

Для службового
використання

ПОГОДЖЕНО
Начальник
Кілійського МУВГ
С.А. Просяник



«08» травня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Науково-
дослідного інституту
«Держводекологія»,
д. т. н., проф.
О.В. Сидоренко



«10» березня 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО:	
на засіданні Вченої Ради НДІ Держводекологія	протокол № 3 від «10» березня 2020 р.,
на засіданні Науково-технічної Ради Кілійського МУВГ	протокол № 3 від «08» травня 2020 р.

ПРОГРАМА

**«Створення природно-штучного біомеліоративного
комплексу для забезпечення ефективної експлуатації
водних об'єктів Кілійського міжрайонного управління
водного господарства»**

Київ 2020



(11) 101959

(19) UA

(51) МПК (2015.01)
C02F 3/00

(21) Номер заявки: u 2015 03296

(22) Дата подання заявки: 07.04.2015

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну модель: 12.10.2015(46) Дата публікації відомостей
про видачу патенту та
номер бюлетеня: 12.10.2015,
Бюл. № 19

(72) Винахідники:

Щербак Володимир
Іванович, UA,
Коротецький Василь
Павлович, UA,
Сидоренко Олена
Володимирівна, UA,
Боліла Надія Олександрівна,
UA,
Якобчук Юлія
Олександрівна, UA

(73) Власники:

Щербак Володимир
Іванович,
пр. Академіка Ковальова, 4,
буд. 4, кв. 71, м. Київ, 03134,
UA,
Коротецький Василь
Павлович,
вул. Лайоша Гавро, 8, м. Київ,
04211, UA,
Сидоренко Олена
Володимирівна,
пр. П. Григоренка, 36, кв. 114,
м. Київ, 02140, UA,
Боліла Надія Олександрівна,
пр. Маяковського, 17-г, кв. 32,
м. Київ, 02222, UA,
Якобчук Юлія
Олександрівна,
вул. Мілютенка, 6-а, кв. 100, м.
Київ, 02156, UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ПРИРОДНОЇ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
СПЕЦІАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ПРИРОДНО-
ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб покращення природної якості води та ефективності роботи спеціальних об'єктів водозабезпечення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу, для чого проводиться комплексна обробка водойм мікроорганізмами та вселення риб-меліораторів, який відрізняється тим, що передбачається альголізація водойм суспензією зеленої мікроводорості штаму *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, *Chlorella vulgaris* (BIN), *Arthrospira platensis*, *Acutodesmus obliquus*, *Dunaliella salina*, *Spirulina* з коефіцієнтом пропускання 1,5-8 % в кількості 17-28 л на 1 млн м³ води в глибоководній частині та 14-26 л/га в мілководній частині водойм з глибиною не більше 5 м, зариблюють рибами-меліораторами, з різним спектром живлення (фітопланктофаги, зоопланктофаги, їх гібриди, споживачі вищої водної рослинності, бентофаги),

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Керівник

пр.н.спів., д.б.н., проф.

В.І. Щербак

Відповідальні виконавці:

Президент Інтелектуального центру з
питань раціонального використання
водних ресурсів України,

Голова Федерації роботодавців та
підприємців рибогосподарської галузі
України,

д. т. н., проф.

В.П. Коротецький

О.В. Сидоренко

ст.н.спів., к.б.н.

Н.Є. Семенюк

Виконавці:

к.б.н., н.спів.

С.В.Кокодій

к.в.н., ст.наук.спів.

А.В. Євтушенко

к.т.н., доц.

О.В.Тимофєєва

к.б.н., мол. наук. спів.

В.М.Лисенко

Голова ГО МС РОП
«Південьрибцентр»

В.П.Скарлат

пров. інж.

Г.О. Гошовська

Директор Асоціації «НАК
Акваресурси України»

А.О.Антонов

пров. інж.

Г.М. Задорожна

зав.лаб.

Н.О.Боліла

Аспірант

О.О.Петрова

Зміст

	<i>Стор.</i>
Вступ.....	8
1. Біорізноманіття, якість води і основні фізико–хімічні показники суббасейну крупних придунайських озер та водосховища Сасик в осінньо–зимовий період 2019-2020 рр.....	14
1.1. Фізико-хімічні показники водних мас суббасейну крупних придунайських озер.....	16
1.2. Фітопланктон суббасейну.....	22
1.2.1. Видовий склад і таксономічне різноманіття.....	23
1.2.2. Кількісні показники фітопланктону.....	23
1.2.3. Різноманіття й структура домінуючого комплексу фітопланктону.....	29
1.3. Фітомікробентос твердих субстратів.....	33
1.4. Макрозообентос.....	35
1.5. Органічний детрит і зоопланктон.....	36
1.6. Якість водного середовища та екологічний стан крупних придунайських озер.....	41
2. Методи і матеріали натурних досліджень для створення природно-штучного біомеліоративного комплексу.....	43
3. Оцінка економічних та соціальних втрат від інтенсивного розвитку рослинності, бактеріо-, фіто-, зообростань	53
4. Фітопланктон ВОУ.....	56
4.1 Структурно-функціональна організація фітопланктону	56
4.2 Енергетична і трофічна цінність фітопланктону як компоненту природно-штучного біомеліоративного комплексу.....	65

5. Макрофіти.....	72
5.1. Особливості формування угруповань макрофітів	72
5.2. Характеристика макрофітів природно-штучного біомеліоративного комплексу	76
5.3. Енергетична і харчова цінність макрофітів.....	79
6. Епіфітон ВОУ.....	85
6.1. Якісне і кількісне різноманіття епіфітону.....	85
6.2. Оцінка енергетичного потенціалу і харчового ресурсу фітоепіфітону природно-штучного біомеліоративного комплексу	89
7. Зоопланктон та зообентос (зооперифітон).....	91
7.1. Якісна і кількісна характеристика зоопланктону.....	91
7.2. Якісна і кількісна характеристика зообентосу (зооперифітону).....	95
8. Роль бактеріальних угруповань у різноманітті біоти та функціонуванні природно-штучного біомеліоративного комплексу.....	99
9. Структура, функціонування і роль природно-штучного біомеліоративного комплексу в ефективній експлуатації ВОУ.....	103
9.1. Наукова суть організації і функціонування природно-штучного біомеліоративного комплексу.....	103
9.2. Роль водоростей і ВВР у процесах самоочищення ↔ самозабруднення ВОУ.....	110
9.3. Оцінка якості води, кисневий режим і роль первинної продукції в їх формуванні.....	113
10. Іхтіофауна водних об'єктів Кілійського МУВГ.....	117
11. Умови іхтіологічної експлуатації, збереження, регулювання, науковий супровід оптимального функціонування природно-штучного біомеліоративного комплексу.....	135

12. Проект формування іхтіологічної складової природно-штучного біомеліоративного комплексу	166
12.1. Формування ПШБК на Підвідному каналі до н/ст ЗНС-1 Кілійської рисової зрошувальної системи.....	168
12.2. Формування ПШБК на Підвідному каналі до н/ст Дружба-1 Кілійської рисової зрошувальної системи.....	171
12.3. Формування ПШБК на Підвідному каналі до н/ст ЗНС-1,1а Татарбунарської зрошувальної системи.....	173
12.4. Формування ПШБК на Підвідному каналі до н/ст ЗНС-11 Мічурінської рисової зрошувальної системи.....	175
12.5. Формування ПШБК на Підвідному каналі на о. Степовий...	177
12.6. Формування ПШБК на Каналі «Кофа».....	179
12.7. Формування ПШБК на Транспортуючому Каналі « Дунай-Сасик ».....	181
12.8. Формування ПШБК на Козійському водосховищі.....	184
12.9. Формування ПШБК на Нерушайському водосховищі.....	187
12.10. Формування ПШБК на Дмитрівському водосховищі.....	190
12.11. Формування ПШБК на Кагачському водосховищі.....	193
12.12. Формування ПШБК на Сасикському водосховищі.....	196
12.13. Формування ПШБК на Каналі Тупіковий.....	200
13. Правила експлуатації природно-штучного біомеліоративного комплексу	203
Заклучення.....	206
Список використаних джерел	213
Додатки.....	219

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВОУ – Водні об’єкти Управління;

НС – насосна станція;

ПШБК - природно-штучний біомеліоративний комплекс.

ВСТУП

Виходячи з басейнового принципу управління масивами поверхневих вод України, географічного розміщення озер, гідрологічних особливостей їхніх басейнів, можна в межах дунайської лівобережної заплави виділити суббасейн великих придунайських озер, який включає в себе всі сім наведених озер та їхні водозбірні басейни.

Важливе значення має й природно-штучне озеро (водосховище) Сасик, яке було створене після перекриття в 1978 р. дамбою природного лимана Сасик та повного штучного викачування солоних чорноморських вод упродовж весни—осені 1979 р. Після повного осушування бувшого солоного лиману через проритий на той час канал р. Дунай—Сасик була направлена прісна вода.

Основною метою створення цього природно-штучного водного об'єкта було отримання великого за об'ємом водосховища прісної води для:

- іригаційних цілей для поливних земель півдня Одещини;
- як природно-штучного комплексу майбутньої водної магістралі по перерозподілу стоку річок Дунай і Дніпро, зокрема збільшення на 5–7 км³, згідно з основним варіантом проекту, дніпровського стоку в Дніпровсько-Бузьку естуарну екосистему.

Після введення в експлуатацію каналу Дунай—Сасик і новоствореного водосховища Сасик, після декількох етапів його опріснення шляхом чергування викачування солонуватоводних мас води і «запуску» прісних на початку 1980-х, подальші гідротехнічні роботи не виконувались.

Отже, на сьогодні ми маємо суббасейн великих придунайських заплавних озер та природно-штучної водної екосистеми (водосховище Сасик), які частково використовуються для іригаційних цілей (крім водосховища Сасик), промислового та аматорського рибальства, рекреації та мисливства.

Суббасейн великих придунайських озер, згідно з Рамсарською конвенцією, — це унікальні водно-болотні угідді, які мають велике природоохоронне значення в міграції перелітних птахів, а також аборигенній водній і навколоводній фауні.

На жаль, на сьогодні відсутній комплексний План-дій як на державному, так і обласному рівнях з охорони, збереження, відновлення їхнього природного стану, водних і живих біологічних ресурсів, особливо аборигенних видів, та їх раціонального використання.

Отже, метою цієї роботи є встановлення основних показників біорізноманіття, якості води та екологічного стану масивів поверхневих вод суббасейну та доцільності запровадження Природно-штучного біомеліоративного комплексу на водних об'єктах Кілійського міжрайонного управління водного господарства (далі-ВОУ) та природно-штучної водної екосистеми – водосховища Сасик.

Канали – це штучні лотичні водні екосистеми зі специфічним гідрологічним, гідрохімічним і гідробіологічним режимами. Зокрема, до основних каналів Кілійського МУВГ відноситься канал Дунай – Сасик (далі-ДС), який наповнює озеро Сасик водою з Дунаю, а також канал Міжколгоспний-Дунайський (далі-МК), який забирає воду з Дунаю і подає водоспоживачам Кілійського та Татарбунарського районів Одеської областей.

Довжина каналу ДС – 13 900 м.

Ширина каналу ДС – 100 м.

Глибина ДС – 3-4 м.

Канал Дунай-Сасик здійснює наповнення водосховища Сасик водою з р. Дунай шляхом самопливу.

Довжина каналу МК – 25 951 м.

Ширина каналу МК по дзеркалу – 30-50 м

Глибина МК – близько 4 м

Канал Міжколгоспний-Дунайський здійснює водопостачання на Кілійську рисову зрошувальну систему, Мічуринську зрошувальну систему, Татарбунарську зрошувальну систему та являється джерелом наповнення Козійського, Дракулівського, Нерушайського, Дмитрівського та Кагачького водосховищ.

Канал здійснює водоподачу з річки Дунай та є самопливним каналом.

Відповідно до даних, розміщених на офіційній Інтернет-сторінці Кілійського міжрайонного управління водного господарства (<http://kuvvg.at.ua/index/vodoskhovishha/0-47>), та наших власних проведених досліджень, однією з проблем каналу Міжколгоспний-Дунайський є його постійне замулювання в головній частині на ділянці ПК0+00 -ПК21+00. Як відомо, р. Дунай, будучи джерелом якісної поливної води, несе велику кількість наносів, досягаючи до 370г/м³. Маючи вільне примикання до р.Дунай, в Канал Міжколгоспний-Дунайський потрапляє значна кількість зважених наносів, які внаслідок зниження течії осідають в його головній частині, утворюючи "перекат" заввишки до 3-х метрів. Програми біомеліоративних робіт на Міжколгоспному Дунайському каналі розроблена НДІ «Держводекологія» у 2019 році.

Перекасти, що утворилися, зменшують поперечний переріз каналів Кілійського МУВГ і в обмежений період, при низьких рівнях води в р. Дунай значно зменшують потрапляння води споживачам, порушуючи як режим водоподачі на Татарбунарську зрошувальну систему, так і водообмін в Стенцівсько-Жебріянівських плавнях.

Відповідно до результатів обстеження водних об'єктів управління, всі вони потрапляють під надмірне заростання, як вищою водною рослинністю, так і фітопланктоном. Надмірне заростання вищими водними рослинами шкідливо впливає на технічний стан гідротехнічних споруд. Крім того, значна частина акваторій прогрівається в літню пору, що сприяє „цвітінню” води.

За нашими даними, акваторія ВОУ заростає в найбільшій мірі такими вищими водними рослинами, як очерет звичайний і сальвінія плаваюча. Фітопланктон представлений 33 видами водоростей із відділів Cyanophyta (синьозелені), Euglenophyta (евгленові), Chrysophyta (золотисті), Bacillariophyta (діатомові), Chlorophyta (зелені). Найбільшим різноманіттям характеризуються діатомові водорості (70% від загальної кількості видів). Основу чисельності формують синьозелені і діатомові водорості (56% і 42% відповідно), а основу біомаси – діатомові (59%), синьозелені (21%) і зелені водорості (19%).

Домінуючий комплекс фітопланктону полідомінантний і представлений 7 видами синьозелених, діатомових і зелених водоростей. Сапробіологічна оцінка якості води ВОУ показала, що вони відносяться до β -мезосапробної зони.

