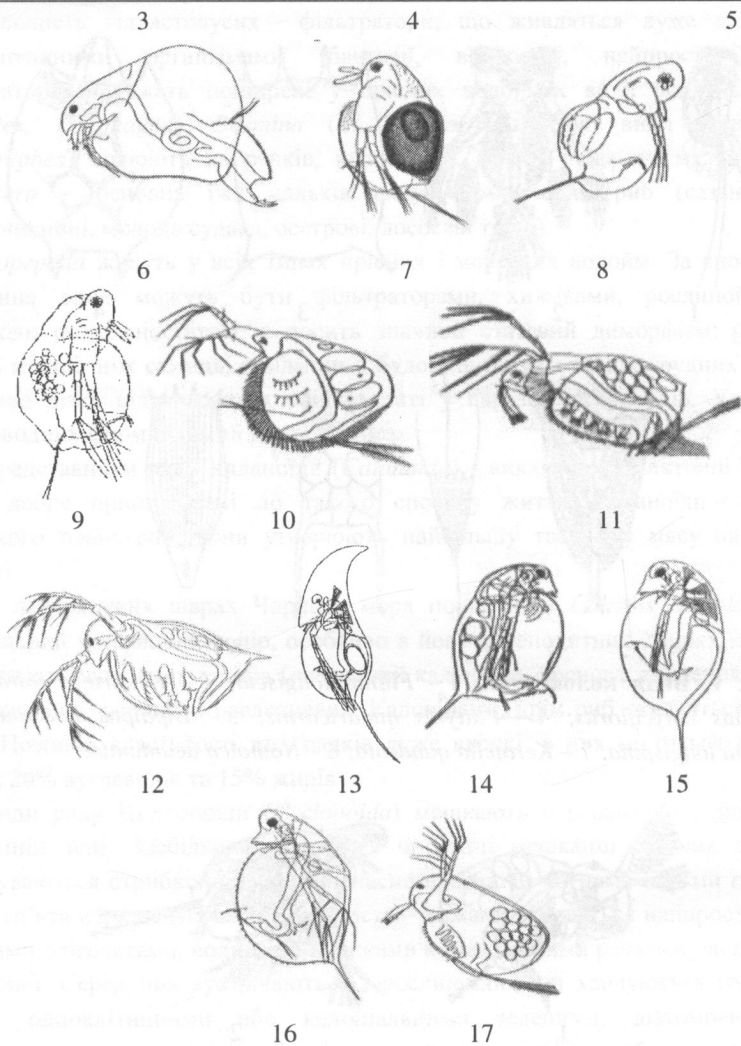


Рис. 2. Види зоопланкtonу: 1 – *Sida crystallina*; 2 – *Diaphanosoma brachyurum*; 3 – *Polyphemus pediculus*; 4 – *Bythotrephes longimanus*; 5 – *Holopedium gibberum*; 6 – *Eurycerus lamellatus*; 7 – *Moina macrocopa*; 8 – *Moina lipini*; 9 – *Moina brachiata*; 10 – *Ilyocryptus agilis*; 11 – *Acantholeberis curvirostris*; 12 – *Daphnia pulex*; 13 – *Daphnia cristata*; 14 – *Daphnia magna*; 15 – *Daphnia pulex*; 16 – *Daphnia middendorffiana*; 17 – *Lathonura rectirostris*.

Визначення видового складу та чисельності зоопланктону. Після визначення видової приналежності всіх організмів зоопланктону у пробі за допомогою визначників необхідно порахувати кількість особин кожного виду під час перегляду їх під мікроскопом. Отримані дані з кількісного розвитку зоопланктону звичайно представляються у перерахунку на одиницю об'єму води (кубічний метр, кубічний дециметр, або літр). При відборі проби шляхом фільтрування води через планктонну сітку Апштейна загальна кількість зоопланктону в 1 м^3 розраховується за формулою:

$$X = \frac{n \cdot 1000}{V}$$

де X – чисельність зоопланктону, м^3 ; n – чисельність організмів зоопланктону в пробі; V – об'єм профільтрованої води в літрах.

Визначення біомаси зоопланктону. Для визначення біомаси зоопланктону у пробі, чисельність кожного виду перемножується на його індивідуальну масу, а одержані біомаси видів підсумовуються. Для отримання індивідуальних мас існує кілька шляхів. Найчастіше використовується стандартні індивідуальні маси, представлені в літературі.

Найбільш поширеним є розрахунковий спосіб (лічильно-ваговий метод), що базується на застосуванні співвідношення між довжиною тіла зоопланктонного організму та його масою. Оскільки щільність тіла тварин близька до 1 мг/мм^3 , залежність маси від довжини тіла розраховується формулою:

$$W = ql^b,$$

де W – маса (у міліграмах сирої ваги); l – довжина (мм); q – маса при довжині, що дорівнює 1 мм; b – показник міри.

При ізометричному рості $b = 3$, при алометричному рості показник b буде більше або менше 3. Для розрахунку індивідуальної маси коловерток використовується рівняння ізометричного росту ($b = 3$). Значення q наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Значення q для визначення індивідуальної маси коловерток

Рід	q	Рід, вид	q
<i>Asplanchna</i>	0,23	<i>Keratella quadrata</i>	0,22
<i>Brachyonus</i>	0,12	<i>K. cochlearis</i> (з шипом)	0,02
<i>Conochilus</i>	0,26*	<i>Notholca</i> (без зубців)	0,035
<i>Collotheca</i>	0,18**	<i>Polyarthra</i>	0,28

<i>Euchlanis</i>	0,10	<i>Pompholix</i>	0,15
<i>Filinia</i>	0,13	<i>Synchaeta</i>	0,10
<i>Hexathra</i>	0,13	<i>Testudinella</i>	0,08
<i>Kellicottia</i> (без шипа)	0,03	<i>Trichocerca</i> (без шипа)	0,52

Примітка: * – замість l^3 використовують ld^2 , де d – ширина тіла; ** – замість l^3 використовують d^3 .

Для деяких представників веслоногих ракоподібних масу організму розраховують відповідно формулі алометричного росту, для цього необхідно знати показники q і b (табл. 2).

Таблиця 2

Значення q і b для визначення індивідуальної маси наупліїв копепод за формулою $W = ql^b$

Вид	q	b
<i>Eurytemora velox</i>	0,0321	2,235
<i>Acanthocyclops americanus</i>	0,0275	2,088
<i>Cyclops vicinus</i>	0,0593	2,510
<i>Eucyclops serrulatus</i>	0,0657	2,498
<i>Mesocyclops crassus</i>	0,0741	2,617
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,0697	2,595

При визначенні маси наупліїв веслоногих ракоподібних враховують що їхня питома вага дорівнює 1:

$$V = 4/3\pi \cdot a \cdot b \cdot c$$

де V – об'єм (мм^3); a , b , c – $1/2$ довжини, ширини і висоти тіла (мм).

Розрахунок індивідуальної маси дорослих веслоногих і гіллястовусих ракоподібних проводять шляхом застосування формули алометричного росту, де показник міри b не дорівнює 3 (табл. 3).

Таблиця 3

Значення q і b для визначення індивідуальної маси дорослих копепод і кладоцер

Родина, ряд, рід, вид:	q	b
<i>Sididae</i>	0,068	3,019
<i>Daphniidae</i>	0,075	2,925
<i>Macrothricidae, Chydoridae</i>	0,140	2,723
<i>Cyclopoida</i>	0,037	2,762

<i>Calanoida</i>	0,037	2,805
<i>Daphnia</i>	0,075	2,925
<i>Simocephalus</i>	0,075	3,170
<i>Ceriodaphnia</i>	0,141	2,766
<i>Scapholeberis</i>	0,133	2,630
<i>Chydorus</i>	0,203	2,771
<i>Alona, Alonella</i>	0,091	2,646
<i>Bosmina</i>	0,176	2,975
<i>Sida crystallina</i>	0,074	2,727
<i>Acantocyclops</i>	0,039	3,156
<i>Mesocyclops</i>	0,034	2,924
<i>Cyclops strenuus</i>	0,039	2,313
<i>C. vicinus</i>	0,034	2,838
<i>C. scutifer</i>	0,031	2,515
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,045	2,750

Проби зоопланктону, відібрані в одній точці можуть суттєво розрізнятися між собою за кількістю особин (1,5–2,0 рази). Це обумовлюється природною нерівномірністю розподілу зоопланктону в товщі води та його постійними переміщеннями та міграціями. Найголовнішою умовою є дотримання однотипності як методів відбору, так і методів обробки проб.

Хід роботи

1. Проаналізувати методи відлову прісноводного зоопланктону.
2. Ознайомитися з визначниками зоопланктону.
3. Визначити видовий склад, чисельність та біомасу зоопланктону досліджуваної водойми.
4. Заповнити картки для всіх виявлених видів за поданим зразком.

Вид	
Коротка характеристика	_____
Індикатор вод	_____
Біотопічна приуроченість	_____

5. Описати особливості виявлених видів зоопланктону.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення зоопланктон?
2. Які функції у водоймі виконує зоопланктон?
3. Які види планктонних коловерток є масовими у водоймах?
4. Назвіть систематичні ознаки та особливості визначення представників класів *Rotatoria*, *Cladocera* та *Copepoda*?

Лабораторна робота 12

Різноманіття видів риб.

Мета роботи: ознайомитися з видами риб різних водойм України, різноманіттям форм тіла риб, будовою зовнішніх органів.

Матеріали та обладнання: визначники, атласи, свіжа риба, набір фіксованих препаратів риб (10-20 видів), таблиці: «Зовнішня будова риб», «Форма тіла риб», «Положення та типи рота риб», пінцет, препарувальні голки, кювети.

Теоретичні відомості

Сучасний розподіл риб у водоймах земної кулі визначається як умовами їхнього життя, так і історією. Води, у яких живуть риби, займають три чверті поверхні планети. Основними факторами географічного поширення риб є: геологічні зміни морів і континентів, глибини, температура, солоність, газовий режим водойм.

Розподіл риб у водоймах носить зональний характер. Розрізняють географічну (широтну) зональність і зміну життя за глибинами. Широтна зональність у розподілі глибоководної іхтіофауни виражена дуже слабо. Основна закономірність географічного зонального розподілу риб – це збільшення кількості видів від високих широт до низьких. Закономірність у зональному розподілі риб пов'язана з різним висотним положенням водойми.

Різний характер водойм і окремих їхніх ділянок позначається на специфіці іхтіофауни, яка населяє ці водойми. Деякі види риб часто зустрічаються в одному басейні, відсутні в іншому, у одних річках загальні для них види чисельні, у інших – рідкісні.

Різноманіття екологічних груп видів риб має значні відмінності на різних ділянках річки: гірська частина – форель, маринка, голец; передгірська частина – харіус, голянь, бабць; рівнинна частина – вусач, в'язь, сом; нижня частина – плітка, окунь, лящ; естуарна частина – камбала, атеріна, бички [34].

Рибне населення річок України розділяють на три основні фауністичні комплекси:

– гірський (охоплює верхні течії річок до висоти 450–500 м над рівнем моря. У гірських ділянках рік основу рибного населення складають

холодолюбні види, які живуть у текучих водах. Такими рибами є форель струмкова, харіус європейський, миньок, гольян, щіпавка, бабець. Вони, як правило, не виходять за межі гірських зон. Переважають, як за чисельністю, так і за поширенням форель струмкова, гольян і бабець;

– передгірський, який займає середні течії рік до висоти у межах 200–500 м над рівнем моря. Основу передгірського фауністичного комплексу становлять теплолюбні види, які живуть у проточних водах: підуст, марена, вирезуб, головень, голець, білизна, пічкур, рибець, гірчак, чоп великий, чоп малий, йорж звичайний, бичок пісочник та ін.;

– рівнинний, що включає нижні течії рік до висоти 200–250 м над рівнем моря. Рівнинний комплекс складають види, що живуть як у стоячих, так і в слабо текучих водах. З них необхідно зазначити щуку, коропа, ляща, окуня, в'язя, плоскирку, вівсянку, верховодку, чехоню та ін. Тут живуть і риби заплавної водойми – карась, лин, в'юн. У складі цього комплексу переважають риби, які розмножуються в умовах чітко вираженої течії води.