Заростання ВОУ водною рослинністю щорічно приводить до таких негативних наслідків:

- зменшується пропускна здатність каналів, що вимагає збільшення витрат електроенергії для забезпечення достатнім обсягом води водокористувачів;
- збільшується зношеність електросилового та насосного устаткування на насосних станціях;
- виникає інтенсивне заростання на водозабірних спорудах, що потребує витрат робочого часу для їх очистки; як правило, при заростанні решіток водозабірних споруд збільшуються витрати електроенергії при перекачуванні води із водойм у зрошувальні системи;
- вартість електроенергії зростає, а це означає, що при заростанні русла каналів водною рослинністю збільшуються витрати на електроенергію на усіх насосних станціях, що перекачують воду з каналів на зрошувальні системи та іншим водокористувачам;
- заростання русла каналів та цвітіння поверхневих вод призводить до погіршення якості води, яка забирається на водозаборах;
- за рік для водопостачання забирається значна кількість води, що вимагає значних додаткових витрат для її очистки;
- збільшення витрат на очистку води для водопостачання призводить до збільшення тарифів для населення та суб'єктів господарювання, що викликає соціальну напруженість та проблеми з оплатою за подану воду;

Враховуючи, що Кілійське міжрайонне управління водного господарства забезпечує водою споживачів у великих обсягах, втрати від заростання водних об'єктів значні, а розчистка від рослинності механічними засобами, враховуючи їх обсяги, кількість та витрати на придбання спеціальної техніки та пального, стає нереальною.

У складі програми визначені усі найбільш вагомі втрати від заростання водойм та визначено економічний ефект від застосування біомеліоративних заходів по їх підтриманню без заростання.

Важливими особливостями ВОУ, які впливають на структуру і функціонування різних компонентів біоти, є те, що вода у системи надходить самотоком, а також те, що за типом водного живлення канали належать до ждерел, які беруть початок з рівнинних річок.

Провідним компонентом автотрофної ланки біоти ВОУ є фітопланктон – основний продуцент автохтонної органічної речовини і агент фотосинтетичної аерації і самоочищення водної товщі. Крім того, у водоймах інтенсивно вегетують угруповання вищих водних рослин, які мають важливе значення для утилізації, трансформації і транспортування біогенних елементів і забруднювальних речовин. У той же час, їх інтенсивний розвиток може формувати біологічні загрози ефективній експлуатації водойм.

Важливу роль в екосистемі ВОУ відіграють прісноводні риби, молюски-фільтратори і ракоподібні. Проте наразі їх фауна є вивченою недостатньо. Ізоляція ВОУ від Дунаю і, разом з тим величезна площа водного дзеркала, дозволяють використовувати їх для збільшення біологічного різноманіття і біологічної продуктивності за рахунок акліматизації цінних видів безхребетних і риб, що, відповідно, підвищить ефективність експлуатації водойм.

Структурно-функціональна організація бактеріальних угруповань в значній мірі визначає збалансованість процесів первинного продукування і деструкції органічних речовин.

Характеристика співвідношення первинної продукції та деструкції органічних речовин (A/R) – це не тільки показник біопотенціалу, але і провідна характеристика процесів самоочищення-самозабруднення, що в кінцевому результаті визначає якість водного середовища. Також бактерії в значній мірі визначають екологічний стан водойм.

Отже, високе різноманіття біотичних компонентів є необхідним базисом для створення Природно-штучного біомеліоративного комплексу, який в змозі забезпечити ефективну експлуатацію ВОУ.

В Програмі систематизовано та узагальнено дослідження, що проводились протягом 2019-2020 р. безпосередньо на крупних придунайських водоймах та на водних об'єктах Кілійського МУВГ.

РОЗДІЛ 1.
БІОРІЗНОМАНІТТЯ, ЯКІСТЬ ВОДИ І ОСНОВНІ ФІЗИКО–
ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СУББАСЕЙНУ КРУПНИХ
ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР ТА ВОДОСХОВИЩА САСИК В
ОСІННЬО–ЗИМОВИЙ ПЕРІОД 2019-2020 рр.

Науково-пошукові дослідження, проведені в листопаді 2019 р. і лютому 2020 р., базувалися на методичних заходах, викладених в Постанові Кабінету Міністрів України № 758 від 19 вересня 2018 р. «Про здійснення державного моніторингу масивів поверхневих вод».

Проведені комплексні дослідження включали основні абіотичні та біотичні показники, викладені в Постанові № 758, зокрема: фізичні, хімічні та біологічні (ботанічні, зоологічні, трофологічні).

Проведення комплексних досліджень в осінньо-зимовий період, обумовлене тим, що для всіх показників наведених у Постанові, характерна чітко виражена сезонна динаміка, згідно з якою, в різні сезони року (зима, весна, літо, осінь) вони можуть мати як мінімальні, так і максимальні значення, формуючи сприятливу якість водного середовища як для максимального біорізноманіття та оптимального розвитку живих біоресурсів, так і загроз для їхньої життєдіяльності. Також у різні сезони по-різному може проявлятися антропогенний вплив на озерні екосистеми: інтенсивність водозабору для іригаційних цілей, рекреація, рибальство, полювання.

Отже, необхідною умовою оцінки біорізноманіття, якості води, екологічного стану, невиснажливого використання живих біологічних ресурсів є проведення досліджень у різні сезони року.

Необхідність проведення посезонних досліджень обумовлена й тим, що як антропогенні, так і біологічні загрози мають часову специфіку. Відповідно, знаючи сезонність формування загроз, можна формувати стратегію та проводити безпосередні роботи з біомеліорації конкретних водних екосистем із використанням специфічних біомеліоративних робіт.

У процесі експедиційних досліджень визначались наступні абіотичні та біотичні показники водних екосистем.

Фізичні – температура водних мас ($t^{\circ}\text{C}$), кількість зависей у воді та їхня фракційність, електропровідність (кондуктивність).

Хімічні – рН, вміст розчиненого у воді кисню ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$) і насичення киснем водних мас. Мінералізація та солоність води (згідно з (Алекин, 1973)).

Біологічні – видовий склад, таксономічне різноманіття (кількість родин, порядків, відділів) фітопланктону.

Кількісні показники – величини чисельності (N , тис. клітин/ дм^3) і біомаси (B , $\text{мг}/\text{м}^3$).

Біомасу визначали розмірно-об'ємним методом із використанням камери Нажотта. На всіх станціях спостережень були визначені домінуючі комплекси водоростей як за чисельністю, так і біомасою. При цьому домінуючими видами водоростей вважали ті види, чисельність чи біомаса яких були від 10% і вище від загальної чисельності чи біомаси проби.

Фітобентос твердих субстратів відбирали методом «скребка» з площі субстрату 10 см^2 .

Зоопланктон відбирали планктонною сіткою Апштейна, проріджуючи 50 дм^3 . Фіксували 40% формаліном, визначали у камері Богорова (Методи ..., 2006; Щербак, Семенюк, Рудик-Леуская, 2004; Кутикова, 1977).

Детрит. Для оцінки кількісного та якісного складу згущали через сітку Апштейна 50 дм^3 води. Під світловим мікроскопом Carl Zeiss (окуляр $\times 7$, об'єктив $\times 40$) відділяли мінеральні зависі і визначали розмірні фракції детриту. Отримані дані були опрацьовані з використанням сучасних статистичних методів. Для порівняння характеристик, а також оцінки сукцесій були використані літературні напрацювання 1960–80 і 1990-х – початку 2000-х років.

1.1. Фізико-хімічні показники водних мас суббасейну крупних придунайських озер¹

У звіті наводяться натурні дані за результатами експериментальних досліджень, отриманих у листопаді 2019 р. і лютому 2020 р.

Температурний режим. Так, у листопаді 2019 р. температура води, як на кінець осені, була досить високою – $+13,8\text{--}14,0^{\circ}\text{C}$. Відносно високими були й зимові температури води в лютому 2020 р. – від $+0,4^{\circ}\text{C}$ (озера Кугурлуй, Катлабух) до $+1,8\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$ (озера Картал, Китай). Отримані натурні дані також є нетипово високими для зимового періоду. Очевидно, це було пов'язано з наступним:

- потеплінням повітря в Одеській області до $+15\text{--}18^{\circ}\text{C}$ на початку лютого;
- відсутністю льодового покриву на всіх досліджених водоймах.

Відносно високі осінньо-зимові температури води є проявом аномальних кліматичних змін, які реєструються в Україні в останнє десятиліття.

Розподіл температури води по досліджених у 2019 і 2020 рр. водоймах наведено в таблиці 1.1.

Мінералізація й електропровідність. Натурні дослідження мінералізації й електропровідності (кондуктивності) води показали їх суттєві відмінності по досліджених водоймах. Так, величини електропровідності коливались від 366–489 до 1305–1579 мСм/см, а мінералізації – від 163 (озера Картал і Кагул) до 1170–1245 мг/дм³ в оз. Китай і водосховищі Сасик.

Солоність води. Важливою гідрохімічною характеристикою водних мас, яка значно впливає на біорізноманіття, є солоність води.

¹ Крім великих придунайських озер у розділі характеризується і водосховище Сасик.

Таблиця 1.1.

Середні фізичні й гідрохімічні характеристики водних мас придунайських озер¹ у листопаді 2019 р. і лютому 2020 р.

Показники	Листопад 2019 р.		Лютий 2020 р.						
	озера								
	Китай	Сасик	Китай	Сасик	Ялпуг	Кагул	Картал	Кугурлуй	Катлабух
t°C	13,8	14,0	2,5	0,7	0,7	3,2	1,8	0,4	0,4
Мінералізація, ppm	2044	1170	1245	1185	646	163	163	788	222
Солоність, ‰	2,44	2,03	2,75	2,07	0,73	0,46	0,48	0,92	0,89
Електропровідність, мСм/см	—	—	489	366	1305	325	325	1579	443

Отримані впродовж 2019–2020 рр. натурні дані дозволяють чітко диференціювати досліджені водойми на кластери;

- солонуватоводні (солоність води від 2,03–2,07 до 2,44–2,75‰).

Відповідно, це оз. Китай і водосховище Сасик;

- прісноводні (солоність води в межах від 0,46–0,48 до 0,73–0,92‰). Це всі інші досліджені озера.

Отримані натурні дані з солоності води наведені також у таблиці 1.1. (див.).

pH водних мас. Дослідження pH показали, що вода в усіх досліджених водоймах має лужний характер. При цьому мінімальні значення змінюються від 8,1–8,3 до максимальних – 8,5–8,9. Середні значення pH по всіх водоймах також мали лужний характер – 8,3–8,7.

Вважаємо, що відносно високі для осені й зими pH обумовлені аномально високими температурами води, а також інтенсивним для цього періоду розвитком фітопланктону (див. розд. 3), який є основним фотосинтетичним агентом досліджених водойм.

Для порівняння наших даних наведено й літературні за різні періоди досліджень упродовж 1980–початку та 1990-х років (Енаки, 1987; Гидроэкология ..., 1993). Цікаво відмітити, що в кінці ХХ ст. вода характеризувалась в основному як лужне середовище. Це підтверджують і мінімальні та максимальні величини рН упродовж 1983–2020 рр.

У цілому, багаторічні максимальні й середні дані рН за різні періоди досліджень наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Багаторічні дані з мінімальних і максимальних (min-max) величин рН придунайських озер у різні періоди досліджень

Озера	Періоди досліджень				
	1983–1985 рр.	1993 р.	2019 р.	2020 р.	min-max упродовж 1983–2020 рр.
Кугурлуй	8,2–9,7	6,8–8,4	–	$\frac{8,3-8,7}{8,6}$	6,8–9,7
Катлабух	8,4–9,5	7,6–8,8	–	$\frac{8,3-8,9}{8,7}$	7,6–9,5
Китай	7,4–8,9	7,5–9,2	$\frac{8,7-8,8}{8,7}$	$\frac{8,3-8,8}{8,6}$	7,4–9,2
Кагул	8,4–9,7	7,6–8,4	–	$\frac{8,2-8,7}{8,5}$	7,6–9,7
Картал	–	–	–	$\frac{8,1-8,6}{8,3}$	8,1–8,6
Ялпуг	–	–	–	$\frac{8,4-8,8}{8,5}$	8,4–8,8
Водосховище Сасик ²	–	–	$\frac{8,6-8,6}{8,6}$	$\frac{8,3-8,9}{8,5}$	8,3–8,9

Примітка. Дані за 1983 р. – (Енаки, 1987), за 1993 р. – (Гидроэкология ..., 1993), за 2020 р. – власні натурні дані. Дані за 2019 р. по водосховищу Сасик отримані на станції біля впадіння в нього Дунайського каналу.

Кисневий режим. Важливим інтегральним екологічним показником, що визначає функціонування всіх абіотичних і біотичних процесів, є кисневий режим.

Проведені натурні дослідження в осінньо-зимовий період показали, що абсолютний вміст розчиненого у воді кисню – у досить широких межах – від 9,1–9,8 до 14,2–17,1 мг $O_2/дм^3$, при цьому середні показники були досить високі – 9,8–16,4 мг $O_2/дм^3$. Відповідно, з урахуванням температури на станції відбору було й насичення води киснем від 0,1–99 до 132–161% з середніми значеннями 106–152%.

Отже, згідно з отриманими даними, в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр. кисневий режим досліджених водойм був позитивний, дефіциту кисню зафіксовано не було. Вважаємо, що такий хороший кисневий режим обумовлений осінніми і зимовими температурами (див. табл. 1.3.), відсутністю льодового покриву та інтенсивного розвитку фітопланктону – основного біологічного агента фотосинтетичного насичення води розчиненим киснем.

Для більш повного аналізу кисневого режиму крупних придунайських озер в таблиці 3 наведено літературні дані з абсолютного вмісту кисню в різні періоди досліджень: 1989–1990 і 1993 рр., які також вказують на хороший кисневий режим упродовж останнього десятиліття ХХ ст. Підтвердженням цього є й наведені за 1983–2020 рр. мінімальні й максимальні значення вмісту розчиненого у воді кисню, які свідчать про те, що практично за 40-річний період існування придунайських озер кисневий режим загроз для вегетації гідробіонтів різних трофічних рівнів і екологічних груп не реєструвалось.

Таблиця 1.3.

Багаторічні дані з мінімальних і максимальних (min-max) величин вмісту розчиненого у воді кисню (мг $O_2/дм^3$) придунайських озер в різні періоди досліджень

Озера	Періоди досліджень						
	1983–1990 рр.	1993 р.	2019 р.		2020 р.		min-max впродовж 1983–2020 рр.
			мг $O_2/дм^3$	%	мг $O_2/дм^3$	%	
Кугурлуй	8,8–11,5	8,4–13,5	–	–	$\frac{13,8-14,7}{14,1}$	$\frac{91-108}{99}$	8,4–14,7
Катлабух	6,8–25,3	7,6–17,6	–	–	$\frac{9,8-11,8}{11,5}$	$\frac{132-146}{140}$	6,8–25,3

Китай	7,4–10,7	7,8–17,5	$\frac{9,1-10,3}{9,8}$	–	$\frac{9,8-10,8}{10,4}$	$\frac{98-123}{112}$	7,4–17,5
Кагул	8,6–18,2	7,6–13,4	–	–	$\frac{15,8-17,4}{16,4}$	$\frac{147-161}{152}$	7,6–18,2
Картал	–	–	–	–	$\frac{10,1-10,7}{10,4}$	$\frac{129-134}{132}$	10,1–10,7
Ялпуг	–	–	–	–	$\frac{9,8-10,5}{10,2}$	$\frac{102-118}{111}$	9,8–10,5
Водосховище Сасик ³	–	–	$\frac{10,5-11,2}{10,8}$	$\frac{102-109}{106}$	$\frac{13,0-14,2}{13,9}$	$\frac{149-163}{156}$	10,5–14,2

Примітки:

1. Для 2019 і 2020 рр. крім абсолютного вмісту O_2 (мг/дм³) наведено й насичення води киснем з урахуванням поправки на температуру води в період відбору проб.
2. Дані за 1983 р. – (Енаки, 1987); за 1993 р. – (Гидроэкология ..., 1993), за 2019 і 2020 рр. – власні натурні дані.
3. Дані за 2019 р. по водосховищу Сасик отримані на станції біля впадіння в нього Дунайського каналу.
4. «–» – дані відсутні.
5. Мінімальні та максимальні значення абсолютного вмісту кисню для водосховища Сасик наведено тільки за даними 2019 і 2020 рр.

Біогенні речовини. Життєдіяльність автотрофної ланки водних екосистем, зокрема фітопланктону, фітомікробентосу, значною мірою забезпечується наявністю біогенних речовин, зокрема сполуками мінерального азоту (NH_4^+ , NO_3^-), фосфору (PO_4^{3-} розчин.), заліза ($Fe_{\text{розчин.}}$) і кремнія (Si^{4+}), з якого формуються кремнеземові стулки водоростей одного з домінуючих відділів – Bacillariophyta.

Аналіз багаторічних літературних даних з граничних і середніх концентрації біогенних речовин у воді великих придунайських озер (табл. 1.4.) наочно показує, що жоден з них не є лімітуючим чинником, відсутність якого може інгібувати розвиток компонентів автотрофної ланки.

Таблиця 1.4.

Багаторічна гранична й середня концентрація біогенних речовин та ПО, БО (мг О/дм³) у воді придунайських озер (Гидроэкология ..., 1993)

Водойма	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{3-} розчин.	$Fe_{\text{розчин.}}$	Si^{4+}	ПО	БО
Ялпуг	$\frac{0,000-0,720}{0,336}$	$\frac{\text{Сліди}-0,990}{0,185}$	$\frac{0,015-0,170}{0,052}$	$\frac{0,020-1,155}{0,111}$	$\frac{1,00-9,25}{4,10}$	$\frac{4,96-12,50}{7,21}$	$\frac{7,90-42,60}{17,2}$

Кугурлуй	<u>0,208–</u> <u>0,521</u> 0,338	<u>0,030–</u> <u>0,615</u> 0,203	<u>0,025–</u> <u>0,105</u> 0,047	<u>0,030–</u> <u>0,265</u> 0,121	<u>2,00–</u> <u>5,35</u> 4,10	<u>4,80–</u> <u>8,96</u> 7,46	<u>13,40–</u> <u>38,30</u> 21,20
Катлабуг	<u>0,360–</u> <u>1,062</u> 0,527	<u>Сліди –</u> <u>0,235</u> 0,118	<u>0,000–</u> <u>0,165</u> 0,066	<u>0,050–</u> <u>0,348</u> 0,177	<u>1,85–</u> <u>5,45</u> –	<u>6,80–</u> <u>17,00</u> 9,23	<u>13,90–</u> <u>32,40</u> 22,40
Китай	<u>0,390–</u> <u>0,758</u> 0,505	<u>0,020–</u> <u>1,330</u> 0,472	<u>0,017–</u> <u>0,180</u> 0,089	<u>0,095–</u> <u>0,325</u> 0,194	<u>1,40–</u> <u>8,50</u> 3,13	<u>9,28–</u> <u>17,30</u> 11,70	<u>13,40–</u> <u>56,00</u> 29,60
Кагул	<u>0,205–</u> <u>0,612</u> 0,384	<u>0,015–</u> <u>0,180</u> 0,086	<u>0,005–</u> <u>0,070</u> 0,030	<u>0,050–</u> <u>0,180</u> 0,111	<u>1,80–</u> <u>3,05</u> –	<u>4,56–</u> <u>7,04</u> 5,83	<u>8,93–</u> <u>26,90</u> 19,50

Примітка. Над рискою – мінімальні–максимальні величини, під рискою – середні.

У таблиці 1.4. (див.) також наведено величини перманганатної окиснюваності (ПО) й біхроматної окиснюваності (БО), які характеризують наявність у воді як легкоокиснюваних органічних речовин (за ПО), так і важкоокиснюваних (за БО).

Наведені дані показують, що водна товща всіх представлених озер досить багата на розчинні органічні речовини.

З низки наведених даних можна виділити оз. Китай, водна товща якого характеризується найвищим вмістом органічних речовин. Наведена максимальна величина БО (56,00 мг O_2 /дм³) вказує на дуже високий вміст органічних речовин. Виходячи з цього, можна припустити, що основна кількість органічних речовин – це процес окиснення біомаси фітопланктону, який інтенсивно вегетує в цьому озері, навіть в осінньо-зимовий період.

Таким чином, наведений аналіз літературних даних, а також власних натурних напрацювань в осінньо-зимовий період вказує на те, що за фізико-хімічними показниками масиви поверхневих вод у суббасейні крупних придунайських озер і водосховищі Сасик формують сприятливі умови для життєдіяльності гідробіонтів різних трофічних рівнів і екологічних груп, включаючи рибу.

У той же час аномальні зміни клімату можуть значною мірою порушити ці закономірності, особливо в літній період. Очевидно, що це вимагає додаткових експедиційних спостережень в весняно–літній період.

1.2. Фітопланктон суббасейну

У формуванні біологічного різноманіття крупних придунайських озер та водосховища Сасик провідне місце займає фітопланктон. Його видовий склад, таксономічне різноманіття, кількісний розвиток (величини чисельності та біомаси), структурна організація домінуючого комплексу визначає біоценотичні зв'язки водних екосистем, формує потоки енергії та колообіг речовин, визначає біоресурсний потенціал, який є основою природної кормової бази в системі «фітопланктон → зоопланктон → риби». Функціональні характеристики фітопланктону формують кисневий режим водних екосистем, визначають їхній самоочисний потенціал, що є основою якості води.

У той же час при масовому розвитку фітопланктон є основним біологічним агентом, що викликає «цвітіння» води, яке при досягненні евтрофного і тим паче гіперевтрофного стану є значною біологічною загрозою для функціонування гідробіонтів вищих трофічних рівнів – безхребетних планктону і бентосу, всіх видів риб, особливо оксифільних форм. При максимальному розвитку синьозелених водоростей (Cyanophyta), особливо з родів *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, у водну товщу виділяються альготоксини, які можуть спричиняти загибель гідробіонтів і риб. Таке інтенсивне «цвітіння» води вимагає проведення біомеліоративних робіт для покращення якості води, екологічного стану та запобігання біологічній загрозі водойм. Отже, встановлення структурних і функціональних показників фітопланктону є важливими показниками при визначенні біорізноманіття, якості води й екологічного стану екосистем крупних придунайських озер та водосховища Сасик.

1.2.1. Видовий склад і таксономічне різноманіття

Особливістю осінньо-зимового фітопланктону крупних придунайських озер і водосховища Сасик було високе видове багатство. Так, в альгологічних пробах у листопаді 2019 р. нараховувалось до 44–51 видових і внутрішньовидових таксонів (в. в. т.), а в лютому 2020 р. – до 43–64 в. в. т. в

озерах Китай і Ялпуг і до 45 в. в. т. у водосховищі Сасик. Мінімальною кількістю видів – 16–23 в. в. т. – характеризувалось видове багатство в озерах Картал і Катлабух. Усього видове багатство досліджуваних екосистем в осінньо-зимовий період складало 184 в. в. т. із восьми систематичних відділів водоростей. Наймасово (81, 60 і 23 в. в. т., що відповідно складало 44,33 і 13%) були представлені Bacillariophyta, Chlorophyta та Cyanophyta. В якості субдомінантів необхідно відмітити Euglenophyta – 12 в. в. т. (70% флористичного спектру) – репрезентативних індикаторів органічного забруднення води. Представники інших систематичних відділів – Dinophyta, Cryptophyta, Chytisophyta, Xantophyta – були представлені поодинокими видами, а в деяких озерах взагалі були відсутні. Відповідно, і у формуванні флористичного спектру їхня роль була мізерною.

1.2.2. Кількісні показники фітопланктону

Чисельність та її структура. Важливим кількісним показником, який характеризує фітопланктон, різноманіття його морфологічних, розмірних показників, є чисельність. Проведений аналіз її величин, структури, розподілу по досліджених водних об'єктах та вегетаційних сезонах дозволив встановити декілька важливих закономірностей, які підтверджують провідну роль фітопланктону в біологічному різноманітті великих придунайських озер та водосховища Сасик.

1. Високі величини чисельності в осінній період. Так, у листопаді 2019 р. чисельність складала 246573–360325 тис. кл/дм³, незважаючи на те, що температура води становила до +14°C.

2. Високими величинами чисельності (301642–678964 тис. кл/дм³) характеризувався зимовий фітопланктон озер Катлабух, Ялпуг, водосховище Сасик, мінімальними (2434041 тис. кл/дм³) – оз. Китай при температурі води +2,5°C.

Практично на порядок нижчими показниками чисельності характеризувались озера Картал, Кугурлуй, Кагул – 4834–8129 тис. кл/дм³. Але і така чисельність, яка перевищує кілька мільйонів клітин у дм³, є нетипово

високою для зимового періоду. Вважаємо, що такі високі показники чисельності фітопланктону обумовлені аномально теплою зимою, навіть потеплінням повітря до $+18^{\circ}\text{C}$ в Одеській області за декілька днів до наших досліджень.

3. Інтенсивний розвиток в осінній період *Cyanophyta* з часткою у фітопланктону, що складала до 84–95%.

Провідна роль *Cyanophyta* у формуванні чисельності належала і в зимовий період. Так, в озерах Катлабух, Ялпуг, Китай вони формували 77–98%, а у водосховищі Сасик – 94. При цьому навіть їхня мінімальна частка (29%) була в оз. Кагул та зростала до 43–50% в озерах Картал і Кугурлуй.

4. В якості субдомінантів за чисельністю реєструвалися:

– *Chlorophyta* з чисельністю до 22276–37583 тис. кл/дм³ із часткою, яка сягала до 20–41%; в озерах Кугурлуй і Кагул, де *Cyanophyta* було значно менше;

– *Bacillariophyta* з максимальною чисельністю до 21296–29949 (до 29–30%) також у вищенаведених озерах.

5. У цілому, за величинами чисельності осінньо-зимовий фітопланктон 2019–2020 рр. можна характеризувати як типово синьозелений із діатомово-зеленими ознаками.

Фактичні натурні дані за величинами чисельності (тис. кл/дм³), її структура у крупних придунайських озерах і водосховищі Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр. наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5.

Чисельність фітопланктону (тис. кл/дм³), її структура у великих придунайських озерах і водосховищі Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.

Відділи	листопад 2019 р.		лютий 2020 р.						
	Китай	Сасик	Китай	Сасик	Ялпуг	Каргал	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
Cyanophyta	<u>302453</u> 84	<u>234606</u> 95	<u>2378436</u> 98	<u>639706</u> 94	<u>257870</u> 85	<u>3520</u> 43	<u>3753</u> 50	<u>1400</u> 29	<u>27112</u> 77
Euglenophyta	<u>846</u> *	<u>2016</u> 1	<u>1866</u> *	<u>16</u> *	—	<u>17</u> *	—	<u>4</u> *	—
Dinophyta	—	<u>3</u> *	—	—	—	—	—	—	—
Cryptophyta	—	<u>48</u> *	—	—	—	—	—	—	—
Chrysophyta	<u>158</u> *	<u>480</u> *	—	—	<u>200</u> *	<u>3251</u> 40	<u>95</u> 1	—	—
Bacillariophyta	<u>738</u> *	<u>864</u> *	<u>29949</u> 1	<u>1659</u> *	<u>21296</u> 7	<u>330</u> 4	<u>2138</u> 29	<u>1467</u> 30	<u>1197</u> 3
Xanthophyta	—	—	—	—	—	—	—	<u>4</u> *	—
Chlorophyta	<u>56131</u> 16	<u>8736</u> 4	<u>23790</u> 1	<u>37583</u> 6	<u>22276</u> 7	<u>1012</u> 12	<u>1473</u> 20	<u>1960</u> 41	<u>6916</u> 20

Над рискою – чисельність відділу (тис. кл/дм³), під рискою – % від загальної чисельності, „*” – частка відділу менше 1%.

Біомаса. Енергетичною основою, що формує потоки енергії між фітопланктоном і гідробіонтами вищих трофічних рівнів та визначає інтенсивність фотосинтетичного насичення води киснем і колообіг речовин, є біомаса.

Натурними дослідженнями, проведеними в осінній і зимовий періоди 2019–2020 рр., було встановлено, що максимальні величини біомаси фітопланктону сягали 25,519–64,112 г/м³, а мінімальні були не нижчими – 1,578–3,271 г/м³. Зареєстровані натурні величини біомас як для осіннього, так і зимового періодів були досить високими, що, на нашу думку, пояснюється наступним:

- аномально високими температурами води, що значно перевищували кліматичну норму;
- відсутністю льодового покриву;
- достатньої кількості біогенних елементів (N, P) для забезпечення процесів первинного продукування;
- низькою інтенсивністю життєдіяльності гідробіонтів вищих трофічних рівнів (безхребетні, риби) в зимовий період, які споживають фітопланктон.

Аналіз структурної організації біомаси показав, що на відміну від чисельності, де домінували Cyanophyta, в її формуванні провідна роль належала водоростям трьох систематичних відділів – Cyanophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta. При цьому реєструвались:

- монодомінантні угруповання (в оз. Кугурлуй до 97% біомаси формували Bacillariophyta);
- олігодомінантні (в оз. Катлабух 60 і 30% формували Chlorophyta і Bacillariophyta);
- полідомінантні (в озерах Китай, Ялпуг основу біомаси формували Cyanophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta).