Основні частини тіла риби. Тіло риби складається з трьох відділів: голови, тулуба та хвоста. *Головний відділ* – відстань від початку рота до заднього краю зябрової кришки. *Тулубний відділ* – відстань від кінця голови до анального отвору або початку анального плавця. *Хвостовий відділ* – відстань від анального отвору (від початку анального плавця) до кінця хвостового плавця.

На голові риби розташовані рот, очі, носові та зяброві отвори, брязкальця. Деякі риби мають вусики – органи дотику та смаку (сом, минь, в'юн). Форма голови риб досить різноманітна. У акули-молота голова має форму молота, на кінцях якого розташовані очі. Веслоніс має голову з великим лопатоподібним розширенням. У деяких видів верхня щелепа витягується в довгий мечоподібний придаток, який використовується під час нападу (риба-меч); іноді вона має пілоподібний придаток (риба-пила). У морських голок рот витягнутий у довгу трубку. У міксин та міног він перетворився в своєрідну присоску.

В головному відділі виділяють: *рило* – відстань від початку голови до передньої вертикалі ока; *заочний простір* – від задньої вертикалі ока до дистального кінця зябрової кришки; *щюку* – ділянка від задньої вертикалі ока до заднього краю передкрищечної кістки; *лоб* – проміжок між очима.

В нижній частині голови виділяють: *підборіддя* – ділянка голови від початку нижньої щелепи до місця з'єднання або прикріплення зябрових перетинок; *горло* – відстань від місця прикріплення зябрових перетинок до основи грудних плавців; *симфізис* – місце з'єднання кісток нижньої щелепи.

Хрящові та осетроподібні риби мають позаду очей отвори – брязкальця, залишки не функціонуючих зябрових щілин. Інколи голова риб має озброєння у

вигляді виростів, шипів та колючок. Розміщення та будова рота в риб залежить від характеру живлення. Розрізняють наступні типи рота :

1) *Верхній (напівверхній) рот* – нижня щелепа виступає вперед доверху (білий товстолобик, верховодка, чехоня);

2) *Кінцевий рот* – верхня та нижня щелепи мають однакову довжину (окунь, судак, щука);

3) *Нижній (напівнижній) рот* – верхня щелепа (або роstrum) сильно виступає вперед (хрящові, осетрові).

Риби, котрі живляться поблизу дна (бентофаги), зазвичай мають нижній (або напівнижній) рот, а планктофаги – верхній. Виключення складають акули (хижаки), у яких нижній рот через наявність на голові гідродинамічного органу – роstrumu.

У деяких риб завдяки висуванню міжщелепних кісток рот може висуватися, утворюючи трубку (лящ, сазан). У міксин та міног у зв'язку з паразитичним або напівпаразитичним способом живлення рот озброєний роговими «зубами» та має воронкоподібну форму (сисний рот).

Розміщення очей у риб залежить від місця проживання. У придонних і донних риб вони знаходяться у верхній частині голови або вище середньої лінії тіла. У пелагічних – із боків голови, приблизно на рівні осі вздовж тіла. Голова риби закінчується зябровими отворами або щілинами, кількість яких може варіювати: у міног – 7 пар; у міксин від 1 до 15 пар з кожної сторони; в акул – від 5 до 7 пар; у химер – 4 пари и зябрових отворів, прикритих складкою шкіри; у всіх кісткових риб – 1 пара, закрита зябровою кришкою.

Форми тіла риб. Риби пристосовані до умов існування насамперед формою свого тіла. У більшості з них вона обтічна: загострена голова, від неї тіло поступово потовщується, досягає найбільшої товщини посередині й до хвоста звужується. Завдяки цьому тіло риби з меншим напруженням врізається в товщу води складають акули (хижаки), у яких нижній рот через наявність на голові гідродинамічного органу – роstrumu. У деяких риб завдяки висуванню міжщелепних кісток рот може висуватися, утворюючи трубку (лящ, сазан). У міксин та міног у зв'язку з паразитичним або напівпаразитичним способом живлення рот озброєний роговими «зубами» та має воронкоподібну форму (сисний рот).

Риби пристосовані до умов існування насамперед формою свого тіла. У більшості з них вона обтічна: загострена голова, від неї тіло поступово потовщується, досягає найбільшої товщини посередині й до хвоста звужується. Завдяки цьому тіло риби з меншим напруженням врізається в товщу води (рис. 1).

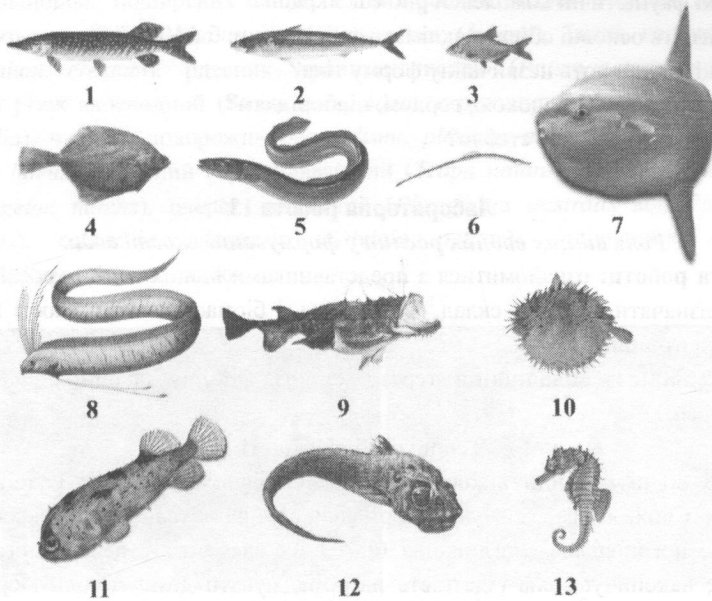


Рис. 1. Форми тіла риб: 1 – стрілоподібна (щука); 2 – торпедоподібна (скупбрія); 3 – лящоподібна (лящ); 4 – несиметрично сплюснуте з боків (камбала); 5 – вугреподібна (вугор); 6 – голкоподібна (риба-голка); 7 – симетрично сплюснуте з боків (риба-місяць); 8 – стрічкоподібна (оселедцевий король); 9 – сплюснуте в спинно-черевному напрямку (морський чорт); 10 – куляста (риба-їжак); 11 – кубоподібна (астеролепідна або кузовкоподібна) (кузовок); 12 – маркуроподібна (макрурус); 13 – незвичайна (морський коник).

Хід роботи

1. Проаналізувати методи вилову риб.
2. Ознайомитися з визначниками риб.
3. Охарактеризувати іхтіофауну басейнів великих річок України.
4. Визначити до якого фауністичного комплексу (за Н.Г. Нікольским) належать судак, миньок, щука, лящ, плітка, білий товстолобик, горбуша?
5. Розглянути та розгрупувати риб за формою тіла. Звернути увагу на розміщення та кількість зябрових отворів, розміри і розміщення очей. За допомогою визначників визначити клас, родину, рід та вид.
6. Виписати риби, які занесені до Червоної книги.

Питання для самоконтролю

1. Що таке фауністичний комплекс?

2. Які фауністичні комплекси риб є в Україні?
3. Назвіть основні об'єкти акліматизації серед риб в Україні?
4. Які риби мають незвичайну форму тіла?
5. Що називається щогою, горлом, підборіддям?
6. Що таке хвостове стебло?

Лабораторна робота 13

Роль вищих водних рослин у формуванні якості води.

Мета роботи: ознайомитися з представниками вищих водних рослин, навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу та клас якості води за індексом фітоіндикації.

Матеріали та обладнання: терези, пінцети, фільтрувальний папір, визначники, атласи.

Теоретичні відомості

Вищі водні рослини виконують численні функції у житті водойми. До важливих з них, які забезпечують нормальне функціонування гідроекосистеми, належить: поглинальна (поглинання біогенних елементів і деяких органічних речовин); накопичувальна (здатність нагромаджувати деякі метали і органічні речовини, що довго розкладаються); окислювальна – сприяє збагаченню води киснем у процесі фотосинтезу; детоксикаційна (рослини здатні накопичувати токсичні речовини та перетворювати у нетоксичні).

Вищі водні рослини (фітобентос, макрофіти) залежно від розселення у водоймах та біологічних особливостей (розташування асимілюючих органів по відношенню до дна і поверхні водойми) поділяють на три екологічні групи:

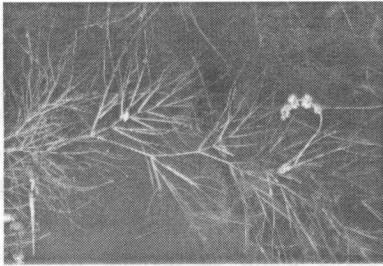
– *гідатофіти* або *занурені*. Серед них розрізняють рослини, у яких коренева система не прикріплена до ґрунту (кушир темно-зелений, пухирник звичайний, ряска триборозенчаста, альдрованда пухирчаста) та з прикріпленою до ґрунту кореневою системою (водяний жовтець, водопериця колосиста, елодея канадська, водяний різак алоєподібний, різуха морська, рдесники – гребінчастий, широколистий, туполистий;

– *плейстофіти* – рослини з плаваючим на поверхні води листками – латаття біле, латаття сніжно-біле, глечики жовті, водяний горіх, рдесник плаваючий, сальвінія плаваюча, жабурник звичайний, ряска мала, водяна гречка;

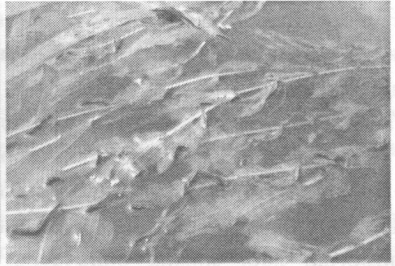
– *гелофіти* або *повітряно-водні рослини*: рогіз вузьколистий та широколистий, стрілиця звичайна, очерет звичайний, сусак зонтичний, лепешняк великий, їжача голівка, комиш, осоки.

Наведені групи рослин ростуть у водоймах на різних ґрунтах і глибинах, розміщуються завжди поясами або зонами.

До найбільш поширених вищих водних рослин водойм України належать: рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia*), ряска (*Lemna*), їжача голівка пряма (*Sparganium erectum*), рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus*), водяний різак алоевидний (*Stratiotes aloides*), стрілолист звичайний (*Sagittaria sagittifolia*), частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica*), глечики жовті (*Nuphar luteum*), водяний горіх плаваючий (*Trapa natans*), рдесник плаваючий (*Potamogeton natans*), очерет звичайний (*Phragmites australis* або *Phragmites communis*), сальвінія плаваюча (*Salvinia natans*), водопериця колосова (*Myriophyllum spicatum*) тощо.



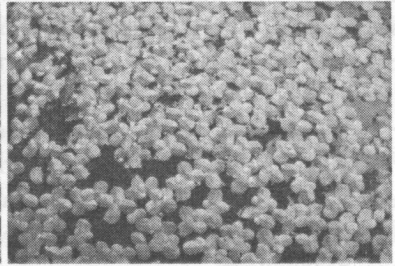
а



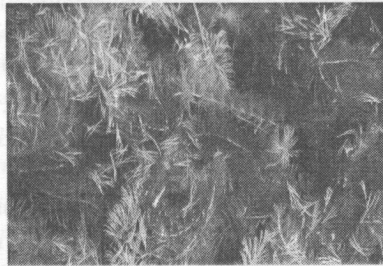
б



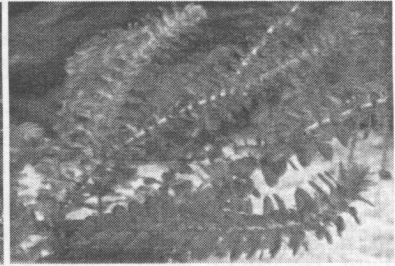
в



г



д



е

Рис. 1. Поширені вищі водні рослини водойм: а – рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus* L.); б – рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus* L.); в – стрілолист звичайний (*Sagittaria sagittifolia* L.); г – ряска мала

(*Lemna minor* L.); д – роголистник занурений (темно-зелений) (*Ceratophyllum demersum* L.); е – елодея канадська (*Elodea canadensis* Mich.).