Очевидно, що встановлена дискретність у структурі біомаси є важливим адаптаційним природним механізмом, який у різнотипних водних екосистемах

(у даному випадку крупних придунайських озерах) сприяє формуванню високих величин біомаси.

У цілому, біомаса (г/м^3), її структура крупних придунайських озер і водосховища Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр. наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6.

Біомаса фітопланктону (г/м³), її структура у великих приднаїнських озерах і водосховищі Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.

Відділи	листопад 2019 р.		лютий 2020 р.						
	Китай	Сасик	Китай	Сасик	Ялпуг	Картал	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
Cyanophyta	<u>8,613</u> 52	<u>4,519</u> 22	<u>26,029</u> 41	<u>7,783</u> 40	<u>5,916</u> 23	<u>0,014</u> 1	<u>0,046</u> *	<u>0,004</u> *	<u>0,490</u> 9
Euglenophyta	<u>2,383</u> 14	<u>12,404</u> 61	<u>0,823</u> 1	<u>0,105</u> 1	—	<u>0,112</u> 7	—	<u>0,006</u> *	—
Dinophyta	—	<u>0,031</u> *	—	—	—	—	—	—	—
Cryptophyta	—	<u>0,026</u> *	—	—	—	—	—	—	—
Chrysophyta	<u>0,042</u> *	<u>0,123</u> 1	—	—	<u>0,068</u> *	<u>0,822</u> 52	<u>0,026</u> *	—	—
Bacillariophyta	<u>1,039</u> 6	<u>1,306</u> 6	<u>28,520</u> 44	<u>2,934</u> 15	<u>16,514</u> 65	<u>0,200</u> 13	<u>17,797</u> 99	<u>1,880</u> 57	<u>1,624</u> 31
Xanthophyta	—	—	—	—	—	—	—	<u>0,002</u> *	—
Chlorophyta	<u>4,521</u> 27	<u>1,860</u> 9	<u>8,742</u> 14	<u>8,637</u> 44	<u>3,021</u> 12	<u>0,429</u> 27	<u>0,179</u> 1	<u>1,379</u> 42	<u>3,124</u> 60

Над ризкою – біомаса відділу (г/м³), під ризкою – % від загальної біомаси, „*” – частка відділу менше 1%.

1.2.3. Різноманіття й структура домінуючого комплексу фітопланктону

Високе видове й таксономічне багатство фітопланктону визначає роль водної екосистеми, у той час як основні біологічні процеси формують домінуючі комплекси, тобто ядро альгоценозів, яке складається з видів водоростей з високими показниками чисельності чи біомаси. Важливо відмітити, що видовий склад і структура домінуючих комплексів, виділених за чисельністю чи біомасою, не завжди співпадає. Така структурно-видова відмінність є важливим адаптаційним чинником фітопланктону домінувати в біоценозах за впливом будь-яких екологічних чинників. Але виходячи з того, що біомаса є важливим енергетичним показником, визначає природну кормову базу безхребетних і риб, то домінуючий комплекс наводиться за біомасою. В результаті проведених розрахунків було встановлено, що домінуючий комплекс осінньо-зимового фітопланктону формували 23 види водоростей з п'яти систематичних відділів: Cyanophyta – 6 в. в. т. (24%), відповідно Euglenophyta – 1 (4%), Chrysophyta – 1 (4%), Bacillariophyta – 9 (28%) і Chlorophyta – 6 (24%). При цьому суттєвих відмінностей між домінантами виділеними за біомасою чи чисельністю не встановлено. Це вказує на те, що на розвиток фітопланктону досліджених екосистем впливають схожі чинники.

Аналіз структури домінуючих комплексів по досліджених водоймах показав, що він представлений полідомінантною структурою, що дозволяє фітопланктону займати провідне місце в біорізноманітті. Виключенням є тільки оз. Кугурлуй, де був зареєстрований олігодомінантний комплекс з двох крупноклітинних видів із відділу Bacillariophyta – *Cymatopleura elliptica* і *Pinnularia brebissonii*.

Отже, існування оліго- і полідомінантних комплексів навіть в осінньо-зимовий період вказує на провідну роль фітопланктону в досліджуваних водоймах.

У цілому, видовий склад і структура домінуючого комплексу крупних придунайських озер і водосховища Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр. наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7.

**Видовий склад і структура домінуючого комплексу за біомасою (г/м³) фітопланктону крупних
придунайських озер і водосховища Сасик в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.**

Види-домінанти	Листопад 2019 р.		Лютий 2020 р.						
	Китай	Сасик	Китай	Сасик	Ялпуг	Картал	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<u>1,673</u> 10	—	*	—	*	—	—	—	—
<i>Microcystis pulverea</i>	<u>1,718</u> 10	<u>1,721</u> 8	<u>13,440</u> 21	<u>1,019</u> 5	*	—	—	—	*
<i>Microcystis wesenbergii</i>	—	—	<u>4,339</u> 7	—	—	—	—	—	—
<i>Oscillatoria amphibia</i>	*	<u>1,039</u> 5	*	<u>1,797</u> 9	<u>3,595</u> 14	—	—	—	<u>0,300</u> 6
<i>Oscillatoria geminata</i>	<u>2,613</u> 16	*	*	—	—	—	*	—	—
<i>Pseudoholopedia convoluta</i>	<u>1,905</u> 11	—	—	<u>2,822</u> 15	—	—	—	—	—
<i>Euglena anabaena</i>	—	<u>10,710</u> 53	—	*	—	—	—	—	—
<i>Chrysococcus rufescens</i>	*	*	—	—	—	<u>0,755</u> 48	*	—	—
<i>Cyclostephanus dubius</i>	—	—	—	—	<u>3,544</u> 14	—	—	—	—
<i>Cyclotella planctonica</i>	—	—	—	—	—	<u>0,138</u> 9	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cymatopleura elliptica</i>	—	—	—	—	*	—	<u>12,278</u> 68	—	—
<i>Navicula gregaria</i>	—	—	—	—	—	—	*	*	<u>1,020</u> 19
<i>Navicula peregrina</i>	—	—	<u>8,478</u> 13	—	—	—	—	<u>0,247</u> 8	—
<i>Nitzschia vitrea</i>	—	—	—	—	—	—	—	<u>0,549</u> 17	—
<i>Pinnularia brebissonii</i>	—	—	—	—	—	—	<u>2,328</u> 13	—	—
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	<u>1,031</u> 10	*	—	—	—	—	—	—	*
<i>Synedra acus</i>	—	*	—	*	<u>8,321</u> 33	*	—	<u>0,165</u> 5	—
<i>Tryblionella levidensis</i>	—	—	—	<u>2,110</u> 11	<u>1,206</u> 5	—	*	—	—
<i>Chlamydomonas globosa</i>	*	—	—	*	*	<u>0,416</u> 26	—	—	—
<i>Chlamydomonas monadina</i>	—	—	<u>4,909</u> 8	—	—	—	—	<u>0,286</u> 9	<u>1,391</u> 27
<i>Coelastrum astroideum</i>	—	—	—	—	—	—	—	<u>0,495</u> 15	—
<i>Oocystis marssonii</i>	*	—	—	*	*	—	—	—	<u>0,453</u> 9
<i>Tetrastrum triangulare</i>	*	*	—	<u>3,301</u> 17	—	—	—	*	<u>0,713</u> 14

Над рискою – біомаса виду (г/м³), під рискою – % від загальної біомаси, „—” – вид на станції не зустрічався; „*” – вид на станції зустрічався, але до складу домінуючого комплексу не входив.

1.3. Фітомікробентос твердих субстратів

Згідно з положеннями Постанови Кабінету Міністрів № 758 від 19 вересня 2018 р., обов'язковим показником моніторингу є фітомікробентос та макрозообентос.

Встановлено, що в зимовий період 2020 р. різноманіття зимового фітомікробентосу становило 31 в. в. т., які відносились до двох систематичних відділів – Bacillariophyta (29 в. в. т. (94% флористичного різноманіття)) і Cyanophyta (2 в. в. т. (6%).

Провідна роль Bacillariophyta належала і за чисельністю, і біомасою фітомікробентосу: 7458 тис. кл/дм³ (82%) та 68,696 мг/10 см² (99%) відповідно.

У цілому, видове й таксономічне різноманіття, чисельність, біомасу й структуру зимового фітомікробентосу наведено в таблиці 1.8. У Додатку 1 разом з водоростями фітопланктону наведено систематичний список видів фітомікробентосу в лютому 2020 р.

Таблиця 1.8.

Видове й таксономічне різноманіття, чисельність, біомаса і структура фітомікробентосу твердих субстратів у лютому 2020 р.

Відділи	Таксономічне різноманіття, в. в. т.	Чисельність, тис. кл/10 см ²	Біомаса, мг/10 см ²
Cyanophyta	$\frac{2}{6}$	$\frac{7458}{18}$	$\frac{3,743}{5}$
Bacillariophyta	$\frac{29}{94}$	$\frac{33149}{82}$	$\frac{68,696}{99}$

Примітка. Над рисою – кількість видів, чисельність, біомаса відділу, під рисою – % від загальної кількості видів, чисельності, біомаси.

Домінуючий комплекс зимового фітомікробентосу був представлений полідомінантною структурою з 6 видів, 5 з яких (84% флористичного спектру) відносились до крупноклітинних, типово бентосних пенатних форм Bacillariophyta. Один вид був представлений Cyanophyta – *Aphanizomenon flos-*

aquae. Встановлений домінуючий комплекс із провідною роллю Bacillariophyta є типовим для водних екосистем, в яких домінують природні процеси.

У той же час знаходження у складі домінуючих видів фітомікробентосу *Aphanizomenon flos-aquae* – типового представника Cyanophyta, який є одним із основних збудників «цвітіння» континентальних водойм, дозволяє стверджувати, що в літній період цей вид зможе інтенсивно вегетувати у планктоні. А виходячи з того, що він здатний виділяти альготоксини, то його масове «цвітіння» може призвести до біологічної загрози для життєдіяльності гідробіонтів більш високих трофічних рівнів – безхребетних і риб. Також при масовому відмиранні і деструкції його біомаси може формуватись задуха та погіршитись якість води. Очевидно, що єдиним засобом боротьби з цією потенційною біологічною загрозою є біомеліорація через вселення рослиноїдних риб, у першу чергу, білого товстолика.

У цілому, видовий склад і структуру домінуючого комплексу зимового фітомікробентосу наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9.

**Видовий склад і структура домінуючого комплексу фітомікробентосу
твердих субстратів у лютому 2020 р.**

Види-домінанти	Біомаса, мг/10 см ²
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<u>3,532</u> 4
<i>Cymbella helvetica</i>	<u>23,910</u> 34
<i>Cymbella lanceolata</i>	<u>7,473</u> 11
<i>Navicula crucicula</i>	<u>5,640</u> 8
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<u>4,535</u> 7
<i>Synedra ulna</i>	<u>7,234</u> 10

Примітка. Над рискою – біомаса виду-домінанта, під рискою – % від загальної біомаси.

1.4. Макрозообентос

Основу зообентосу формують молюски з родів *Monodacna* і *Dreissena*, олігохети, тендепедіди, інші групи організмів – поліхети, гамариди, корофіїди виступали в ролі субдомінантів.

Показники кількісного розвитку зообентосу суттєво коливались по різних ділянках озера. Так, у верхній ділянці чисельність складала 0,20–3,90 тис. екз/м², а біомаса – 0,40–812,10 г/м², а в нижній – 0,65–0,85 тис. екз/м² і 11,70–75,70 г/м² (Дунай и придунайские водоемы..., 1961; Гидроэкология ..., 1993).

Виходячи з цих даних, розрахована загальна величина біомаси по озеру складає 91702,9 ц/озеро при середній біомасі 889,4 кг/га.

Подальші дослідження зообентосу показали, що чисельність коливалась у межах 1,32–2,01 тис. екз/м², і біомаса досягала 32,6–42,2 г/м². При цьому в зообентосі продовжують домінувати молюски – до 81,8–84,0% (Джуртубаев, Заморов, 2007; Джуртубаев, Джуртубаев, Заморова, 2010).

Отже, на придунайських озерах формується „залишкова” біомаса, яка не в повній мірі використовується рибами-бентофагами та при розкладанні якої у водну товщу надходить додаткова органічна речовина, що погіршує кисневий режим, збільшує органічне забруднення водних мас, погіршує якість води, особливо в осінньо-зимовий період.

За кількісним розвитком зообентосу, як основи кормової бази риб-бентофагів, можна констатувати про її значний біологічний потенціал, який не використовується як кормовий ресурс для живлення риб, які на сьогодні є в озері. Можна чітко стверджувати про можливість проведення біомеліоративних робіт шляхом вселення в озеро риб-бентофагів, зокрема коропа і чорного амура.

Таким чином, проведення біомеліоративних робіт покращить не тільки якість води придунайських озер, а й екологічну ситуацію в цілому.

1.5. Органічний детрит і зоопланктон

Важливим компонентом водних екосистем, який слугує харчовим ресурсом для планктонних ракоподібних і риб–планктонофагів є органічний детрит.

Детрит – це завислі у воді органічні залишки відмерлих і не повністю розчинених у воді водоростей, грибів, безхребетних, вищих водяних рослин. Разом з тим на органічному детриті масово розвиваються бактерії, тому цей органо–бактеріальний комплекс має високу калорійність і поживність, а також відіграє певну роль в процесах самоочищення–самозабруднення, які визначають якість водних мас. З цієї точки зору важливим є відділення органічного детриту від мінеральних часток. Застосована методика по розділенню органічного детриту і мінеральних зависей (Shcherbak et al, 2016), показала, що зависі складаються з основної органічної частини і незначної неорганічної частини, що потрапляє у водойму з абразивних берегів, донних відкладів, скаламучується при перемішуванні водних мас та стоку з прилеглих територій. В табл. 1.10. приведено якісний склад часток зависей в водній товщі досліджених дунайських водойм в лютому 2020 р. Із наведених даних чітко видно, що в зависях дунайських водойм на 84–99% домінує органічний детрит, доля мінеральних комплексів мізерна.

З точки зору трофічної цінності органічного детриту як харчового ресурсу, його доступності та елективності для безхребетних і риб важливим є оцінка його розмірних характеристик.

Проведений відповідний аналіз дозволив ранжувати частки органічного детриту на чотири фракції – мінімальних розмірів до – менше 30 мкм, які в найбільшій мірі споживаються зоопланктоном, до максимальних – більше 101 мкм, які входять в основному до харчового ресурсу риб–детритофагів. В основу цієї градації була покладена оцінка елективності харчового ресурсу гіллястих і веслоногих ракоподібних (Щербак, Жданова 1990) і харчування риб (Правдин, 1966).

Результати ранжування часток органічного детриту, їх розмірні характеристики та відсоткове співвідношення представлено в табл. 1.11.

Таблиця 1.10.

Якісний склад часток зависей у водній товщі Дунайських водойм в лютому 2020 р.

Завислі частки	Китай	Сасик	Ялпуг	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
Детрит	$\frac{270,0}{87}$	$\frac{82,0}{95}$	$\frac{164,0}{99}$	$\frac{134,0}{97}$	$\frac{450,4}{99}$	$\frac{402,0}{84}$
Мінеральні частки	$\frac{42,0}{13}$	$\frac{4,0}{5}$	$\frac{1,2}{1}$	$\frac{4,0}{3}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{78,0}{16}$
Σ	$\frac{312,0}{100}$	$\frac{86,0}{100}$	$\frac{165,2}{100}$	$\frac{138,0}{100}$	$\frac{451,2}{100}$	$\frac{480,0}{100}$

Примітка. Над рискою – кількість часток зависей даної групи в 1 дм³ (тисяч часток/дм³), під рискою – % від загальної кількості часток.

Таблиця 1.11.

Ранжирування часток органічного детриту водної товщі Дунайських водойм за розмірними характеристиками в лютому 2020 р.

Клас	Розміри, мкм	Китай	Сасик	Ялпуг	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
I	< 30	$\frac{186,0}{60}$	$\frac{56,0}{65}$	$\frac{160,0}{97}$	$\frac{108,0}{78}$	$\frac{430,0}{95}$	$\frac{174,0}{36}$
II	31–70	$\frac{84,0}{27}$	$\frac{26,0}{30}$	$\frac{4,0}{2}$	$\frac{26,0}{19}$	$\frac{20,4}{5}$	$\frac{228,0}{48}$
III	71–100	$\frac{12,0}{4}$	$\frac{4,0}{5}$	$\frac{1,1}{1}$	$\frac{*}{*}$	$\frac{0,6}{*}$	$\frac{48,0}{10}$
IV	> 101	$\frac{30,0}{10}$	$\frac{*}{*}$	$\frac{0,2}{*}$	$\frac{4,0}{3}$	$\frac{0,2}{*}$	$\frac{30,0}{6}$
Σ	–	$\frac{312,0}{100}$	$\frac{86,0}{100}$	$\frac{165,2}{100}$	$\frac{138,0}{100}$	$\frac{451,2}{100}$	$\frac{480,0}{100}$

Примітка. Над рискою – кількість часток зависей даної розмірної фракції в 1 дм³ (тисяч часток/дм³), під рискою – % від загальної кількості часток, * – менше 1%.

Наведені дані наглядно показують, що основна кількість часток органічного детриту від 36–60% і до 95–97% представлена найменшою розмірною фракцією, яка входить в раціон гіллястих і мирних веслоногих рачків, особливо на перших ювенальних стадіях *Copepoda*. Більш крупні частки детриту входять до харчового спектру риб–планктонофагів і риб–детритофагів.

В якості прикладу, що ілюструє детрит як харчовий ресурс приводиться схема трофічних відносин у водній товщі (рис. 1.1.).

Виходячи з даних приведених в табл. 1.10. і 1.11. можна стверджувати, що як зоопланктон, так і риби–детритофаги в досліджених придунайських водоймах в значній мірі забезпечені харчовим ресурсом через споживання органічного детриту.

Високий харчовий потенціал, до складу якого входить і органічний детрит, забезпечує харчові потреби безхребетних навіть у зимовий період в крупних придунайських озерах, що і підтверджують літературні дані (табл. 1.12.).

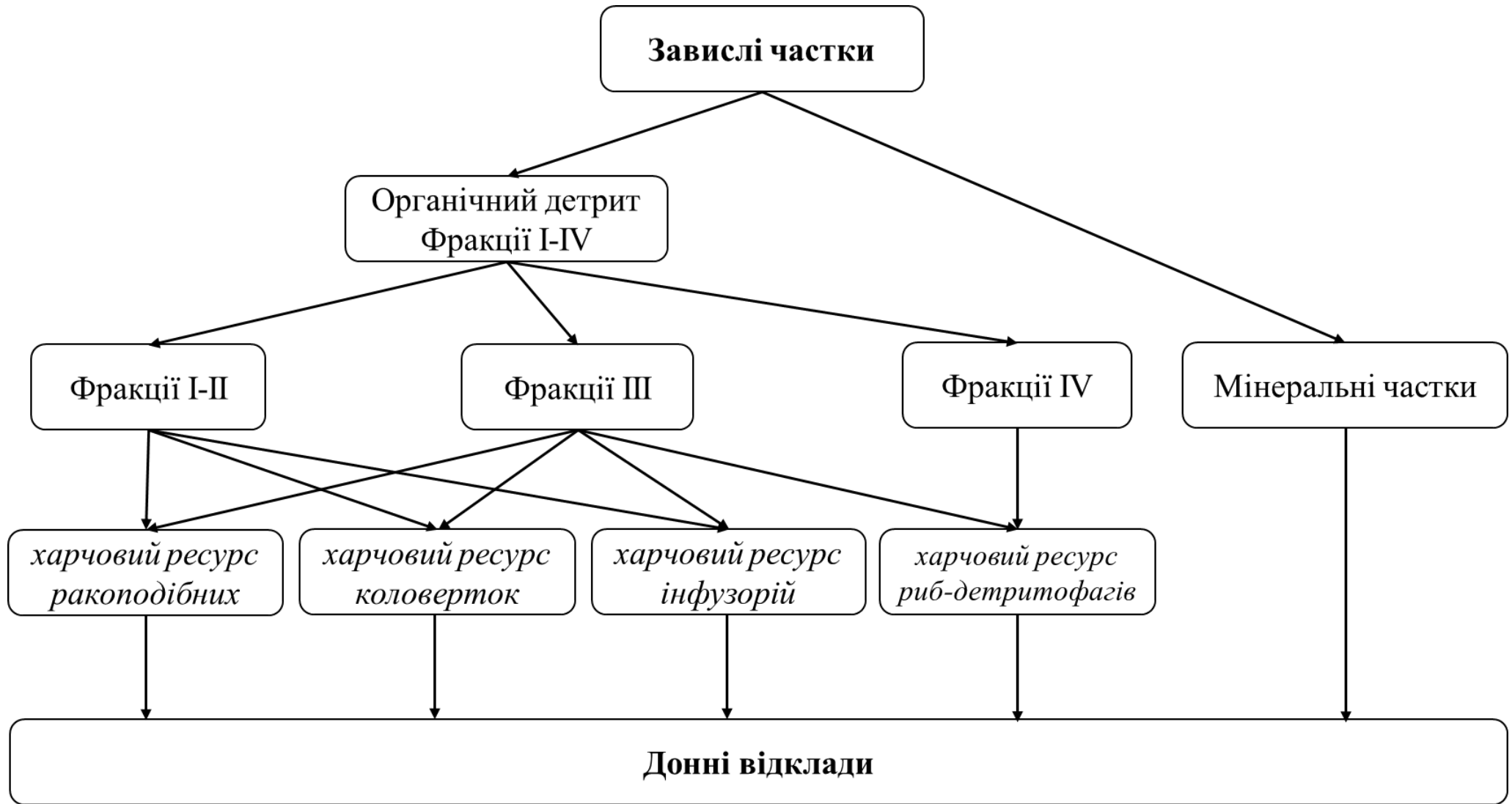


Рис. 1.1. Загальна схема трофічної ролі детриту в озерних екосистемах

Таблиця 1.12.

Видовий склад зимового зоопланктону придунайських озер

(згідно з (Гидроэкология ..., 1993))

Група, вид	Китай	Катлабуг	Ялпуг	Кугурлуй	Кагул
Rotifera	<u>393,0</u> 0,19	<u>341,0</u> 0,17	<u>13,0</u> 0,01	<u>63,0</u> 0,02	<u>59,0</u> 0,04
<i>Brachionus angularis</i>	114,0	160,0	0,1	0,3	3,0
<i>B. calyciflorus</i>	4,0	0,8	–	–	–
<i>Rhinoglena frontalis</i>	218,0	122,0	12,0	13,0	44,0
<i>Polyarthra remata</i>	41,0	34,0	0,3	45,0	10,0
<i>Keratella quadrata</i>	14,0	2,0	0,1	1,1	1,3
<i>Notholca squamula</i>	–	14,0	–	1,1	0,1
<i>Filinia passa</i>	0,9	7,0	–	–	0,2
Copepoda	<u>1,0</u> 0,01	<u>132,0</u> 0,16	<u>7,0</u> 0,01	<u>17,0</u> 0,02	<u>29,0</u> 0,03
Nauplii	0,7	125,0	6,0	16,0	28,0
<i>Cyclopoida</i> juv.	0,2	1,7	0,1	0,1	0,1
<i>Calanoida</i> juv.	–	0,1	–	0,1	–
<i>Heteroscope caspia</i>	0,1	5,5	0,1	0,1	–
Cladocera	–	<u>1,0</u> 0,01	–	<u>1,0</u> 0,01	–
Усього	<u>394,0</u> 0,20	<u>474,0</u> 0,34	<u>20,0</u> 0,02	<u>81,0</u> 0,05	<u>88,0</u> 0,07

Примітка. Над рискою – чисельність, тис. екз./м³, під рискою – біомаса, г/м³.

Важливо підкреслити, що натурні дані отримані нами в лютому 2020 р. показують, що навіть в зимовий період в зоопланктоні досліджених озер вегетують представники класу Rotatoria, зокрема *Trichocerca* sp., *Platyias* sp., представники Ciliatia.

Також в зимовому планктоні безхребетних зустрічаються види ракоподібних види з підряду Cladocera (роди *Bosmina* і *Ceriodaphnia*) і підкласу Copepoda. Останні також представлені численними наупліями різних стадій (I–III), що є типовим явищем для зимового планктону ракоподібних.

Отже, зимовий зоопланктон є важливим компонентом біорізноманіття та харчовим ресурсом в трофічних зв'язках суббасейну придунайських озер.

1.6. Якість водного середовища та екологічний стан крупних придунайських озер

Виходячи з того, що дослідженнями було охоплено озерний суббасейн – басейн шести великих придунайських озер та водосховище Сасик, – функціонування якого впливає на комплекс як природних, так і антропогенних чинників, нагальною проблемою є оцінка якості води досліджуваних водойм та екологічного стану в цілому як наукової складової до формування Плану дій з охорони, збереження, невиснажливого природокористування та проведення необхідних біомеліоративних робіт з відновлення природного стану.

Отже, актуальною екологічною проблемою є встановлення якості водного середовища:

- за біоіндикаційними характеристиками фітопланктону – основного біологічного компонента досліджених водойм;
- за його структурно-функціональними показниками з використанням методу Пантле-Букк у модифікації Сладечека.

Оцінка якості води за видами-індикаторами. Для встановлення репрезентативності отриманих даних було визначено співвідношення між видами-індикаторами сапробіологічної якості води та їхнім загальним видовим різноманіттям.

Встановлено, що рясність видів-індикаторів різних зон сапробності осінньо-зимовий період (від χ -о – «чисті – дуже чисті» до α -р – «брудні – дуже брудні») становило 98 видових і внутрішньовидових таксонів, що складає 52% від загального видового багатства фітопланктону.

Отже, проведення сапробіологічної оцінки якості вод суббасейну придунайських великих озер за видами-індикаторами органічного забруднення дозволяє отримати репрезентативні дані.

Встановлено, що види-індикатори осінньо-зимового фітопланктону розподілилися по п'яти зонах сапробності: від о-сапробів (дуже чисті води) до

ρ -сапробів (дуже брудні води). Але при цьому розподіл видів-індикаторів по зонах сапробності, а отже, і якості води, був різним.

Так, найбільша кількість видів – від 4–12 в. в. т. (50–67% від загальної кількості видів-індикаторів) в озерах Картал та Кугурлуй до 24–33 в. в. т. (73–80%) у водосховищі Сасик і оз. Ялпуг. Важливо відмітити, що статистично достовірної різниці у розподілі β -мезосапробних видів по досліджених водоймах не встановлено. Це дозволяє стверджувати, що суттєвої різниці в якості води в озерному суббасейні встановлено не було, а отже в осінньо-зимовий період відсутній зимовий антропогенний вплив.

На другому місці були види-індикатори χ -о-сапробних зон (дуже чисті – чисті води) – 1–9 в. в. т. (5–22% від загальної кількості видів-індикаторів).

Ще в меншій кількості – 1–5 в. в. т. (7–20%) – були представлені види-індикатори α - ρ -сапробної зони (брудні – дуже брудні води). Виключенням є оз. Картал, в якому індикатори ρ - α -сапробних зон були відсутні.

Отже, отримані дані наочно вказують на те, що якість води досліджених водойм характеризуються як «помірно забруднена», відноситься до β -мезосапробної зони.

У цілому, виходячи з отриманих даних з якості води, що визначалась двома методами – за видами-індикаторами органічного забруднення і методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека, в межах β -мезосапробної зони (помірно забруднені води) по зростанню органічного забруднення можна ранжувати наступним чином: оз. Картал > водосховище Сасик > оз. Ялпуг > оз. Кугурлуй > оз. Кагул > оз. Китай > оз. Катлабух.

Очевидно, що покращення якості води і зниження органічного забруднення досліджених водойм позитивним буде проведення біомеліоративних маніпуляцій для видалення з водних екосистем біомаси фітопланктону чи вищих водяних рослин.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИ І МАТЕРІАЛИ НАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРИРОДНО-ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

Методи натурних досліджень включають комплекс різнопланових досліджень:

I. Польові:

- дослідження біотичних характеристик (відбір проб гідробіонтів);
- визначення абіотичних характеристик екосистеми ВОУ, до яких належать гідрологічні, гідрохімічні, гідрофізичні.

II. Лабораторні:

- гідрохімічний лабораторний аналіз;
- камеральне опрацювання проб гідробіонтів;
- аналіз, узагальнення отриманих натурних даних.