Відбір проб фітобентосу. Знаряддя для відбору проб фітобентосу розділяють на якісні і кількісні. Для якісного збору рослинності у водоймах завглибшки до 2 м використовують водяні грабельки три- та шести зубові. Для добування донної рослинності з глибини понад 2 м застосовують якір-кішку та двосторонні водяні граблі завдовжки 30–35 см прив'язані до довгої мотузки. Для кількісного збору фітобентосу використовують квадратні чи прямокутні, дерев'яні або металеві розбірні рамки різної конструкції, площею 0,25, 0,5 та 1 м² рами. Рейки рам фарбують білою фарбою, помічаючи чорні мітки через кожні 5 см. Всі види робіт з рамами можливі до глибини не більше 3 м. За всіх видів кількісного обліку (підрахунок чисельності, визначення маси) прийоми встановлення рами в різних типах рослинних угруповань різні.

При роботі у заростях мілких придонних рослин, на невеликих глибинах (до 1 м) раму опускають на дно і накладають на рослини. Для роботи на малих глибинах у заростях різних екологічних груп використовують подвійну раму, за допомогою якої можна одночасно вести облік занурених, плаваючих та повітряно-водних рослин або накладають раму зверху і в плаваючому стані на поверхні води міцно укріплюють по діагоналі за допомогою спеціальних жердин. Вільно плаваючу рослинність з площі обмеженою рамою збирають сачком. Для обліку маси рослин, які високо піднімаються над водою (очерет, рогіз, комиш) використовують розбірну раму. Її частинами оточують рослини.

Для укосів рослин використовують різні прилади: *сачки* – для збору вільно плаваючої рослинності; *грабельки* або *ручний збір рослин*, які ростуть на глибині до 1 м; *косу* з коротким лезом і прямим кінцем – для збору повітряно-водної рослинності.

Для відбору проб макрофітів використовують заростечерпач Ліпіних. Він являє собою металеву коробку, стінки і верх якої затягнуті крупновічковою металевією сіткою. На нижньому боці коробки прикріплені рухливі ковші, нижні краї яких зазубрені і загострені. Площа захоплення приладу 0,1 м², маса – 15 кг. Заростечерпачем Ліпіних користуються, в основному, для збору занурених рослин на будь-яких глибинах.

На водоймах проводять попередній огляд з човна або з берега для ознайомлення з характером та розподілом рослинності та її угруповань і вибору типових ділянок для подальшого дослідження. Оцінки заростання водойми проводять у відсотках. Про надмірне заростання говорять коли рослинністю вкрито більше 50% поверхні водойми.

Вивчення систематичного складу прибережної рослинності проводять за розташуванням рослин у водоймі (яруси) у послідовності: 1 – надводні рослини; 2 – рослини плаваючі з плаваючим листям; 3 – високі занурені рослини; 4 – придонні рослини.

Для цього у найбільш характерних місцях водойми площею близько 100 м² закладають пробні ділянки. Межі пробних ділянок встановлюють на око, або більш точно за допомогою рулетки чи мірного шнура. У кутках ділянки встановлюють буйки. Відбирання проб проводять на облікових ділянках. Для визначення фітомаси беруть три проби. Рослини збирають за допомогою наявних знарядь, вилучають із води, відрізають коріння, відмивають від бруду, у пакети вкладають етикетку (вказується номер, назва водойми, ділянка, дата відбору, глибина, донні відклади, спосіб відбору). Пакети транспортують до лабораторії.

Фітомаса і чисельність рослин. Фітомаса визначається шляхом зважування рослин у сирому, повітряно-сухому та абсолютно сухому виді. Чисельність визначається шляхом перерахунку зібраних екземплярів або їх пагонів на одиниці площі. Збір укосів проводять у трьох повторностях, потім вираховують середню чисельність. В дуже густих заростях на глибині більше 1 м підрахунок зверху буває утрудненим і навіть неможливим. У цих випадках необхідний спуск у воду. У лабораторії відібрані укуси рослин обробляють в такій послідовності:

– *очищення* – укуси виймають із пакетів, очищують від залишеного бруду, обсушують фільтрувальним папером;

– *розбирання* – розкладають за видами або групами: повітряно-водні, плаваючі, занурені, підраховують їхню чисельність та вимірюють;

– *визначення систематичного складу* – визначають систематичне положення рослин до виду за визначниками;

– *визначення сирої маси* – визначають сирю масу – зважують на звичайних терезах у сирому вигляді з точністю до 5 г за групами або усього укусу (залежно від мети досліджень). Високі повітряно-водні рослини перед зважуванням зв'язують, а занурені і плаваючі зважують у мішках для просушування (мішок попередньо зважують). Результати зважування дописують у етикетку (маса сирої речовини);

– *висушування рослин* – для цього їх розкладають у приміщенні на сітках, папері чи підвішують на мотузках або на вулиці під навісом у марлевих мішках, завчасно переламавши довгі стебла, а м'ясисті і товсті розрізають вздовж. Рослини неодноразово зважують. Постійна маса, яка отримана при 2–3 кратному зважуванні свідчить про повне висихання рослин. Великі рослини сохнуть близько місяця, занурені і плаваючі – швидше;

– зважування рослин в абсолютно сухому вигляді – визначають після висушування середньої проби у сушильній шафі з температурою 105⁰С. Абсолютно суха маса середньої проби перераховується на вагу всього укусу для визначення абсолютно сухої маси.

Фітомасу виражають у сирій, повітряно-сухій та абсолютно сухій масах на одиницю площі – г/м², кг/м², ц/га, т/км²; чисельність – екз/м².

Хід роботи

1. Ознайомитися з визначниками вищих водних рослин.
2. Провести якісне і кількісне опрацювання проб макрофітів.
3. Визначити видовий склад і представленість вищих водних рослин у досліджених водоймах та внести дані у табл. 1.

Таблиця 1

Видовий склад і представленість вищих водних рослин

Види рослин	Водойма			
	1	2	3	4
Дата				
<i>Typha angustifolia</i> L.	++	+++	+	++++
<i>Lemna minor</i> L.	+	+++	++++	+

Примітка: + – проєктивне покриття до 25%; ++ – проєктивне покриття 25–50%, +++ – 50–75%, ++++ – проєктивне покриття більше за 75 %.

4. Замалювати ярусність макрофітів у водоймах, типи заростання та схему розподілу рослинності.

5. Визначити індекс фітоіндикації екологічного стану водного середовища за вищими водними рослинами (М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська, 2001) за формулою:

$$I_f = \frac{2,5 \cdot k_{\text{спр}} \cdot N}{\sum_{i=1}^n z_i},$$

де N – загальна кількість видів; n – кількість занурених видів + число індикаторів (чутливих видів); 2,5 – поправочний коефіцієнт; $k_{\text{спр}}$ – коефіцієнт сприятливості для розвитку вищих водних рослин для порівняння видового складу водних екосистем або їхніх ділянок; z_i – коефіцієнт значущості індикатора, визначений залежно від чутливості виду до забруднення. Усім зануреним рослинам приймається за 1; 3 – водяний горіх плаваючий, рдесник блискучий, латаття біле, латаття сніжно-біле, водопериця колосиста; 2 – елодея канадська, рдесник пронизанolistий, глечики жовті.

6. Визначити клас якості води за індексом фітоіндикації (табл. 2).

**Класифікація поверхневих вод та значення
індексу фітоіндикації за вищими водними рослинами**

Клас якості	1–2	3	4		5
Стан водного середовища	добрий	задовільний	перехідний	поганий	дуже поганий
Значення I_f	< 3	3–8	8,1–11	11,1–15	більше 15,1

Питання для самоконтролю

1. Проаналізуйте функції вищих водних рослин у водоймі?
2. Назвіть найбільш поширені види вищих водних рослин водойм України?
3. Назвіть знаряддя для відбирання проб фітобентосу.
4. Як проводять оцінку заростань водойми, визначають чисельність та фітомасу рослин?
5. Назвіть яруси заростання водойми вищими водними рослинами?

Лабораторна робота 14

Оцінка якості води водойми за гідробіологічними показниками.

Мета роботи: вивчити методи біологічного аналізу якості вод, набути навички розрахунку індексу сапробності та визначення класу якості води.

Матеріали та обладнання: таблиці видів-індикаторів із зазначенням сапробної валентності.

Теоретичні відомості

Для виявлення забруднення природних водойм використовуються як фізико-хімічні методи, так і біологічний аналіз якості вод. Біологічний аналіз якості вод – оцінка якості води за гідробіонтами. Різні види організмів виявляють неоднакову чутливість до вмісту у воді органічних речовин. При цьому біологічними індикаторами виступають організми різних угруповань – планктону, бентосу, нектону, перифітону, макрофітів. Серед методів біоіндикації найчастіше використовують систему сапробності та біотичні індекси Вудівісса, Майєра, олігохетний, метод Пантле-Бука тощо.

За ступенем забруднення органічними речовинами у водоймах виділяють зони сапробності: полі- (р), мезо- (α , β), оліго- (о), ксеносапробні- (х).

Полісапробні – характеризують значне забруднення, нестачу кисню, велику кількість бактерій; видовий склад бідний, але чисельність особин значна, властивий певний надлишок поживних речовин.

Мезосапробні – поділяються на:

– α -мезосапробні – характеризують значне органічне забруднення, нестачу кисню; видовий склад відносно багатий, чисельність особин висока, властивий значний вміст поживних речовин, багато водоростей;

– β -мезосапробні – характеризують слабке органічне забруднення, нестачу кількості кисню; видовий склад багатий.

Олігосапробні види – притаманні чистим, багатим на кисень водоймам; видовий склад бідний, чисельність особин низька внаслідок малої кількості поживних речовин.

Індекс сапробності розраховується за *методом Пантле і Букка в модифікації Сладечека*. Це універсальний метод визначення сапробності за планктоном, бентосом чи перифітоном. Для його розрахунку необхідно мати частоту зустрічності видів-індикаторів або безпосередньо їхню чисельність чи біомасу (h) та індивідуальний індекс сапробності (s). Для статистичної достовірності результатів необхідно щоб у пробі було не менше дванадцяти індикаторних організмів із загальним числом особин не менше тридцяти. Індекс сапробності визначають за формулою:

$$S = \sum(sh) / \sum h,$$

де, s – індивідуальний індекс сапробності видів-індикаторів (визначається за спеціальними таблицями); h – відносна чисельність (біомаса) видів-індикаторів (табл. 1).

Таблиця 1

Значення відносної чисельності і частоти трапляння видів

Частота	Кількість особин одного виду, % від загальної кількості особин	h
Дуже рідко	<1–1,5	1
Рідко	<1,5–3,5	2
Не рідко	3,5–10	3
Часто	10–20	5
Дуже часто	20–40	7
Масово	40–100	9

Таблиця 2

Індекс сапробності, зони сапробності та клас якості води

Індекс сапробності	Зона сапробності	Клас якості води
0,0 – 0,5	ксеносапробна	1 – дуже чиста

0,51 – 1,5	олігосапробна	2 – чиста
1,51 – 2,5	β -мезосапробна	3 – помірно забруднена
2,51 – 3,5	α -мезосапробна	4 – забруднена
3,51 – 4,0	полісапробна	5 – брудна

Біотичний індекс Вудівісса використовують для визначення якості води у річках за структурними характеристиками зообентосу. Індекс враховує загальне різноманіття донних безхребетних та організмів, які належать до індикаторних груп. Для оцінки якості води за методом Вудівісса необхідно:

- оцінити загальне різноманіття зообентосу у пробі;
- визначити групи організмів-індикаторів у пробі;
- знайти бал індексу Вудівісса для водойми (табл. 3).