Польові методи досліджень

Польові дослідження проводились на ВОУ у березні – грудні 2019 та у лютому 2020р. Протягом експедиційного виїзду на кожній станції спостереження проводили вимір основних середовищеутворюючих абіотичних характеристик екосистем ВОУ (температура води, прозорість води за диском Секкі, абсолютний і відносний вміст розчинного у воді кисню), відбирали проби води для визначення її гідрохімічного складу та проводили відбір проб гідробіонтів різних трофічних рівнів та екологічних груп (фітопланктон, макрофіти, фітомікроепіфітон, зоопланктон, зооперифітон, зообентос, бактеріальні угруповання, іхтіофауна).

Абіотичні характеристики

Температуру води вимірювали для поверхневих, середніх і придонних горизонтів водної товщі за допомогою ртутного водного термометра з ціною ділення $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Прозорість води оцінювали за диском Секкі. Цей метод дозволяє оцінювати потужність фотичної зони і полягає у встановленні глибини, на якій занурений у воду диск Секкі перестає бути видимим. Вимірювання проводили з тіньового боку човна.

Вміст розчинного кисню визначали методом Вінклера. Для цього відбирали проби води у кисневі склянки місткістю 100-110 мл з притертими пробками за допомогою батометра Руттнера. Для фіксації розчинного кисню в склянку додавали по 1 мл хлористого марганцю і лужного розчину йодистого калію. Осаду, що утворився давали відстоятися не менше 10 хв.

До необхідних сьогоденних польових аналізів входило йодометричне визначення вмісту розчинного кисню. Розчин у кисневих склянках підкислювали, додаючи 2 мл сірчаної кислоти з концентрацією 1:1 для розчинення осаду. У присутності надлишку йодистого калію в склянках утворювався йод, кількість якого була еквівалентною вмісту розчинного кисню і визначалась методом титрування розчином тіосульфату (Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод, 2006).

Під час польових досліджень було також використано універсальний комплексний прилад *Combo Water Quality Meter*, модель 8603 з метою оцінки температури, рН, електропровідності, мінералізації, вмісту розчинного кисню у воді безпосередньо у місцях відбору.

Відбір проб води для визначення її *гідрохімічного складу* проводили відповідно до загальноприйнятих методів (Алекин, 1970). Гідрохімічний аналіз включав визначення таких показників:

- загальна мінералізація води (сума іонів);
- іонно-сольовий склад: вміст сульфат-іонів (SO_4^{2-}), хлорид-іонів (Cl^-), гідрокарбонатів (HCO_3^-), катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} ;
- вміст біогенних елементів: неорганічних сполук азоту (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) і фосфору (PO_4^{3-});
- біхроматна і перманганатна окиснюваність (БО і ПО).

Біотичні характеристики

Відбір проб фітопланктону

Відбір проб для визначення видового складу і кількісного розвитку фітопланктону проводили батометром Руттнера. Для врахування вертикальної динаміки водоростей і мінімізації похибки, зумовленої їх міграцією в товщі води, проби фітопланктону відбирали з поверхневого і придонного горизонтів водної товщі. Проби відбирали і зберігали в пластикових пляшках, пронумерованих і відкаліброваних на 0,5 дм³. Для консервації водоростей планктону з метою їх подальшого камерального опрацювання використовували 40% розчин формальдегіду із розрахунку 1:100, проби щільно закривали кришками і ставили в темний ящик (Щербак, 2002).

Інтенсивність первинної продукції фітопланктону розраховували за вмістом кисню та із врахуванням прозорості води для оцінки потужності фотичної зони (Щербак, 2002).

Відбір проб макрофітів

Відбір проб макрофітів для визначення їх видового складу, фітомаси і продукції здійснювали на облікових ділянках площею 0,25 м².

У процесі обробки проби рослин відмивали від бруду і звільняли, наскільки це можливо, від наростань. Рослини складали у поліетиленові мішки і транспортували в лабораторію (Методи, 2006).

Відбір проб фітомікроепіфітону

Проби фітомікроепіфітону відбирали із домінуючих видів занурених ВВР у ВОУ: рдесника пронизанолистого, водопериці колосової, різухи морської і валіснерії спіральної. Фрагменти рослин обережно зрізали під водою, вміщували в широкогорлі склянки, заливали дистильованою водою і консервували 40% розчином формальдегіду із розрахунку 1:20. Кожну пробу супроводжували етикеткою (Методи, 2006).

Продукцію фітомікроепіфітону на домінуючих видах ВВР визначали склянковим методом у кисневій модифікації (Жукова, 2005).

Відбір проб зоопланктону

Проби зоопланктону відбирали шляхом зачерпування води з поверхневого горизонту водойм з проціджуванням через планктонну сітку Джеді з млинового сита № 62. Сконцентрований у стаканчику сітки зоопланктон зливався у скляну банку місткістю 100 см³ і консервувався 40% розчином формальдегіду із розрахунку 1:10. Кожна відібрана проба супроводжувалась етикеткою (Методи, 2006).

Відбір проб зообентосу і зооперифітону

Проби зообентосу і зооперифітону відбирали за допомогою малого дночерпака Петерсена, промивали через спеціальний сачок, переливали до широкогорлої склянки об'ємом 0,5 дм³ і консервували 40% розчином формальдегіду з розрахунку 1:10 (Методические рекомендации..., 1984).

Польове дослідження бактеріальних угруповань

Проби бактеріопланктону, бактеріобентосу, бактеріоперифітону для визначення структурних показників бактеріальних угруповань (чисельності, морфологічних характеристик) та інтенсивності бактеріальної деструкції відбирали у стерильні склянки з притертою пробкою. Пробка закривалась стерильним поліетиленовим ковпачком і зав'язувалась ниткою.

Польове дослідження іхтіофауни

Лови було здійснено за участю співробітників Кілійського МУВГ наступними знаряддями: підхват 70 на 80 м, вічко 60 мм, а також ставні сітки 22 шт. (довжина 90 м, висота 4 м, що були розташовані наступним чином: ПК 882-890 – 8 сіток, ПК 922-930 – 7 сіток, ПК 945-952 – 7 сіток). Параметри сіток наступні: з вічком 50 мм – 1 сітка, 60 мм – 3 шт., 75мм – 5 шт., 13 шт – 80 мм, а також ставні сітки довжиною 75 м, висота 1,8 м, вічко 45мм – 5 шт.

Лабораторні методи досліджень

Лабораторне дослідження фітопланктону

Для камерального дослідження проб фітопланктону проводилось їх згущення методом седиментації. Проби відстоювались протягом 2 тижнів у затемненому прохолодному місці, після чого воду над водоростями, що осіли, збирали спеціальним сифоном, залишаючи над осадам шар води 5–8 см.

Залишок проби об'ємом не менш ніж 100 см^3 переливали у посуд меншої місткості і починали їх мікроскопування.

Мікроскопування фітопланктону здійснювали під світловим мікроскопом марки Carl Zeiss при величині окуляра К $7\times$, об'єктива – $\times 20$, для більш точного визначення – величина окуляра К $9\times$, а об'єктива – $\times 40$. Для встановлення видової приналежності дрібноклітинних форм діатомових і синьозелених водоростей використовувався імерсійний об'єктив – $\times 90$. Визначення видового складу проводилося за допомогою визначників прісноводних водоростей. Підрахунок чисельності водоростей проводився в лічильній камері Нажотта об'ємом $0,02 \text{ см}^3$. Чисельність фітопланктону перераховували на 1 дм^3 води згідно з загальноприйнятою формулою (Щербак, 2002).

Біомаса водоростей визначалася розрахунково-об'ємним методом. Для цього підраховували чисельність конкретного виду і вимірювали об'єми клітин водоростей стереометричним методом, в основі якого лежать прирівнювання форм водоростей до геометричних тіл, подібних до даної морфологічної форми: куля, паралелепіпед, циліндр, конус, октаедр тощо, і розрахунок їх об'єму за загальноприйнятими геометричними формулами (Щербак, 2006). Вимірювання лінійних розмірів водоростевих клітин (радіус, діаметр, висота, довжина) виконувалося за допомогою окуляр-мікрометра з вимірювальною лінійкою. Відносна густина прісноводних водоростей в залежності від систематичного відділу до води приймалася за 1,00–1,05.

Видами-домінантами вважали види, чисельність чи біомаса яких складала не менш ніж 10% від загальної чисельності (біомаси) проби фітопланктону (Щербак, Кузьменко, 1984).

При визначенні запасів фітопланктону ВОУ середню біомасу фітопланктону за різних варіантів його розвитку перемножували на загальний об'єм води у водоймах. Для розрахунку вмісту білків, жирів і вуглеводів співвідношення сухої і сирої біомаси фітопланктону при домінуванні синьозелених водоростей було прийнято за 1:14 (Іванов, 1968); Енергетичну

цінність сирої біомаси фітопланктону було прийнято за 0,8 ккал/г (Михеева, 1970).,

Лабораторні дослідження макрофітів

У лабораторії макрофіти за допомогою фільтрувального паперу звільняли від зайвої води і зважували на технічних терезах, визначаючи їх сиру фітомасу. Потім макрофіти висушували у сушильній шафі за температури 105°C до постійної ваги, охолоджували в ексікаторі і зважували на аналітичних терезах для визначення абсолютно-сухої маси (Методи, 2006). Сиру і абсолютно-суху фітомасу перераховували на 1 м².

Запаси фітомаси макрофітів визначали за середньою для виду фітомасою і приблизною площею, яку вони займають у водоймі.

Для розрахунку біопродукційного потенціалу вищих водяних рослин використовували Р/В-коефіцієнт 1,1 × рік. Р/В-коефіцієнт нитчастих водоростей було прийнято за 16,5 × рік (Растительность, 1989).

Енергетичну цінність біомаси вищих водяних рослин і нитчатих водоростей було прийнято за 4 ккал/г сухої маси (Киевское водохранилище, 1972).

Лабораторні дослідження фітомікроепіфітону

У лабораторних умовах із зібраних фрагментів рослин щіточкою ретельно змивали обростання. Відмиті від епіфітів фрагменти рослин висушували у сушильній шафі за температури 80–105°C до постійної маси, потім зважували на аналітичних вагах з метою подальшого перерахунку кількісних показників (чисельність, біомаса) водоростей обростань на одиницю абсолютно-сухої маси рослин-субстратів за загальноприйнятою формулою (Костикова, 1977; Методи, 2006).

Розрахунки запасів фітомікроепіфітону, його середню біомасу визначали перемножуванням на запаси фітомаси ВВР у ВОУ.

Для розрахунку вмісту поживних речовин у фітомікроепіфітоні (білків, жирів, вуглеводів) співвідношення його сухої і сирої біомаси при домінуванні

діатомових водоростей було прийнято за 1:10. Енергетичну цінність сирової біомаси фітомікроепіфітону приймали за 0,8 ккал/г (Макаревич, 1985).

Лабораторні дослідження зоопланктону

Відібрані проби зоопланктону опрацьовувались під біокуляром МБС-9 у камері Богорова. Визначався видовий склад всіх організмів у пробі за допомогою визначників, з підрахуванням кількості представників кожного виду. Для визначення біомаси чисельність виду перемножувалась на його стандартну індивідуальну масу. Чисельність і біомасу зоопланктону перераховували на 1 м³ (Киселев, 1969).

Лабораторні дослідження зообентосу і зооперифітону

У лабораторії усі організми, знайдені в пробі, розбирались за систематичними групами, далі проводилось визначення окремих видів, і підраховувалась загальна кількість тварин у кожному таксоні. Отримані дані сумувались і таким чином визначалась чисельність усіх організмів в пробі. Далі проводився перерахунок чисельності на 1 м² площі дна.

Біомаса крупних представників зообентосу і зооперифітону визначалась зважуванням після обсушування на фільтрувальному папері на торзійних терезах (великі організми зважувались на аптекарських терезах). Отримана сумарна біомаса перераховувалась на 1 м² площі дна (Кафтанникова, Протасов, 1978).

Лабораторні дослідження бактеріальних угруповань.

Структурні показники бактерій (чисельність, морфологічні характеристики) визначали методом світлооптичної мікроскопії. Мікроорганізми концентрувались на поверхні мембранних фільтрів і забарвлювались барвниками. Використовувався імерсійний об'єктив $\times 100$, окуляр 10 $\times$ (Методи, 2006).

Лабораторні дослідження іхтіофауни.

Морфологічний аналіз. Морфометрія здійснювалася за стандартною методикою (Правдин І. Ф., 1966). В морфометричний аналіз були включені наступні 20 пластичних ознак: L - максимальна довжина; l - промислова

довжина; г - довжина риля; о - діаметр ока; ро – заочноямкового відділу голови; с - довжина голови; hс - висота голови у потилиці; Н - найбільша висота тіла; h - найменша висота тіла; aD - антедорсальна відстань; pD - постдорсальна відстань; pl - довжина хвостового стебла; lD - довжина основи спинного плавця; hD - найбільша висота спинного плавця; lA - довжина основи анального плавця; hA - найбільша висота анального плавця; lP – довжина грудного плавця; lV - довжина черевного плавця; PV - відстань між основами грудного і черевного плавців; AV - відстань між основами черевного і анального плавців. Крім того, аналізувалися і меристичні ознаки: D - кількість гіллястих променів у спинному плавці; A - кількість гіллястих променів в анальному плавці; P - кількість променів в грудному плавці; V - кількість променів в лівому черевному плавці; l.l. - кількість лусок в бічній лінії; sp. br. - кількість зябрових тичинок на першій зябровій дузі з лівої сторони тіла.

Біологічний аналіз. Стать особин визначалася за наявністю жіночих або чоловічих органів, статева зрілість - за розвитком статевих продуктів та гонад.

Електрофоретичний аналіз. Риба привозилася в лабораторію в живому стані, де проводився відбір проб м'язів і крові для біохімічного генного маркування. Для електрофоретичного аналізу відбиралися шматочки спинних м'язів, які перед електрофорезом заливалися розчином 10% сахарози і бромфенолового синього. Проби настоювалися не менше ніж 12 годин, після чого отриманий розчин використовувався для дослідження. Якщо електрофоретичний аналіз не проводився в день препарування матеріалу, проби заморожувалися. Також для електрофоретичного аналізу відбиралася кров у риб з серцевої сумки, кров готували до електрофорезу за описаною вище схемою.