Бал індексу визначають за таблицею на перетині рядка (значення загальної кількості груп) і стовпчика (індикаторної групи), починаючи з личинок веснянок.

Таблиця 3

Визначення біотичного індексу Вудівісса

Індикаторні групи та організми	Видове різноманіття	Число груп Вудівісса в пробі				
		0-1	2-5	6-10	11-16	>16
Личинки веснянок <i>Plecoptera</i>	>1 виду	–	7	8	9	10
	1 вид	–	6	7	8	9
Личинки одноденок <i>Ephemeroptera</i>	>1 виду	–	6	7	8	9
	1 вид	–	5	6	7	8
Личинки волохокрилець <i>Trichoptera</i>	>1 виду	–	5	6	7	8
	1 вид	–	4	5	6	7
Бокоплави, рід <i>Gammarus</i>	усі відсутні	3	4	5	6	7
Рівноногі раки <i>Asellus aquaticus</i>	те ж саме	2	3	4	5	6
Трубочник (<i>Tubifex</i>) або личинки комарів (<i>Chironomidae</i>)	те ж саме	1	2	3	4	–
Усі групи відсутні	деякі присутні	0	1	2	–	–

Значення індексу Вудівісса вимірюється в балах від 0 до 15:

- 0–2 бали – значне забруднення;
- 3–5 балів – середнє забруднення;
- 6–7 балів – незначне забруднення;
- 8–10 балів і вище – чиста водойма.

При оцінці якості води за індексом Вудівісса достатньо визначити виловлені тварини. При цьому за індикаторну групу приймаються: личинки веснянок, одноденок (за винятком *Baetis rodani*), волохокрильців, бокоплати (рід *Gammarus*), рівноногі раки (*Asellus aquaticus*), малощетинкові черви (рід *Tubifex*), личинки комарів-дзвінців. До інших індикаторних груп відносяться плоскі черви, двостулкові та легеневі молюски, п'явки, водяні кліщі, личинки жуків, сітчастокрилих, мошок, бабак, водяні клопи.

Біотичний індекс Майєра використовують для визначення якості води у водоймах будь-яких типів з різним рівнем забруднення. Метод заснований на тому, що різні групи донних безхребетних мешкають у водоймах з певним ступенем забруднення. При цьому організми-індикатори відносять до одного з трьох груп:

- чистих вод;
- помірно забруднених;
- забруднених вод.

Таблиця 4

Індикаторні групи донних організмів

Організми чистих вод	Організми помірного забруднення	Організми забруднених вод
Личинки веснянок	Бокоплати	Личинки комарів-дзвінців
Личинки одноденок	Річковий рак	П'явки
Личинки волохокрилець	Личинки бабок	Водяний ослик
Личинки вислокрилок	Личинки комарів	Малощетинкові черви
Двостулкові молюски	Молюски-живородки	Ставковики

Визначення якості води за методом Майєра:

- виявити індикаторні групи у пробах;
- кількість виявлених груп-індикаторів чистих вод помножити на 3;
- кількість виявлених груп-індикаторів помірного забруднення помножити на 2;
- кількість груп-індикаторів забруднених вод помножити на 1;
- отримані числа додати;
- значення суми характеризує ступінь забруднення водойми.

Якщо сума балів більша від 22 – водойма дуже чиста і відноситься до перший класу якості води; 17–21 – водойма чиста і другий клас якості води, 11–16 – помірно забруднена, третій клас якості води, менше 11 – характеризують водойму як брудну (4–5 клас якості).

Модифікований індекс Майєра (для макрофітів) використовують для оцінки екологічного стану водойми або окремої її ділянки за водною

рослинністю. У його основу покладено поділ видів-індикаторів водних рослин на три групи відповідно до ступеня забруднення водойми:

- індикатори чистих водойм (група А);
- індикатори водойм помірного забруднення (В);
- індикатори забруднених водойм (С) (табл. 5).

Таблиця 5

Індикаторні групи макрофітів

Види чистих вод, А	Види помірного забруднення, В	Види забруднених вод, С
водопериця черговоквіткова	широколисті рдесники*	кушир занурений
молодильник озерний	вузьколисті рдесники (окрім гребінчастого)*	водопериця колосиста
рдесник альпійський	рдесники з плаваючими листками*	рдесник гребінчастий
рдесник гостролистий	латаття, глечики, водяний горіх плаваючий*	ниткуваті водорості*
харові водорості*	елодея канадська	ряска та сальвінія плаваючі * (>60%)
водні мохи*	водопериця кільчаста	різак алоєвидний
альдрованда пухирчаста	ряска триборозенчаста	пухирник звичайний
пухирник малий	жабурник звичайний	водяний жовтець закручений

Для оцінки екологічного стану водойми необхідно визначити чисельність видів кожної групи (А, В, С) під час обстеження водойми чи її окремої ділянки.

Під час розрахунку індексу Майєра кожна група (харові водорості, водні мохи, широколистяні рдесники, лататтеві, ряски тощо) приймається за «1». Тобто, якщо у водоймі є кілька видів харових водоростей чи рясок, то при розрахунках до загального числа видів відповідної колонки необхідно додати 1.

До розрахунків приймаються як окремі види, так і збірні групи (харові водорості, водні мохи тощо). Якщо у водоймі відмічені види, які належать до однієї індикаторної групи (наприклад, гірський потічок, де крім 1–2 видів водних мохів (група А) нічого не розвивається, або, навпаки, дуже забруднена водойма, де трапляються лише види групи (С) – бали рахувати немає потреби, це вода відповідної якості.

Індекс Майєра (I_m) розраховується за формулою:

$$I_m = A \cdot 5 + B \cdot 2 + C \cdot 1,$$

де, А, В та С – кількість видів (чи груп) із відповідних індикаторних груп, що відмічені у водоймі.

За значенням індексу оцінюють екологічний стан водойми:

- > 25 балів – вода чиста, 1–2 класів якості;
- 24–15 балів – вода помірно забруднена, 3 клас якості;
- < 15 – вода брудна, 4–5 клас якості води.

Олігохетний індекс Гуднайта-Уітлея показує частку олігохет від загальної кількості зообентосу у %. Шкала вимірювань – від 0 до 100%. Чим більше значення індексу, тим вищий ступінь забруднення (табл. 6). Індекс від 60 до 100% відповідає забрудненим водам. Для визначення показників проби відбирають лише з дна. Значення індексу визначають за формулою:

$$a = \frac{N_0}{N_a} \cdot 100\%$$

де, N_0 – кількість олігохет у пробі; N_a – загальна кількість всіх організмів.

Таблиця 6

Зони сапробності відповідно до індексу Гуднайта-Уітлея

Індекс Гуднайта-Уітлея	Зона сапробності	Клас якості води
до 30,0	ксеносапробна	1–2
30,0–60,0	олігосапробна	1–3
61,0–70,0	бета-мезосапробна	3–4
71,0–80,0	альфа-мезосапробна	4–5
> 80,0	полісапробна	5–6

Хід роботи

1. Використовуючи індекс Вудівіса встановити якість води дослідженої водойми. Для розрахунку показників біотичного індексу якісню і кількісню характеристику макрозообентосу подано у табл. 3.

2. Використовуючи індекс Майєра встановити якість води дослідженої водойми за донними організмам та вищими водними рослинами.

3. Використовуючи індекс Гуднайта-Уітлея встановити якість води дослідженої водойми.

Питання для самоконтролю

1. Які структурні характеристики біоти використовують для визначення стану водних об'єктів?

2. Які порівняльні індекси використовують для характеристики стану водних об'єктів?
3. Назвіть представників донних організмів, які є індикаторами чистоти та забруднення водойми?
4. Назвіть представників макрофітів, які є індикаторами чистих водойм?
5. Назвіть представників макрофітів, які є індикаторами забруднених водойм?
6. Які недоліки оцінки якості води за сапробіологічними показниками?
7. Проаналізуйте американську RPBs (*Rapid Bioassessment Protocols*) та британську RIVPACS (*River Invertebrate Prediction and Classification System*) системи біоіндикації поверхневих вод.

Лабораторна робота 15

Радіоємність водойм. Гранично допустимі скиди радіонуклідів у поверхневі водойми.

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення оцінки вмісту і розподілу радіонуклідів у водних екосистемах.

Матеріали та обладнання: таблиці коефіцієнту швидкості переходу і-хімічного елемента із води до донних відкладів, періоду напіврозпаду радіонуклідів, гранично допустимі концентрації радіонуклідів у питній воді для населення.

Основні поняття: радіонукліди, джерела надходження радіонуклідів, радіоємність водойми.

Теоретичні відомості

Розрізняють природні і антропогенні джерела радіонуклідного забруднення водойм. До природних джерел відносять космічне випромінювання, природні радіоактивні ізотопи, або радіонукліди, що містяться у земній корі, атмосфері та біоті. Внаслідок процесів вилуговування, вивітрювання та ерозії гірських порід, випаровування та випадіння опадів, відмирання та розкладання живих організмів відбувається безперервна міграція природних радіонуклідів, чим обумовлюється природний радіаційний фон.

Основні процеси, які зумовлюють появу та вміст радіоактивних елементів у воді, – це розчинення сполук, які перебувають у твердому стані і містять радіоактивні ізотопи; виділення радіоактивних ізотопів із водного розчину у вигляді осадів; поглинання або виділення із води радіоактивних газів.

У водойми радіонукліди потрапляють різними шляхами – повітряним (атмосферне перенесення), водним (поверхневі змиви, ґрунтові води) і біологічним (передача трофічними ланцюгами). Потрапивши у водне середовище, вони включаються у процеси міграції та розподілу в абіотичних (вода,

зависі, донні відклади) і біотичних (гідробіонти різних трофічних рівнів) компонентах водних екосистем.

Кількісна і просторова міграція радіонуклідів визначається, в основному, їхньою здатністю розчинятися у воді, утворювати колоїди і псевдоколоїди, абсорбуватися на завислих частинках. Найбільша міграційна активність і розсіювання у природних водах спостерігається для ^{238}U і ^{40}K , менша – для ^{226}Ra , ще менша – для ^{232}Th , ^{210}Pb і ^{210}Po . Річки виступають основним шляхом транспортування радіонуклідів. Зі збільшенням водності ріки зростає і виніс радіонуклідів. У розподілі та накопиченні радіоактивних ізотопів величезну роль відіграють донні відклади. Їхня накопичувальна здатність залежить від фізико-хімічних властивостей, ступеня замуленості, окисно-відновних умов, рН і заселення бентосними організмами. Особливо високою здатністю накопичувати радіонукліди відрізняються глина та мул. Донні відклади виступають основним депо для ізотопів цезію і мало розчинних форм інших радіонуклідів.

Для оцінки вмісту і розподілу радіонуклідів у водній екосистемі було запропоновано використовувати поняття радіємність водойми.

Радіємність – це рівень навантаження радіонуклідами, за якого водна екосистема втрачає свою стійкість внаслідок радіаційного ураження.

Коефіцієнт розподілу i -радіонукліда у системі «вода-донні відклади» визначається за формулою:

$$Kd_i = k_i \cdot t_{pi} \cdot \rho,$$

де Kd_i – коефіцієнт розподілу i -радіонукліда в системі «вода-донні відклади»; k_i – коефіцієнт, який відображає швидкість переходу i -хімічного елемента із води до донних відкладів (табл. 1); t_{pi} – тривалість забруднення водойми i -радіонуклідом, с; ρ – поверхнева щільність донних відкладів $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$.

Таблиця 1

Швидкість переходу речовини з води до донних відкладів, $\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}$

Клас речовин	Хімічний елемент	Значення k_i
А – речовини, які швидко взаємодіють з донними відкладами	Mn, Co, Zr, Ru, Cs, Eu, Ce, Pu, Am, Cr, Cm	$5 \cdot 10^{-8}$
В – речовини, які повільно взаємодіють з донними відкладами	Sr, Y, C, Zn,	$3 \cdot 10^{-9}$
С – речовини, які дуже слабо взаємодіють з донними відкладами	Te, Tc, Nb, Ag, Sb, I	$4 \cdot 10^{-10}$

Постійна радіоактивного розпаду (λ_i) – визначає вірогідність розпаду ядра i -радіонукліда за одиницю часу і розраховується наступним чином:

$$\lambda_i = \frac{\ln 2}{T_{1/2i}}$$

де λ_i – постійна радіоактивного розпаду i -радіонукліда, с^{-1} ; $\ln 2 = 0,693$; $T_{1/2i}$ – період напіврозпаду i -радіонукліда, с.

Таблиця 2

Період напіврозпаду радіонуклідів

Радіонуклід	Період напіврозпаду радіонукліда, $T_{1/2i}$		Постійна радіоактивного розпаду, λ_i
	роки	секунди	
Цезій, ^{137}Cs	30,1671 років		
Стронцій, ^{90}Sr	28,90 років		
Кобальт, ^{60}Co	5,2713 років		

Радіємність води встановлюється за формулою:

$$F_{w_i} = \left(1 + \frac{Kd_i \cdot S \cdot h_i}{V}\right) \cdot (31,536 \cdot 10^6 \cdot \lambda_i \cdot V + r),$$

де: F_{w_i} – радіаційна ємність водойми для i -радіонукліда, $\text{м}^3/\text{рік}$; S – площа дзеркала водойми, м^2 ; V – обсяг водойми, м^3 ; λ_i – постійна радіоактивного розпаду i -радіонукліда, с^{-1} ; h_i – ефективний шар ґрунтів дна водойми для i -радіонукліда, м; Kd_i – коефіцієнт розподілу i -радіонукліда в системі «вода-донні відклади» (специфічний для кожного типу радіонукліда); r – сумарні втрати забрудненої води різними шляхами (в даному випадку – забір води на водоспоживання, який становить $5,38 \cdot 10^7 \text{ м}^3/\text{рік}$); $31,536 \cdot 10^6$ – коефіцієнт поправки, який враховує вірогідність розпаду i -радіонукліда протягом року (за $31,536 \cdot 10^6$ с).

Ефективний шар ґрунтів для водойми (h_i) – це шар донних відкладів, в якому відбувається акумуляція шкідливих речовин, які надходять до водойми зі стічними водами. Величини ефективного шару ґрунтів дна водойми наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Ефективний шар ґрунтів водойми

Для i -хімічних елементів та їх радіоактивних ізотопів	Ефективний шар ґрунту (h_i), м
Cs, Po, Co, Zn, Cd, I	$h_i = 0,1\text{м}$
Sr, Ru, Zr, Nb та інш.:	
– на глинистих ґрунтах:	$h_i = 0,3\text{м}$
– на ділянках з пісчаним дном:	$h_i = 1,5\text{м}$

Значення гранично допустимого скиду (ГДС_і) і-радіоактивної речовини в водойму розраховується за формулою:

$$ГДС_i = ГДК_i \cdot Fw_i,$$

де, ГДС_і – гранично допустимий скид і-радіонукліда у водойму; ГДК_і – гранично допустима концентрація і-радіонукліда у воді (залежить від типу радіонукліда та характеру водоспоживання з даної водойми), Бк/м³; Fw_і – радіємність водойми для і-радіонукліда, м³/рік.

Таблиця 4

**Гранично допустимі концентрації радіонуклідів
у питній воді для населення (НРБУ-97)**

Радіонуклід	ГДК, Бк/м ³	Радіонуклід	ГДК, Бк/м ³	Радіонуклід	ГДК, Бк/м ³
Тритій, ³ H	3 · 10 ⁷	Кобальт, ⁶⁰ Co	8 · 10 ⁴	Йод, ¹²⁹ I	7 · 10 ³
Вуглець, ¹¹ C	2 · 10 ⁷	Цинк, ⁶⁵ Zn	1 · 10 ⁵	Йод, ¹³¹ I	2 · 10 ⁴
Вуглець, ¹⁴ C	2 · 10 ⁶	Рубідій, ⁸⁶ Rb	1 · 10 ⁵	Цезій, ¹³⁴ Cs	7 · 10 ⁴
Натрій, ²² Na	2 · 10 ⁵	Стронцій, ⁹⁰ Sr	1 · 10 ⁴	Цезій, ¹³⁷ Cs	1 · 10 ⁵
Натрій, ²⁴ Na	1 · 10 ⁶	Цирконій, ⁹⁶ Zr	5 · 10 ⁵	Свинець, ²¹⁰ Pb	5 · 10 ²
Марганець, ⁵⁴ Mn	8 · 10 ⁵	Ніобій, ⁹⁵ Nb	5 · 10 ⁵	Полоній, ²¹⁰ Po	2 · 10 ²
Марганець, ⁵⁶ Mn	2 · 10 ⁶	Технецій, ⁹⁰ Tc	5 · 10 ⁵	Радій, ²²⁶ Ra	1 · 10 ³
Залізо, ⁶⁰ Fe	1 · 10 ⁵	Рутеній, ¹⁰⁶ Ru	5 · 10 ⁴	Торій, ²³² Th	7 · 10 ²
Кобальт, ⁵⁷ Co	2 · 10 ⁶	Срібло, ¹⁰⁸ Ag	5 · 10 ⁵	Уран, ²³⁵ U	1 · 10 ⁴

Розрахунок перевищення гранично-допустимого скиду радіоактивних речовин розраховується за формулою:

$$\frac{Q_{Cs}}{ГДС_{Cs}} + \frac{Q_{Sr}}{ГДС_{Sr}} + \frac{Q_{Co}}{ГДС_{Co}}$$

Якщо у водойму скидається декілька різних радіонуклідів, тоді:

$$\frac{Q_i}{ГДС_i} + \frac{Q_n}{ГДС_n} + \dots \leq 1,$$

де Q_і, Q_п – фактичний скид радіонуклідів і, п підприємством; ГДС_і, ГДС_п – граничнодопустимий скид радіоактивних речовин і, п.

Хід роботи

1. Відомо, що з АЕС до водойми скидаються стічні води, які містять радіоактивний цезій ¹³⁷Cs у кількості Q_{Cs} = 4,31·10¹³ Бк/рік, радіоактивний

стронцій ^{90}Sr у кількості $Q_{\text{Sr}} = 5,32 \cdot 10^{10}$ Бк/рік та радіоактивний кобальт ^{60}Co у кількості $Q_{\text{Co}} = 3,57 \cdot 10^8$ Бк/рік. Обсяг водойми становить $V = 9,83 \cdot 10^8$ м³, площа дзеркала водойми $S = 9 \cdot 10^8$ м², ґрунти водойми глинисті, водойма використовується АЕС протягом 12 років (1 рік = $31,536 \cdot 10^6$ с). Встановіть чи придатна вода у даній водоймі для питного водоспоживання.

Розрахуйте:

- значення K_d для кожного з радіонуклідів;
- постійну радіоактивного розпаду для ^{37}Cs , ^{90}Sr та ^{60}Co і внесіть отримані дані до таблиці 2;
- радіємність води водойми для ^{37}Cs , ^{90}Sr та ^{60}Co , які скидаються до водойми;
- річні граничнодопустимі скиди АЕС радіонуклідів ^{37}Cs , ^{90}Sr та ^{60}Co у дану водойму;
- у скільки разів реальний скид радіоактивних стічних вод перевищує граничнодопустимий рівень скиду.

Зробіть висновок про можливість питного водоспоживання з даного джерела.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть природні і антропогенні джерела радіонуклідного забруднення водойм?
2. Проаналізуйте вплив різних доз іонізуючого випромінювання на живі організми?
3. Поясніть визначення «радіємність водойми»?
4. Назвіть радіонукліди з тривалим періодом напіврозпаду?

ПІДСУМКОВИЙ ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ

1. Гідроекологія як наука вивчає:

- а) взаємодію гідробіонтів між собою;
- б) водні екосистеми або їхні частини як цілісну систему взаємодіючих біотичних і абіотичних компонентів;
- в) водні екосистеми або їхні частини.

2. Екологічна валентність виду – це:

- а) межі мінливості окремих елементів середовища;
- б) межі витривалості виду;
- в) межі оптимальних значень екологічного фактору.

3. До числа абіотичних факторів, що впливають на формування якості води належать:

- а) атмосферні опади;
- б) води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь;
- в) стічні води промислових і комунально-побутових підприємств.

4. За якими ознаками класифікується водокористування:

- а) за цілями;
- б) за об'єктами;
- в) за способом використання;
- г) за технічними умовами;
- д) за хімічним складом.

5. При споживанні води із збільшеним вмістом нітратів виникає:

- а) карієс;
- б) флюороз;
- в) водно-нітратна метгемоглобінемія;
- г) сечокам'яна хвороба;
- д) хвороба ітай-ітай.

6. Забруднення водних екосистем поділяють на:

- а) фізичне;
- б) хімічне;
- в) біологічне;
- г) теплове;
- д) радіаційне.

7. Яка вода є найбільш чистою і потребує найменшої водопідготовки перед вживанням:

- а) атмосферна;
- б) відкритих водойм;
- в) ґрунтові води;
- г) артезіанська;

д) морів та океанів.

8. Евтрофікація виникає внаслідок:

- а) збільшення кількості небіогенних органічних речовин;
- б) збільшення кількості плумбуму та феруму;
- в) збільшення кількості азоту та фосфору;
- д) збільшення кількості кальцію і магнію.

9. До такої складової частини водного фонду України, як водостоки, належать:

- а) озера;
- б) річки;
- в) ставки;
- г) внутрішні морські води;
- д) всі відповіді невірні.

10. Найбільшою з річок, які на всю свою довжину протікає територією України, є:

- а) Ворскла;
- б) Інгулець;
- в) Південний Буг;
- г) Псел;
- д) Рось.

11. До малих річок відносяться річки з площею водозбору:

- а) до 500 км²;
- б) до 1 тис. км²;
- в) до 2 тис. км²;
- г) до 3 тис. км².

12. У результаті антропогенного впливу протягом короткого часу в озері загинули всі продуценти. Вміст якої речовини у воді знизиться в першу чергу?

- а) вуглекислого газу;
- б) кисню;
- в) нітратів;
- г) фосфатів;
- д) калію.

13. У яких одиницях вимірюють солоність води?

- а) грамах на літр кубічний;
- б) відсотках;
- в) проміле.

14. Вкажіть область, в якій розташовані Шацькі озера:

- а) Рівненська;

- б) Закарпатська;
 - в) Волинська;
 - г) Львівська.
- 15. Вкажіть, як називається головна річка разом зі своїми притоками:**
- а) річковий басейн;
 - б) річкова система;
 - в) вододіл;
 - г) річкова долина.
- 16. Вкажіть найдовшу річку світу:**
- а) Амазонка;
 - б) Ніл;
 - в) Дніпро;
 - г) Міссісіпі.
- 17. Визначте, яке з перерахованих озер найглибше:**
- а) Байкал;
 - б) Каспійське;
 - в) Світязь;
 - г) Вікторія.
- 18. Видалення зі стічних вод нерозчинних речовин – це очищення:**
- а) механічне;
 - б) хімічне;
 - в) фізико-хімічне;
 - г) біологічне.
- 19. Назвіть заходи з попередження евтрофікації водойм:**
- а) обвалування штучних водойм;
 - б) вилов риби;
 - в) розведення ракоподібних;
 - г) створення санітарних зон по берегах водойм;
 - д) очищення стоків від біогенних речовин;
 - е) хлорування води у водоймах.
- 20. Вкажіть функції водних екосистем, на основі яких здійснюється біологічне самоочищення водойм:**
- а) фотосинтетична аерація;
 - б) циркуляція водних мас;
 - в) біофільтрація;
 - г) іонний обмін;
 - д) біоаккумуляція.
- 21. Вкажіть, які наслідки для водних екосистем має радіонуклідне забруднення?**

- а) інтенсивний розвиток вищої водної рослинності;
- б) порушення відтворення гідробіонтів у ряді поколінь;
- в) масова поява смітних видів;
- г) хромосомні аберації;
- д) інтенсивний розвиток фітопланктону;
- е) генні мутації.