Електрофоретичному аналізу в 7,5% поліакриламідному гелі в трис-ЕДТА.Na2-боратній рН 8,5 системі (F.C. Peacock, S.L. Bunting, K.G., 1965) були піддані ферменти, які кодується діагностичними для карасів локусами (Межжерин С.В., Кокодий С.В., Павленко Л.И., 2007), а саме: аспартатамінотрансферази (Aat-1, Aat-2) (час разгонки білків 2,5 години), які

кодують розчинну і мітохондріальну форми; глюкозофосфатізомерази (Gpi-1, Gpi-2), лактатдегідрогенази (Ldh A, Ldh-B) (час разгонки білків 1,5 години), неспецифічні естерази (Es-1, Es-2) (час разгонки білків 2,5 години), загальний білковий спектр м'язів (Pt-1, Pt-2, Pt-3, Pt-4), а також білки крові - гемоглобіни (Hb) і трансферин (Tf) розганялися протягом 2,5 годин. Фарбування ферментів і гелів на загальний білок проводилося за стандартними методиками (Harris H., Hopkins D.A., 1976).

Цитометричний аналіз. Плоїдність карасів визначалася методом цитометрії, надійність якого підтверджена багатьма дослідниками (Васильев В. П. 1985., А. И. Горюнова, 1960, С. В. Межжерин, Т. Ю. Чудакова, 2001, — №9. — С.153—157.; Межжерин С.В. Генетическая структура популяций карасей (Cypriniformes, Cyprinidae, Carassius L., 1758), населяющих водоемы Среднеднепровского бассейна / С.В. Межжерин, И.Л. Лисецкий // Цитология и генетика. — 2004. — Т.38. — №5. — С.45— 54.; Черфас Н. Б. Естественная триплоидия у самок однополых формы серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch.) / Н. Б. Черфас // Генетика. — 1966а. — Т. 2. — №5. — С. 16— 24.; Sezaki K. Size of erythrocytes in the diploid and triploid specimens of *Carassius auratus langsdorfii* / K. Sezaki, H. Kobayashi, M. Nakamura / K. Sezaki, H. Kobayashi, M. Nakamura // Jap. J. Ichthyol. — 1977. — Vol. 24, №2. — P.135— 140.; Shimuzu Y. Electrophoretic studies of diploid, triploid, and tetraploid forms of the Japanese silver crucian carp, *Carassius auratus langsdorfii* / Y. Shimuzu, O. Oshiro, M. Sakaizumi // Jap. J. Ichthyol. — 1993. — V. 40. — N 1. — P. 65—75.].

Цитометричний аналіз проводився за стандартною методикою. За допомогою піпетки Пастера кров відбиралася безпосередньо з серця, після чого на предметному склі робився мазок. Отримані мазки крові сушилися протягом декількох годин, потім фіксувалися в 96% етанолі (15-20 хвилин).

Фарбування проводилося розчином Гімзи за Романовським. Вимірювання еритроцитів здійснені за допомогою мікроскопа МБС збільшення об'єктива ($\times 100$), окуляра ($\times 16$). На кожному мазку вимірювалося щонайменше 20 еритроцитів. Площа кров'яних клітин представлена в мікрометрах, як площа

прямокутника, в який вписана проекція клітини. З цитометричного аналізу були виключені нестатевозрілі екземпляри карасів, площа еритроцитів яких була значно меншою, ніж у дорослих особин.

РОЗДІЛ 3.

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ТА СОЦІАЛЬНИХ ВТРАТ ВІД ІНТЕНСИВНОГО РОЗВИТКУ РОСЛИННОСТІ, БАКТЕРІО-, ФІТО-, ЗООБРОСТАНЬ ВОУ

В останні роки потреби у воді зростають. Тенденція до зростання заборів води буде продовжуватись, оскільки прийнята Державна програма розвитку зрошувального землеробства, й інвестиції у цю галузь також зростають. Крім того, розвивається водопостачання населених пунктів.

ВОУ забезпечують водою зрошувальне землеробство, а обсяги водопостачання є значними, і його надійна та ефективна робота забезпечує стабільний соціально-економічний розвиток регіону.

Однією з головних проблем, що негативно впливає на роботу водойм, є їх заростання водною рослинністю, масовий розвиток фітопланктону та бактеріо-, фіто- і зообростань.

Це призводить до таких *негативних наслідків*:

- зменшення пропускної здатності каналів, що вимагає додаткових витрат електроенергії споживачів та підвищення мінералізації поверхневих вод;

- забруднення та заростання гідроспоруд - їхня очистка вимагає додаткових робіт і, як наслідок, збільшення затрат на водопостачання та додаткових витрат електроенергії;

- збільшення випаровування з водної поверхні за умови інтенсивного заростання і, як наслідок, значно підвищується витрата електроенергії та зменшення рівня води;

- погіршення якості води, що зумовлює додаткові затрати коштів для її очистки.

Отже, внаслідок проведеної експертної оцінки основних чинників зниження економічної ефективності роботи ВОУ від біологічних перешкод визначено *необґрунтовані витрати на*:

- електроенергію на насосних станціях;

- очищення водозабірних споруд від водної рослинності, бактеріо-, фіто-, зоооброствань;
- водопідготовку води, що відбирається з водойм.

Крім того, варто зазначити, що внаслідок біологічних перешкод відбуваються втрати води як корисного природного ресурсу при її інтенсивному випаровуванні з поверхні водойм.

Заростання водойм, у тому числі каналів, масовий розвиток фітопланктону в них, є негативним явищем, з яким стикаються водогосподарські організації як в Україні, так і в інших країнах.

Відповідно до проведених аналітичних досліджень, на сьогодні існує ряд традиційних, але не дуже ефективних способів очистки водойм від рослинності:

1. Механічне викошування ВВР. Для цього використовуються спеціально створені плаваючі механізми, які, як правило, використовуються на невеликих водоймах у рибогосподарських організаціях. Більш сучасним і високопродуктивним та економічним є плаваючий багатофункціональний механізм TRUXOR, що виробляється в Швеції. Головним недоліком цього методу видалення водної рослинності є те, що викошування проходить на глибині 1–1,5 м і відбувається швидке відновлення.

2. Метод боротьби з водною рослинністю та масовим розвитком фітопланктону за допомогою хімічних препаратів, що взагалі недопустимо у водоймах, які використовуються для зрошення та питного водопостачання.

3. Широко поширений метод очистки від водної рослинності та „цвітіння” води фітопланктоном шляхом впровадження біомеліоративних заходів. Вперше масштабно цей метод був впроваджений у 60-і роки минулого століття на Каракумському каналі, де проводились перші дослідження по вселенню рослиноїдних риб: строкатого товстолоба та білого амура. Наразі цей метод набув широкого застосування на водоймах теплових електростанцій, водосховищах комплексного призначення та рибних ставках. З 2010 р.

зазначений метод впроваджується для очистки від рослинності каналу Дніпро – Донбас. Позитивний результат досягнуто на 50-ти км каналу.

Також, у 2016 році технологія ПШБК НДІ «Держводекологія» запроваджена на Головному Каховському Магістральному Каналі – ГКМК, де вона показала позитивні результати за умови системного наукового супроводження робіт.

У даній Програмі науковцями НДІ «Держводекологія», з урахування досвіду науково-практичних робіт в даній галузі, передбачається створення та підтримання *Природно-штучного біомеліоративного комплексу* для забезпечення ефективної експлуатації водних об'єктів Кілійського МУВГ відповідно до запатентованої авторської методології [1].

Попередня оцінка витрат на впровадження ПШБК підтверджує економічну ефективність запропонованих заходів та підвищує стабільність роботи ВОУ з гарантованим забезпеченням водою усіх галузей економіки та населення.

Таким чином, найбільш ефективне використання методу біологічного очищення води вимагає поглибленого вивчення біоти водного середовища з метою розробки для конкретного водного об'єкту та конкретних умов технології впровадження та режиму експлуатації біомеліоративного комплексу.

РОЗДІЛ 4.

ФІТОПЛАНКТОН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ КІЛІЙСЬКОГО МУВГ

4.1. Структурно-функціональна організація фітопланктону ВОУ

У каналах та інших водоймах України, незалежно від їхнього типу, масштабності, призначення, інтенсивності експлуатації чи будь-яких інших техніко-економічних характеристик, провідним біотичним компонентом є фітопланктон – угруповання мікроскопічних водоростей, що вегетують у водній товщі. При цьому фітопланктон – це високодинамічна складна біологічна система, для якої характерна просторово-часова як структурна, так і функціональна організація. Специфіка ж фітопланктону конкретного водного об'єкту, зокрема, і його структурно-функціональна характеристика значною мірою залежить від їх типу живлення. Фітопланктон водойм, які беруть початок з Дунаю, і до яких належать ВОУ, характеризується високим видовим і кількісним різноманіттям. Цьому сприяють такі чинники, як достатня кількість біогенних елементів, висока мінералізація, помірна швидкість течії, каламутність, швидке прогрівання товщі води тощо.

Алохтонний фітопланктон, який потрапляє до ВОУ з Дунаю, змінюється в результаті випадіння одних видів водоростей, розмноження інших, а також внаслідок потрапляння організмів з донних біоценозів. Тому видовий склад фітопланктону у водоймах визначається, в основному, таким фітопланктоном, який властивий вододжерелу.

У цілому, в різні сезони року для ВОУ провідна роль у видовому складі фітопланктону належить діатомовим (27–45% загальної кількості видів), зеленим (30–45%) і синьозеленим водоростям (16–23%). Частка водоростей інших відділів – золотистих, динофітових, жовтозелених, евгленових – не перевищує 5%.

Виходячи з аналізу нечисленних матеріалів, представлених у доступних джерелах, фітопланктон ВОУ характеризується високим кількісним різноманіттям. Зокрема, в літній період його біомаса складає від 0,29 до

0,49 г/м³, в осінній – 0,19–1,37 г/м³. Провідне значення у її формуванні відіграють діатомові, зелені, синьозелені і динофітові водорості.

Згідно з нашим аналізом натурних проб, відібраних у 2019 році під час польових досліджень, встановлено, що літній фітопланктон характеризувався високим таксономічним різноманіттям на всіх рівнях систематичної ієрархії і належав до 6 відділів, 10 класів, 15 порядків, 25 родів і 34 видів і внутрішньовидові таксони (в. в. т.).

У цілому ж, таксономічне різноманіття літнього фітопланктону представлено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Таксономічне різноманіття літнього фітопланктону ВОУ

Відділ	Клас	Порядок	Рід	Вид (в.в.т.)
Cyanophyta	2	3	5	9
Cryptophyta	1	1	1	2
Chrysophyta	1	1	1	1
Dinophyta	1	1	1	1
Bacillariophyta	3	6	14	15
Chlorophyta	2	3	4	6

Аналіз структурної організації таксономічного різноманіття літнього фітопланктону на прикладі деяких станцій (табл. 4.2) показав, що його провідними відділами були: Cyanophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta, а представники інших відділів суттєвого значення у формуванні таксономічного різноманіття не мали. Кількість в. в. т. у різних альгологічних пробах на представлених станціях коливалась від 10–11 до 16–24 таксонів.

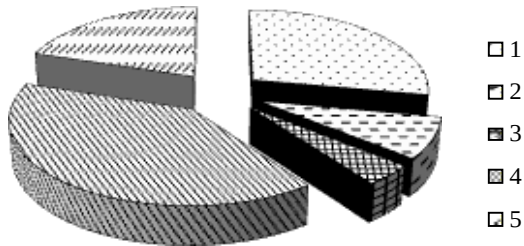
**Структурна організація таксономічного різноманіття
фітопланктону влітку 2019 р.**

Відділ	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 4		Σ
	Поверхневі Горизонти	Дно	Поверхневі горизонти	Дно	Поверхневі горизонти	Дно	
Cyanophyta	$\frac{6}{29}$	$\frac{7}{44}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{3}{27}$	$\frac{4}{40}$	$\frac{3}{23}$	$\frac{9}{26}$
Cryptophyta	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{2}{20}$	—	—	—	$\frac{2}{6}$
Chrysophyta	$\frac{1}{5}$	—	—	—	—	—	$\frac{1}{3}$
Dinophyta	—	—	—	—	$\frac{1}{10}$	—	$\frac{1}{3}$
Bacillariophyta	$\frac{8}{38}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{4}{40}$	$\frac{5}{45}$	$\frac{4}{40}$	$\frac{9}{69}$	$\frac{15}{44}$
Chlorophyta	$\frac{4}{19}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{3}{27}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{6}{18}$

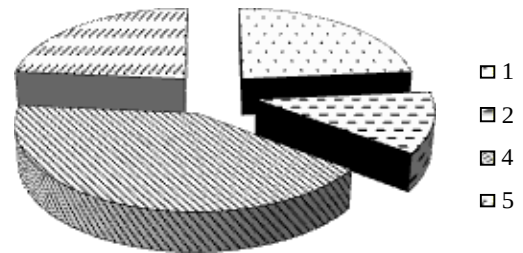
Важливо наголосити, що порівняльний аналіз якісного різноманіття по вертикальному розподілу водоростей не встановив достовірної відмінності. Так, на станції №1 у поверхневих горизонтах було знайдено 21 в. в. т., в придонних – 16 в. в. т., а на станції №4 ці показники відповідно складала 10 і 13 в. в. т. При цьому глибини на обох станціях були близькими – 4 м.

У структурі кількісного різноманіття червневого фітопланктону за чисельністю (*N*) домінували Cyanophyta з величинами до 9,50–13,73 млн. кл/дм³, що складало 93–97% від загальної кількості фітопланктону. У якості графічної ілюстрації викладених вище даних приводимо рис. 4.1.

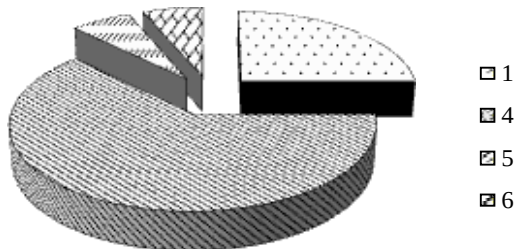
Ст. 1



Ст. 2



Ст. 4



Всього

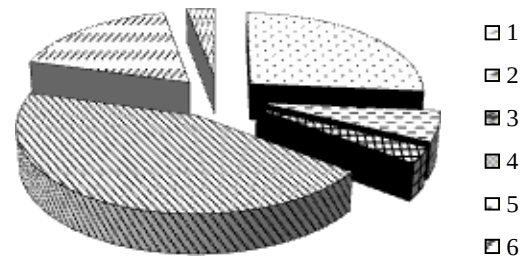


Рис. 4.1. Структура таксономічного різноманіття літнього фітопланктону: 1 – Cyanophyta, 2 – Cryptophyta, 3 – Chrysophyta, 4 – Bacillariophyta, 5 – Chlorophyta, 6 – Dinophyta.