22. Інтотоксикація – це:

- а) пристосування гідробіонтів до токсичного середовища;
- б) розвиток патологічних процесів в організмі під впливом токсикантів;
- в) накопичення токсичних речовин в тканинах і органах гідробіонтів;
- г) дезактивація отруту в організмі гідробіонтів.

23. Більшу стійкість до температурних коливань мають гідробіонти:

- а) мешканці бенталі;
- б) мешканці відкритої зони водойм;
- в) мешканці прибережної зони водойм.

24. Основна маса розчиненої у воді органіки споживається:

- а) більшістю гідробіонтів;
- б) грибами, бактеріями;
- в) виключно автотрофами.

25. Іони мінеральних солей необхідні гідробіонтам для:

- а) будівництва черепашок;
- б) забезпечення процесів біосинтезу;
- в) нормальної роботи травної системи.

26. Джерельні води часто позбавлені гідробіонтів внаслідок:

- а) відсутності поживних елементів;
- б) високої концентрації вугільної кислоти;
- в) перенасичення киснем.

27. Екологічні фактори – це:

- а) елементи середовища, що безпосередньо впливають на існування гідробіонтів
- б) елементи середовища, що визначають потреби гідробіонтів у забезпеченні їх нормальної життєдіяльності;
- в) елементи неживої природи.

28. Евритермі гідробіонти:

- а) уникають впливу екстремальних температур;
- б) виробляють спеціальні адаптації;
- в) впадають в стан анабіозу.

29. Евригалінність – це:

- а) здатність організмів витримувати значні коливання температури;

б) здатність організмів витримувати значні коливання солоності середовища;

в) здатність організмів витримувати значні коливання парціального тиску.

30. Якість води – це:

а) комплексна характеристика стану водного об'єкту;

б) характеристика складу і властивостей води водного об'єкту з метою її подальшого водокористування;

в) характеристика біологічної повноцінності води водного об'єкту.

31. Біологічні ресурси водойм – це:

а) біомаса гідробіонтів водного об'єкту;

б) величина вилову гідробіонтів;

в) сукупність організмів, які є об'єктами промислу.

32. Найбільш інтенсивно поглинаються водним середовищем:

а) інфрачервоні промені;

б) фіолетові промені;

в) ультрафіолетові промені.

33. Величина рН в природних водоймах залежить від:

а) фізичних факторів;

б) біологічних факторів;

в) фізико-хімічних факторів.

34. Розподілення тепла у водоймах відбувається завдяки:

а) теплопровідності води;

б) вертикальної циркуляції;

в) течії.

35. Гомеостаз – це:

а) стан динамічної рівноваги природної системи, що підтримується постійною саморегуляцією у всіх її ланках;

б) оптимальна чисельність популяції гідробіонтів;

в) стабільність та сталість параметрів угруповання гідробіонтів.

36. Водна екосистема – це:

а) сукупність популяцій, що населяють певний біотоп і характеризуються певними взаємозв'язками між собою;

б) сукупність організмів одного виду в певному об'ємі води, що характеризуються певними взаємозв'язками між собою;

в) сукупність живих і неживих компонентів водного об'єкту, пов'язаних між собою обміном речовин і енергії.

37. Основне джерело збагачення поверхневих шарів водойми розчиненими органічними речовинами – це:

а) рослинні і тваринні рештки;

- б) прижиттєві виділення водоростей;
- в) виділення тварин і водоплавних птахів.

38. Сапробність – це:

- а) здатність водних організмів жити у воді, яка містить різну кількість органічних речовин;
- б) здатність водних організмів жити у воді, яка містить різну кількість азоту і фосфору;
- в) здатність водних організмів жити у воді, яка містить різну кількість важких металів.

39. «Цвітіння» води відноситься до:

- а) первинного забруднення;
- б) вторинного забруднення;
- в) первинного і вторинного забруднення водойми;
- г) до жодного не відноситься.

40. Ацидифікація це:

- а) збільшення біогенних елементів;
- б) збільшення кислотності;
- в) збільшення радіоактивних елементів;
- г) збільшення важких металів.

41. Прісні води це:

- а) води з вмістом солей 5%;
- б) води з вмістом солей меншим за 1%;
- в) води з вмістом солей 12%;
- г) води з вмістом солей 25%.

42. Оліготрофні водойми – це:

- а) водойми з великим умістом поживних речовин;
- б) водойми бідні на поживні речовини;
- в) водойми із середніми трофічними умовами;
- г) водойми бідні на рослинний планктон та поживні речовини, із незначною мінералізацією (окрім кальцію) і рівномірним розподілом кисню влітку та взимку.

43. Організмів талої води називають:

- а) голопланктон;
- б) меропланктон;
- в) кріопланктон.

44. Сукупність водних організмів, які постійно або протягом тривалого часу напівзанурені у воду або тримаються її поверхні називають:

- а) бентос;
- б) нейстон;

в) плейстон.

45. Угрупування різних організмів, що мешкають за межами придонного шару води на різних субстратах називають:

а) бентос;

б) нейстон;

в) перифітон;

г) плейстон.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абіотичне середовище – сукупність компонентів неживої природи, які визначають умови існування гідробіонтів.

Аеротенк – бетонний або залізобетонний резервуар для очищення стічних вод від органічних забруднювачів шляхом окислювання їх мікроорганізмами, що містяться у шарі активного мулу на дні резервуара.

Аквакультура (від лат. *aqua* – вода і *cultura* – вирощування, догляд) – розведення і вирощування водних організмів (риб, молюсків, ракоподібних, водоростей) в контрольованих умовах для підвищення продуктивності водойм.

Активний мул – складне утворення мікроорганізмів різноманітних груп бактерій, простіших, грибів, водоростей та вірусів, які використовують органічні та неорганічні речовини із стічних вод як поживні речовини.

Антропогенні фактори – внесені у природу людською діяльністю зміни, які впливають на органічний світ. Розрізняють позитивні і негативні. Негативні зумовлюють пригнічення або вимирання організмів, а позитивні – створюють сприятливі умови для існування і розвитку організмів.

Артезіанські води – напірні підземні води, що залягають нижче ґрунтових, не мають вільного рівня й завжди містяться між двома водотривкими пластами.

Бактерії – найпростіші одноклітинні організми, розмір яких знаходиться в межах декількох мікронів.

Басейн річки (озера) – частина суші, з якої відбувається природний стік води в річку (річкову систему), басейн річки (озера) складається з поверхневого та підземного водозборів.

Бентос – сукупність рослинних (фітобентос) і тваринних організмів (зообентос), які населяють дно водойм.

Біоіндикатори – група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких в тому чи іншому середовищі служать показником стану навколишнього середовища або його антропогенних змін.

Біологічна продуктивність – це властивість водойми відтворювати органічну речовину у вигляді живих організмів.

Біоморфа – життєва форма рослин і тварин, яка визначається систематичним положенням видів, їх формами росту і біологічними ритмами.

Біонт – окремих організм, який пристосувався до мешкання у певному середовищі.

Біоплато (гр. *bios* – життя + фр. *plateau* – підвищена рівнина) – середовищеутворювальна система, життєдіяльність якої на основі водних ценозів мікробіоти, рослин і тварин спрямована на охорону, очищення і відновлення якості водного середовища.

Болото – надмірно зволожена земельна ділянка із застоєм водним режимом, яка має шар торфу не менше 30 см і вкрита специфічною рослинністю.

Використання води – процес вилучення води для використання у виробництві з метою отримання продукції та для господарсько-питних потреб населення, а також без її вилучення для потреб гідроенергетики, рибництва, водного, повітряного транспорту та інших потреб.

Вимоги до якості природних вод – набір фізичних, хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників, що визначають якість природних вод.

Вища водна флора – сукупність видів судинних водних рослин (справжніх водних або гідрофітів і повітряно-водних), які зустрічаються на тій чи іншій ділянці території або акваторії.

Відстійник – гідротехнічна споруда у вигляді басейну або резервуару для повного або часткового випадання осадів, яке досягається через різке зниження швидкості течії потоку.

Вода підземна – вся вода, що перебуває в земній корі в будь-якому стані чи формі.

Вода стічна – вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

Води ґрунтові – вільна гравітаційна волога, що утворює в ґрунті водоносний горизонт, який виявляється за появою дзеркала вільної води в шпарі (колодязі, шурфі), що проникає в цей горизонт.

Води ґрунтові атмосферні – ґрунтові води, що формуються на даній ділянці території за рахунок інфільтрації вологи опадів, що випадають на його поверхню.

Води талі – рідка волога, що утворюється внаслідок танення снігу та льоду.

Води територіальні – частка морської акваторії, яка знаходиться під юрисдикцією прибережної держави.

Води трансграничні – водні об'єкти, які утворюють або перетинають кордони двох або більше країн.

Водна екосистема – екологічна система водного об'єкту, в якій нерозривно поєднуються неживе середовище (вода, донні відклади) та біота (складний комплекс угруповань і популяцій рослин, тварин, мікроорганізмів).

Водна маса – великі об'єми океанічної води, що відрізняються постійним і безупинним розподілом фізичних, хімічних і біологічних характеристик (температура, густина, солоність, вміст кисню тощо), що набуті в певних районах Світового океану та зберігаються в межах усього простору, який вони займають.

Водневий показник – число, що характеризує концентрацію водних іонів у воді (рН).

Водний баланс – співвідношення надходження та витрати води з урахуванням зміни її запасів протягом певного проміжку часу для певного об'єкта.

Водний кадастр – систематизоване зведення відомостей про водні ресурси країни. Включає відомості про річки, озера, болота, моря, льодовики та підземні води, реєстрацію водокористування, а також відомості обліку використання вод.

Водний моніторинг – система планомірних спостережень, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Водний об'єкт – сформоване природою або штучно створене скупчення води.

Водний організм – жива істота (рослина, тварина), яка мешкає у водному середовищі.

Водний режим – зміна в часі рівнів і обсягів води у водних об'єктах.

Водні ресурси – це об'єми поверхневих і підземних вод, які використовуються, чи можуть бути використані в процесі матеріального виробництва.

Водність – характеристика величини річкового стоку за певний проміжок часу відносно його середньої багаторічної величини.

Водогосподарський баланс – співвідношення між наявними для використання водними ресурсами на даній території і потребами в них для розвитку економіки на різних рівнях.

Водогосподарський баланс (ВГБ) – співвідношення між наявністю водних ресурсів і їх споживанням різними галузями економіки в межах одного або декількох річкових басейнів чи окремого регіону.

Вододіл – лінія, що розділяє стік атмосферних опадів по двох схилах, спрямованих у різні боки.

Вододіл ґрунтових вод – лінія, що сполучає найвищі точки поверхні ґрунтових вод і розмежує потоки ґрунтових вод, які рухаються в різних напрямках.

Водойма – об'єкт, який представляє собою скупчення безстічних або з уповільненим стоком вод у зниженнях рельєфу.

Водокористування – використання води без вилучення її з водоймищ (гідроенергетика, водний транспорт, рибне господарство).

Водоносний горизонт – однорідна пластова товща гірських порід, де постійно знаходяться води.

Водоносність – це кількість води, яка протікає в річці в середньому за рік.

Водоохоронні зони – природоохоронні території з регульованою господарською діяльністю, які встановлюються уздовж морів, озер, водосховищ, річок, каналів та інших водойм. Призначені для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їхньому забрудненню.

Водорості – одноклітинні і багатоклітинні рослини, що належать до групи нижчих рослин, в яких немає диференціації на листя, стебло, корінь.

Водоспоживання – використання води, пов'язане з вилученням її з місць локалізації з частковими або повними незворотними втратами і поверненням у джерела водозабору у зміненому (забрудненому) стані.

Водосховище – штучна водойма, зазвичай створювана в річищі ріки або в зниженні земної поверхні з допомогою греблі, затоплювальних поглиблень. Служать для регулювання стоку й накопичення запасів прісної води для господарських потреб.

Гирло річки – місце, де річка впадає в іншу річку, озеро або море.

Гідробіонти – тварини чи рослини (гідрофіти), що мають різноманітні пристосування для життя у воді.

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.

Гідрограф – це хронологічний графік зміни води в певному створі водотоку.

Гідроекологія – це наука про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища, та впливають на життєдіяльність організмів, мають склад і властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів.

Гідрологічний пост – пункт на водному об'єкті, обладнаний для проведення постійних гідрологічних спостережень.

Гідрологічний режим – сукупність змін стану певного водного об'єкта, що закономірно повторюються та притаманні йому, на відміну від інших водних об'єктів. Він проявляється у вигляді багаторічних, річних, сезонних і добових коливань рівнів води; витрат води; льодових явищ; матеріалу, що переноситься потоком; складу і концентрації розчинних речовин; змін русла водотоку тощо.

Гідрологічні характеристики – кількісна оцінка елементів гідрологічного режиму та морфологічних особливостей річкових басейнів (характерні витрати і рівні води, швидкість течії тощо).

Гранично допустимий скид (ГДС) – маса забруднюючої речовини у

стічних водах, максимально допустима до відведення за встановленим режимом у даному пункті водного об'єкту за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному створі.

Граничнодопустима концентрація речовин у воді – встановлений рівень концентрації речовин у воді, вище якого вода вважається непридатною для певних видів користування.

Густота річкової мережі – довжина річкової мережі, що припадає на квадратний кілометр певної території і характеризується коефіцієнтом густоти (D , км/км²) – це відношення сумарної довжини річкової мережі на даній ділянці (ΣL , км) до величини цієї площі (F , км²).

Дампінг – це загальна кількість відходів, що скидаються в море з метою поховання.

Дебіт (лат. – витрачання) – кількість води, яку дає джерело або гірничавиробка за одиницю часу. Вимірюється в л/сек (хв, год) або в м³/сек.

Дегідратація – процес виділення води з мінералів і гірської породи. Внаслідок дегідратації в органічній речовині зменшується вміст кисню, що призводить до збільшення в ній вуглецю і водню.

Дистрофні водойми – це водойми, які бідні на поживні речовини, поширені в сильно заболочених районах, мінералізація води незначна, вміст кисню знижений, тому що витрачається на окиснення органічних речовин.

Дренажні води – поверхневі чи підземні води, що відводяться дренажними спорудами в інші місця.

Еврибіонтність – здатність організмів існувати у різних умовах.

Евригалінність – здатність організмів витримувати значні коливання солоності середовища.

Евриоксидіонтність – здатність організмів відносно легко переносити коливання парціального тиску кисню й існувати за мінімальних його кількостей – близько 1 мг/л за парціального тиску близько 20 мм рт. ст., або за 20% насичення киснем прісної води за температури 20°C.

Евритерміність – здатність організмів існувати при широких коливаннях температури середовища.

Евтрофікація вод – збільшення біологічної продуктивності водних об'єктів у результаті нагромадження у воді біогенних речовин (азоту та фосфору) під дією антропогенних або природних факторів.

Евтрофні водойми – це водойми з великим умістом поживних речовин, зазвичай неглибокі, добре прогріваються влітку, із великим умістом органічних речовин та зі зменшенням кисню до дна.

Екологічна амплітуда виду – межі пристосувальної здатності виду до умов середовища існування.

Екологічна рівновага – відносна стійкість видового складу гідробіонтів, їхньої чисельності, продуктивності, розподілу в акваторії, а також сезонних змін, біотичного колообігу речовин у водоймі.

Життєві форми – це сукупності організмів різного систематичного положення, які наділені принципово подібними адаптаціями, що дозволяють їм існувати в певних біотопах.

Життя – вища форма існування матерії, найхарактернішими рисами якої є обмін речовин, самооновлення, самовідтворення, еволюція, нагромадження і передача інформації.

Забрудненість води – наявність у воді забруднювальних речовин у концентраціях, що перевищують нормативи якості води.

Засмічення води – привнесення у водні об'єкти сторонніх нерозчинних предметів і матеріалів.

Землі водного фонду – землі, зайняті річками, озерами, водосховищами, іншими водоймами, болотами, а також островами, прибережними захисними смугами уздовж морів, річок та навколо водойм, гідротехнічними, іншими господарськими спорудами і каналами та землі, виділені під водоохоронні смуги (смуги відведення) вздовж водних шляхів та об'єктів.

Зона застійного водного режиму – це зона глибокого залягання осадового комплексу артезіанських басейнів.

Зона санітарної охорони - територія і акваторія, де запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим з метою запобігання погіршення якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання, а також з метою забезпечення охорони водопровідних споруд.

Зональна трансформація – перехід водної маси з однієї кліматичної зони в іншу (холодні й теплі течії).

Зоопланктон – сукупність тварин, переважно ракоподібних, які мешкають у товщі води морських та прісних водоймищ і не здатні протистояти течії.

Киснева потреба – величина потреби гідробіонта у кисні, яка є індивідуальною для кожного виду.

Кисневий поріг – мінімальний показник вмісту розчиненого у воді кисню, за настання якого гідробіонти гинуть.

Комплексне використання водних ресурсів (КВВР) – одночасне використання водних ресурсів для задоволення потреб населення і різних галузей економіки на певній території або водному об'єкті.

Контроль якості води – перевірка відповідності показників складу і властивостей води встановленим нормам якості води.

Критерії води – вибрані технічні характеристики, які дають підставу для оцінки якості.

Кріопланктон – угруповання талої води або снігу, нормально існують при низьких температурах (джугитикові, синьозелені, деякі черви і комахи), поширені в Антарктиді.

Кругообіг води – це безперервний процес циркуляції води на земній кулі під впливом сонячної радіації та сили ваги.

Ліміт складу забруднювальних речовин – граничний обсяг скиду забруднювальних речовин у поверхневій водні об'єкти, який визначається в дозволі на спеціальне водокористування.

Льодостав – період, протягом якого на річках та інших водних об'єктах стоїть нерухомий льодовий покрив.

Мезотрофні водойми – це водойми із середніми трофічними умовами.

Мікрофауна – сукупність найменших тваринних організмів, головним чином найпростіших (радіолярії, форамініфери).

Мікрофлора – сукупність мікроорганізмів (водоростей, грибів, бактерій), що розвиваються в певному середовищі.

Мінералізація – процес перетворення органічних речовин (решток рослин і тварин) у мінеральні, що відбувається за допомогою мікроорганізмів; концентрація солей у водах.

Місцевий стік – це атмосферні води, які стікають по поверхні землі в знижені ділянки місцевості.

Модуль стоку – середня величина стоку з поверхні річкового басейну за який-небудь проміжок часу. Виражається, в л/сек/км².

Моніторинг вод – система спостережень, збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень.

Море – більш-менш відокремлена частина Світового океану, відділена від нього сушею, островами або підвищенням рельєфу дна і має значною мірою самостійний, відмінний від океану гідрологічний режим.

Навантаження антропогенне – ступінь прямого чи непрямого впливу діяльності людей на природу чи окремі її компоненти.

Нектон – сукупність водних тварин, здатних до активного самостійного пересування на значні відстані (риби, кити, дельфіни, головоногі молюски тощо).

Норма забруднення – гранична концентрація речовин, що поступає або міститься в середовищі, яка допускається нормативними актами.

Норматив (нормативні матеріали) – це комплекс довідкової інформації, необхідної для визначення норм збереження і поліпшення якості навколишнього середовища та охорони здоров'я людини, оптимізації

негативного впливу антропогенного навантаження на природне середовище.

Нормовані (забруднюючі) речовини – речовини та групи речовин, для яких законодавством встановлені стандарти чи нормативи концентрацій.

Озера – це природні водойми, які утворилися в поглибленнях суші (котловинах) і заповнені в межах свого ложа прісними або солоними водами. Найбільші озера іноді називають морями (Каспійське море). За способом утворення поділяють на кілька типів: загачені, тектонічні, заплавні, карстові, лиманні, льодовикові, та льодовиково-тектонічні, вулканічні.

Океани – найбільші частини Світового океану, водної оболонки земної кулі. Виділяють: Тихий океан (площа 179,6 млн км²), Атлантичний (93,9 млн км²), Індійський (74,9 млн км²), Пн. Льодовитий (13,1 млн км²).

Оліготрофні водойми – це глибокі водойми, які бідні на рослинний планктон та поживні речовини, із незначною мінералізацією (окрім кальцію) і рівномірним розподілом кисню влітку та взимку.

Опір середовища – сукупність всіх лімітуючих факторів, які діють у водному середовищі і перешкоджають реалізації біотичного потенціалу гідробіонтів.

Очищення води – усунення сторонніх домішок з води механічними, фізико-хімічними і біологічними методами.

Перифітон – це організми, які мешкають на твердих субстратах, занурених у воду за межами придонного шару води (обростання).

Підземні води – усі води, які знаходяться нижче поверхні ґрунту у зоні насичення і у прямому контакті з ґрунтами або гірськими породами.

Планктон (грец. *planets* – блукаючий) – сукупність водних організмів (зазвичай дуже дрібних), позбавлених органів пересування, які пасивно переносяться течіями в товщі води.

Поверхневі води – води суходолу, що постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому (водотоки, водойми) і твердому (льодовики, сніговий покрив) стані.

Прибережна захисна смуга – частина водоохоронної зони відповідної ширини вздовж річки, моря, навколо водойм, на якій встановлено більш суворий режим господарської діяльності, ніж на решті території водоохоронної зони.

Приймальна ємкість водойми – здатність водної екосистеми прийняти новий вид і забезпечити йому виживання та формування самовідтворної популяції, нарощування її чисельності до промислових масштабів. Приймальна ємкість водойми визначається за об'ємом біотопу із сприятливими для нового виду фізико-хімічними умовами середовища, достатнім запасом доступних кормів, а також сприятливою структурою та рівнем організації угруповань.

Пісні води – природні води з низьким вмістом солей, придатні для забору та очищення з метою виробництва питної води.

Прогнозування якості поверхневих вод – наукова діяльність, спрямована на передбачення змін якості поверхневих вод під впливом природних та техногенних чинників та обґрунтування можливих альтернатив розвитку загального стану і змін якісних та кількісних характеристик води у прогнозованому майбутньому.

Пункт спостереження за якістю поверхневих вод – місце на водоймищі або водотоці, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні і кількісні характеристики води і стану водного об'єкта.

Раціональне використання водних ресурсів – це всебічно науково обґрунтоване використання вод, яке забезпечує оптимальний економічний ефект для суспільства при обов'язковому дотриманні вимог водного законодавства щодо їх охорони.

Ресурси – це речовини або об'єкти, необхідні певному організму для підтримання нормального існування, розвитку, росту і розмноження.

Рибогосподарський водний об'єкт – водний об'єкт (його частина), що використовується для рибогосподарських цілей.

Рівень води – це висота поверхні води водного об'єкта над умовною горизонтальною площиною узятою для порівняння.

Рівень моря – це висота фактичної рівневої поверхні моря над деякою відліковою поверхнею і вимірюється в сантиметрах.

Річка – це водотік значних розмірів, що живиться атмосферними опадами свого водозбору та має чітко виявлене русло.

Річкові наноси – це тверді частинки, утворені внаслідок розмивання русла і ерозії водозборів, які переносяться водотоками та течією у водойми.

Руслова мережа – це сукупність природних і штучних водотоків.

Самоочищення – це сукупність усіх природних процесів у забруднених водах, які направлені на відновлення початкових властивостей і складу води.

Сапробіонти – організми, що існують у водах, забруднених органічними речовинами.

Сапробність – комплекс фізико-хімічних властивостей організму, що зумовлює його здатність існувати у водах, забруднених органічними речовинами.

Сапропель – мул, що утворюється на дні континентальних водойм з решток водяних організмів, тонкозернистих мінер. домішок, спор і пилку рослин.

Світовий океан – суцільна водна оболонка, що вкриває 361 млн км² земної поверхні. Світовий океан поділяється на 4 океани: Тихий, Атлантичний, Індійський, Пн. Льодовитий.

Сейші – це стоячі хвилі на водоймах.

Сель (араб. сель – бурхливий потік) – бурхливі руслові потоки з води та уламків гірських порід, які раптово виникають у долинах гірських річок.

Сестон – сукупність планктону разом з детритом і мінеральними частинками, що потрапляють у знаряддя лову.

Спеціальне водокористування – це забір води з водних об'єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв та скидання до них зворотних вод.

Ставок – штучно створена водойма місткістю не більше 1 млн кубічних метрів.

Стандарти – нормативно-технічні документи, в яких встановлено комплекс норм, правил, вимог до об'єкта стандартизації і затверджений компетентними органами.

Стік води – пересування вільної гравітаційної вологи під впливом гідравлічного напору по поверхні ґрунту або усередині ґрунтової товщі.

Стік підземний – стік всіх видів вологи нижче денної поверхні.

Стік поверхневий – стік вологи з поверхні ґрунту.

Стратифікація – розподіл за глибиною щільності води морських і прісних водойм.

Твердість (жорсткість) води – властивість води, зумовлена наявністю в ній розчинених солей (кальцію, магнію і деяких інших).

Технологічна водойма – штучно створена водойма спеціального технологічного призначення, що визначається технічним проектом та паспортом, яка наповнюється штучно за допомогою гідротехнічних споруд і пристроїв.

Течія – це поступальне переміщення мас води у водних об'єктах, яке зумовлене різними факторами: нахилом поверхні, обертанням Землі, неоднорідністю температури, вітром, хвилеутворенням води та іншими фізичними процесами та явищами.

Токсичність – властивість деяких хімічних елементів, сполук і біогенних речовин здійснювати отруйний вплив на організми (людини, тварин, рослин, грибів, мікроорганізмів).

Турбулентний рух – це рух, у якому частки рідини, здійснюючи переміщення в напрямку течії всього потоку, одночасно здійснюють відхилення від нього за складними скривленими траєкторіями.

Фази водного режиму – це характерний стан водного режиму річки, що повторюється в певні гідрологічні сезони, пов'язані зі змінами умов живлення.

Фітопланктон – сукупність рослин, які вільно плавають у товщі води (поширений у річках до глибини 20-40 м).

Фотосинтетично активна радіація (ФАР) – це випромінювання в

діапазоні хвиль 380–750 нм., найбільш ефективно для фотосинтетичного процесу і переважно складає 1–1,5% від загального випромінювання.

Хемосинтез – процес утворення деякими бактеріями органічних речовин із діоксиду вуглецю за рахунок енергії, одержаної при окисненні неорганічних сполук (аміаку, водню, сполук сірки закисного заліза тощо).

Хемосорбція – поглинання речовини поверхнею будь-якого тіла (хемосорбента) в результаті утворення хімічного зв'язку між молекулами речовини і хемосорбента.

Хлорування води – обробка питної води або стічних вод розчином хлору з метою їх знезараження.

«Цвітіння» води – масовий розвиток фітопланктону (зелених, синьо-зелених, діатомових водоростей), що викликає зміну забарвлення води, значне погіршення умов існування живих організмів (особливо кисневого режиму) у водоймах.

Чисельність організмів – кількість особин даного виду на одиницю площі (за абсолютного переліку); загальна кількість видів популяції на якій-небудь території; загальна чисельність живих організмів (без залежності від їх систематичної належності) на певній площі.

Чутливість – здатність живих організмів сприймати дію подразників зовнішнього та внутрішнього середовища.

Якість води – характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для певних видів використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Байдак Л.А. Гидроэкология Приднепровья: история, современное состояние, перспективы / А. И. Дворецкий, Л. А. Байдак, П. И. Ломакин. – Днепропетровск: Гамалія, 2010. – 111 с.
2. Верниченко Г. А. Комплексне планування та управління водними ресурсами. / Г. А Верниченко, В. О. Васенко. – Київ: Інститут географії НАН України, 2001. – 367 с.
3. Веселов Е. А. Классификация сточных вод и их компонентов по их действию на водоемы и водные организмы / Е. А. Веселов // Известия Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, 1971. – Том 78. – С.43–76.
4. Вишневський В. І. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра. / В. І. Вишневський, В. А. Сташук, А. М. Сакевич. – К.: Інтерпрес, 2011. – 186 с.
5. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
6. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи). / за науковою редакцією М. І. Ромащенко, М. А. Хвесика, Ю. О. Михайлова. – К., 2015. – 46 с.
7. Водний кодекс України. – К.: ІВА «Астерія», 1995.
8. Водний фонд України. / За ред. В. М. Хорева. – К.: Ніка-центр, 2001. – 392 с.
9. Водні ресурси на рубежі ХХІ ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення. / За ред. акад. УЕАН, д.е.н., професора М.А. Хвесика. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 460 с.
10. Горев Л. М. Гідрохімія України: підручник. / Л. М. Горев, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. – К. : Вища шк., 1995. – 307 с.
11. Дудник С. В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. / С. В. Дудник, М. Ю. Євтушенко. – К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.
12. Євтушенко М. Ю. Біологічні ресурси гідросфери. Монографія. / М. Ю. Євтушенко, Ю. А. Глебова. – К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 179 с.
13. Загальна гідрологія: навч. посіб. / уклад. О. М. Вальчук-Оркуша, О. І. Ситник. – Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2014. – 236 с.
14. Загальна гідрологія: підручник. / В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, В. В. Гребінь та ін. – К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.

15. Запольський А. К. Основи екології: підручник. / А. К. Запольський, А. І. Салюк; за ред. К. М. Ситника. – К.: Вища школа, 2003. – 358 с.
16. Клименко В.Г. Загальна гідрологія: Навчальний посібник для студентів. / В.Г. Клименко. – Харків, ХНУ, 2008. – 144 с.
17. Клименко М. О. Основи та методологія наукових досліджень: навч. посіб. / М. О. Клименко, В. П. Фещенко, Н. М. Вознюк. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 351 с.
18. Ковальчук І. П. Гідроекологічний моніторинг: навчальний посібник. / І. П. Ковальчук, Л. П. Курганевич. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 254 с.
19. Корінько І. В. Контроль якості питної води: монографія. / І. В. Корінько, В. Я. Кобилянський, Ю. О. Панасенко. – Харків : ХНАМГ, 2013. – 200 с.
20. Левківський С. С. Рациональне використання і охорона водних ресурсів. / С. С. Левківський, М. М. Падун. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
21. Линник П. Н. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и детоксикации (на примере водохранилищ Днепра) / П. Н. Линник, Т. А. Васильчук // Гидробиологический журнал. – Т. 37, № 5. – 2001. – С. 98–112.
22. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. / Т. И. Моисеенко. – М.: Наука, 2009. – 400 с.
23. Никаноров А. М. Гидрохимия: Учебник. / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеоздат, 2001. – 444 с.
24. Оксуюк О. П. Роль песчаного грунта в процессах самоочищения воды от органического вещества / О. П. Оксуюк, Е. П. Палазий, Г. В. Меленчук // Гидробиол. журн. – 2004. – 40, №1. – С. 63–73.
25. Олексів І. Т. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень (теорія, методи, практика використання). / І. Т. Олексів, Н. С. Ялинська, Л. П. Брагінський та ін. – Львів: Світ, 1995. – 440 с.
26. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. / С. А. Патин. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 247 с.
27. Постанова Верховної Ради України «Про Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води» №4836-VI (4836-17) від 24.05.2012.
28. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Державне агентство водних ресурсів України» №393 від 20.08.2014.
29. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Державну службу геології та надр України» №1174 від 30.12.2015.

30. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Міністерство екології та природних ресурсів України» №32-2015-п від 21.01.2015.
31. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення державного водного кадастру» №413 від 8.04.1996.
32. Правове регулювання відносин в сфері довкілля в Європейському союзі та в Україні. / за заг. ред. В.Г. Дідика. – К.: Державний департамент з питань адаптації законодавства, 2007. – 579 с.
33. Принципи Acquis Communautaire як передумова покращення водного законодавства України. / А. Демиденко, С. Шутяк, О. Дьяков, Н. Закорчевна; за заг. ред. О. Кравченко. – Львів, 2014. – 82 с.
34. Романенко В. Д. Основи гідроекології: Підручник. / В. Д. Романенко. – К., 2001. – 728 с.
35. Романенко В. Д. Природні і штучні біоплато. Фундаментальні та практичні аспекти. / В. Д. Романенко, Ю. Г. Крот, Т. Я. Киризія, І. М. Коваль, Л. С. Кіпніс, О. С. Потрохов, О. Г. Зінковський, Т. І. Леконцева. – К.: Наук. думка, 2012. – 110 с.
36. Романенко В. Д. Етапи розвитку НАН України та її гідробіологічного напрямку. / В. Д. Романенко. // Гидробиологический журнал, том 49, № 6. – 2013. – С.3–21.
37. Сніжко С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем: автореф. дис ... д-ра геогр. наук: 11.00.07 / С. І. Сніжко. – Київ: Б.в., 2002. – 30 с.
38. Сташук В. А. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: Монографія. / За редакцією В. А. Сташука; [В. А. Сташук, В. Б. Мокін, В. В. Гребінь, О. В. Чунарьов]. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 320 с.
39. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря. / С. О. Довгий, Г. Я. Красовський, В. В. Радчук та ін.; за ред. С. О. Довгого. – К.: Інформаційні технології, 2010. – 260 с.
40. Тарасова В. В. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище: навчальний посібник. / В. В. Тарасова, А. С. Малиновський, М. Ф. Рибак; заг. ред. В. В. Тарасової. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 276 с.
41. Трушева С. С. Гідробіологія: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни. / С. С. Трушева. – Рівне – 2005. – 70 с.
42. Хижняк М. І. Методологія вивчення угруповань водних організмів / М. І. Хижняк, М. Ю. Євтушенко. – Київ: Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.

43. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії: підручник. / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
44. Шерман І. М. Загальна іхтіологія : підруч. / І. М. Шерман, Ю. В. Пилипенко, П. Г. Шевченко. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 454 с.
45. Яромский В. Н. Гидроэкология. / В. Н. Яромский. – Брест: БрГУ, 2015. – 96 с.
46. Яцик А. В. Водогосподарська екологія. / А. В. Яцик. – К.: Генеза, 2004. – кн.5. Т.3. – 2004. – 496 с.
47. Яцик А. В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: підручник для студентів вищих навч. закладів. / А. В. Яцик, Ю. М Грищенко, Л. А. Волкова, І. А. Пашенюк. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
48. Robarts R. The Global Water and Nitrogen Cycles / R. Robarts & R. Wetzel // *SIL News*. – Vol. 29 (Jan. 2000). – P. 21–46.
49. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / Ed.: E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton, L.S. Clesceri. – American Water Works Association / American Public Works Association / Water Environment Federation, 2012. – 22nd Ed. – 1360 p.
50. Unlocking the water potential agriculture. – Rome: FAO, 2003. – P. 22.

С. М. Лико, І. Л. Суходольська

Гідроекологія

навчальний посібник

Керівник видавничих проєктів: Ястребов А.О.

Друкується в авторській редакції

Дизайн обкладинки: Тишківська Н.М.

Комп'ютерна верстка: Тишківська Н.М.

Підписано до друку 23.02.2017 р.

Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. аркушів – 12,32.

Обл.-вид. аркушів – 10,64.

Тираж 300 прим.

ТОВ «Кондор-Видавництво»
Свідоцтво Серія А01 №376847 від 28.07.2010 р.
03067, м. Київ, вул.Гарматна, 29/31
тел./факс (044) 408-76-17, 408-76-25
www.condor-books.com.ua