Відповідно, максимальні величини біомаси (B) з окремих відділів водоростей планктону – 1,32–1,49 г/м³, що складало 72–73% від загальної біомаси фітопланктону, також належали синьозеленим водоростям.

Характеристика вертикального розподілу кількісного різноманіття фітопланктону показує, що статистично достовірних відмінностей між величинами чисельності і біомаси як у поверхневих, так і в придонних горизонтах не встановлено, що співпадає з якісними показниками.

У цілому, приклад структурної організації червневого фітопланктону, його вертикальний розподіл по деяким моніторинговим станціям представлено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Структурна організація чисельності та біомаси фітопланктону, червень 2019 р.

Відділ	Чисельність, тис. кл/дм ³						Біомаса, мг/дм ³					
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 4		Ст. 1		Ст. 2		Ст. 4	
	Пов.	Дно	Пов.	Дно	Пов.	Дно	Пов.	Дно	Пов.	Дно	Пов.	Дно
Cyanophyta	<u>6375</u> 86	<u>9502</u> 93	<u>2891</u> 85	<u>2925</u> 93	<u>13753</u> 97	<u>7242</u> 74	<u>1,32</u> 73	<u>0,79</u> 69	<u>0,07</u> 31	<u>0,10</u> 33	<u>1,49</u> 72	<u>0,37</u> 22
Cryptophyta	<u>289</u> 4	<u>104</u> 1	<u>42</u> 1	-	-	-	<u>0,05</u> 3	<u>0,02</u> 2	<u>0,01</u> 5	-	-	-
Chrysophyta	<u>11</u> <1	-	-	-	-	-	<u>0,001</u> 0,1	-	-	-	-	-
Dinophyta	-	-	-	-	<u>29</u> <1	-	-	-	-	-	<u>0,29</u> 14	-
Bacillariophyta	<u>588</u> 8	<u>459</u> 4	<u>437</u> 13	<u>118</u> 4	<u>342</u> 2	<u>2510</u> 25	<u>0,24</u> 13	<u>0,19</u> 16	<u>0,11</u> 47	<u>0,06</u> 20	<u>0,14</u> 7	<u>1,16</u> 68
Chlorophyta	<u>189</u> 3	<u>163</u> 2	<u>42</u> 1	<u>118</u> 4	<u>86</u> 1	<u>96</u> 1	<u>0,19</u> 10	<u>0,15</u> 13	<u>0,04</u> 17	<u>0,14</u> 47	<u>0,15</u> 7	<u>0,17</u> 10

* Над рискою – чисельність, біомаса відділу; під рискою - % від загальної чисельності (біомаси); «-» - представників відділу не виявлено.

Аналогічною структурною організацією з домінуванням *Cyanoophyta*, вертикальним розподілом характеризувався і липневий фітопланктон, але його кількісні показники були значно вищими і складали, відповідно, – 18,24–25,38 млн. кл/дм³ і 4,21–6,38 г/м³.

Домінуючий комплекс літнього фітопланктону формували 11 видів водоростей, з яких 6 видів, що складало 55%, належали до *Cyanoophyta*, і значно в менших долях були представлені планктонні форми *Bacillariophyta* і *Chlorophyta*.

Структурна організація домінуючого комплексу фітопланктону: видовий склад, величини чисельності, біомаси, їх відносне значення у відповідних інтегральних показниках всього фітопланктону представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Структура та екологічно-морфологічна характеристика домінуючого комплексу літнього фітопланктону

Домінуючі види	Морфологічна характеристика клітини			Ст. 1				Ст. 2				Ст. 4			
				Пов.		Дно		Пов.		Дно		Дно		Пов.	
	розміри, μ	форма	об'єм, мкм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/ дм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/ дм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/ дм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/дм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/ дм ³	N, тис. кл/дм ³	B, мг/ дм ³
Anabaena flos-aquae	Ø 5	куля	180	-	-	$\frac{1066}{10}$	$\frac{0,19}{17}$	-	-	-	-	$\frac{2907}{20}$	$\frac{0,52}{25}$	-	-
Anabaena scheremetievi	д. 8 ш. 10	еліпс	654	$\frac{1499}{20}$	$\frac{0,98}{54}$	$\frac{326}{3}$	$\frac{0,21}{18}$	-	-	-	-	-	-	-	-
Aphanizomenon flos-aquae	д. 7 ш. 5	циліндр	100	-	-	$\frac{1421}{14}$	$\frac{0,14}{12}$	$\frac{635}{19}$	$\frac{0,06}{27}$	-	-	$\frac{8395}{59}$	$\frac{0,84}{41}$	-	-
Asterionella formosa	д. 85 ш. 2	циліндр	314	-	-	-	-	$\frac{169}{5}$	$\frac{0,05}{21}$	-	-	-	-	-	-
Diplopsalis acuta	д. 34 ш. 46	ромб	10256	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{29}{< 1}$	$\frac{0,29}{14}$	-	-
Fragilariforma virescens	д. 65 ш. 8	циліндр	287	-	-	-	-	$\frac{141}{4}$	$\frac{0,04}{17}$	-	-	-	-	$\frac{1445}{15}$	$\frac{0,42}{24}$
Gloeocapsa minima	Ø 7	куля	33	-	-	-	-	-	-	$\frac{2323}{73}$	$\frac{0,08}{27}$	-	-	-	-
Melosira varians	д. 21 ш. 10	циліндр	3462	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{64}{< 1}$	$\frac{0,22}{13}$
Neidium productum	д. 70 ш. 26	циліндр	7326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{32}{< 1}$	$\frac{0,24}{14}$
Oscillatoria planctonica	д. 3 ш. 2	циліндр	28	-	-	$\frac{5402}{53}$	$\frac{0,15}{13}$	-	-	-	-	-	-	-	-
Phacotus coccifer	д. 15 ш. 10	еліпс	1767	-	-	-	-	$\frac{14}{< 1}$	$\frac{0,03}{13}$	-	-	-	-	$\frac{96}{1}$	$\frac{0,17}{10}$

Фітопланктон ВОУ також характеризується просторовою динамікою (по поздовжньому профілю). Наприклад, у літній і ранньосінній періоди, які відрізняються різними режимами проточності і, відповідно, найбільш несприятливими умовами для фітопланктону, що потрапляє з Дунаю, характерно скорочення його чисельності і біомаси по трасі каналів.

Просторова динаміка є різною для різних відділів водоростей. Так, для діатомових водоростей, що є реофільними організмами, кількісний розвиток залишається майже на однаковому рівні. Динаміка зелених водоростей характеризується збереженням їх розвитку приблизно на одному рівні на більшій частині ВОУ.

Синьозелені водорості, потрапляючи в ВОУ з р.Дунай, по-різному відносяться до специфічних умов водойм. Вони в масі вегетують влітку і на початку осені і заносяться до каналів та водосховищ в період максимальної водоподачі. Для багатьох видів водоростей, які викликають „цвітіння” води у р.Дунай, більш висока швидкість течії у каналів є несприятливою, і тому по трасі каналів вони поступово випадають з планктону, осідають на дно і відмирають, але, в той же час, можуть і формувати локальні по акваторіям, але дуже інтенсивні за кількісними показниками „плями цвітіння” води.

Навесні і восени домінуючий комплекс представлений діатомовою водорістю *Stephanodiscus hantzschii* та видами роду *Cyclotella*, влітку і на початку осені – синьозеленими водоростями. Із синьозелених розвивається *Microcystis pulverea* f. *incerta*, однак це можуть бути і *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*. На деякій відстані від вододжерела у водоймах відбувається перебудова фітопланктону: алохтонне угруповання, яке надійшло з Дунаю, трансформується в автохтонний фітопланктон, що розвивається в самих каналах та водосховищах. При цьому склад домінантів змінюється: замість видів, що викликають „цвітіння” води у Дунаї, домінуючу роль частіше за все відіграє *Microcystis pulverea* f. *incerta*.

Провідну роль серед чинників, що визначають динаміку видового і кількісного різноманіття фітопланктону, відіграє швидкість течії, яка здійснює

на планктонні водорості прямий і непрямий вплив. Прямий вплив – це механічна дія при перемішуванні водних мас; непрямий – це зміна гідрохімічного режиму (посилення аерації води, перерозподіл біогенних елементів), підвищення каламутності води, часта зміна умов освітлення при вертикальному переміщенні водоростей. Тому планктонні водорості по різному реагують на течію води. З трьох основних відділів водоростей, які вегетують у ВОУ, краще за все толерантні до течії діатомові водорості, гірше – зелені і синьозелені. На основі спостережень за трансформацією фітопланктону в водоймах України можна в узагальненому вигляді вказати наступні орієнтовні градації швидкостей течії для різних відділів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Лімітуючі і критичні швидкості течії для різних відділів водоростей
(Гидробиология каналов..., 1990)

Склад фітопланктону	Швидкість течії, м/с	
	Лімітуюча	Критична
Bacillariophyta	0,7	2,0
Chlorophyta	0,5	1,5
Cyanophyta:		
алохтонні (ті, що надходять із водосховищ)	0,2	0,6
автохтонні (ті, що розвиваються в каналах)	0,5–0,7	1,5–2,0

При цьому толерантність окремих представників синьозелених водоростей до течії суттєво відрізняється. Параметри, вказані для алохтонних синьозелених, характерні для більшості видів, що викликають „цвітіння” води (*Aphanizomenon flos-aquae*, види роду *Anabaena*, *Microcystis aeruginosa*), які добре розвивається і при швидкості течії 0,3 м/с, а *Microcystis pulverea* f. *incerta* вегетує в каналах і при більшій швидкості течії (0,6–0,8 м/с). Щодо зелених водоростей, то наведені в табл. 3.5 значення лімітуючої і критичної швидкостей течії властиві хлорококовим водоростям, які представлені високим видовим різноманіттям. У той же час вольвоксові водорості більш

чутливі до течії, їх чисельність і біомаса знижуються вже при швидкості 0,1–0,2 м/с (Гидробиология каналов..., 1990).

Таким чином, структурно-функціональна організація літнього фітопланктону ВОУ характеризується високим таксономічним, кількісним (величини чисельності, біомаси) різноманіттям і відносно рівномірним розподілом у водній товщі водойм. У цілому, його можна характеризувати як Cyanophyta – Bacillariophyta – Chlorophyta, що за своєю структурою є типово літнім планктоном континентальних водойм і водотоків як в Україні, так і на Євразійському континенті.

Південна зона розташування та підвищена мінералізація водойм Кілійського МУВГ створюють підвищене якісне та кількісне зростання фітопланктону, що негативним чином впливає на якість поверхневих вод. Запровадження ПШБК на всіх водних об'єктах Укравління суттєво поліпшить якість води та зупинить процеси деградації водних об'єктів.

4.2. Енергетична і трофічна цінність фітопланктону як компоненту Природно-штучного біомеліоративного комплексу

Трофічна цінність фітопланктону.

У формуванні потоків енергії і колообігу речовин, що є діалектичною основою функціонування різноманітних біотичних компонентів ПШБК, включаючи й іхтіофауну, причому як аборигенних видів, так і видів-вселенців, першочергова роль належить фітопланктону.

З екологічної точки зору взаємозв'язку між першопродуцентами і рибою, як кінцевим компонентом трофічної чи енергетичної піраміди, фітопланктон формує найбільш ефективні трофічні ланцюги. Схематично вони мають наступний вигляд:

Перший: „фітопланктон → риби-планктонофаги”, - з риб, зокрема, це білий товстолоб.

Другий: „фітопланктон → зоопланктон → риби”, - відповідно з риб це: строкатий товстолоб, частково білий та їхні гібриди, які, наприклад, на сьогодні в іхтіофауні товстолобів Придунайських водойм за даними Держрибоохорони складають до 30–35% від загальної кількості білих і строкатих товстолобів.

Третій, який віртуально можна підрозділити на два, де:

„фітопланктон” → зоопланктон → молодь риб”
 → молодь риб на ранніх стадіях онтогенезу”

Зрозуміло, що запропонована нами формалізація є дещо схематичною, але така віртуальна інтерпретація дозволяє більш детально і всебічно проаналізувати трофічну роль фітопланктону.

Виходячи з теорії харчової елективності (Щербак, Жданова, Головка, 1983; Жданова, Щербак, Головка, 1986; Щербак, Устич, Семенюк, 2010) важливими показниками трофічної цінності фітопланктону є екоморфологічні (екоморфа) характеристики планктонних водоростей.

Так, наведені в табл. 4.4 морфологічні характеристики клітин домінуючих видів, зокрема це розміри, форма, об'єм, а також величини чисельності, біомаси, показують, що фітопланктон є оптимальним харчовим ресурсом для риб на різних етапах онтогенезу (як для молоді на перших етапах вегетації, так і для дорослих видів риб – планктонофагів).

Іншим позитивним чинником є те, що за морфологічними характеристиками фітопланктон є оптимальним харчовим ресурсом для гіллястовусих рачків – фітофагів, а також коловерток, копепод, які є еврифагами та поліфагами, чи для яких водорості можуть бути факультативним джерелом живлення.

Отже, наявний фітопланктон за своїми структурно-морфологічними характеристиками є природним харчовим ресурсом, здатним забезпечити функціонування високоефективних харчових ланцюгів ВОУ.

Еколого-біологічна характеристика.

Не менш важливою є оцінка екологічно-біотопічного різноманіття та, враховуючи масштаби ВОУ, і географічного поширення водоростей по всій акваторії водойм.

Так, аналіз даних по таксономічних, екологічних, географічних характеристиках фітопланктону, наведених в табл. 4.6, показав, що за поширенням практично всі види водоростей є космополітами. Це свідчить про їх високу адаптаційну здатність до умов водного середовища, тому вони можуть вегетувати, а отже і входити до ПШБК не тільки в каналах, а і в усіх інших екосистемах.

Таблиця 4.6

**Таксономічне, екологічне, географічне різноманіття літньої
альгофлори ВОУ***

№ пор.	Таксони	Екологічні характеристики					Ст. 1	Ст. 2	Ст. 4
		біотоп	Поширення	сапробність	галобність	pH			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CYANOPHYTA									
1	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Bréb.	П	к	β	I		+	-	+
2	<i>Anabaena scheremetievi</i> Elenk	П	к	β	I	alf	+	-	-
3	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs.	П	к	β	Ог		+	+	+
4	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (спора)						+	+	+
5	<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S.West	П	к	β	I		-	+	-
6	<i>Gloeocapsa minima</i> (Keissl.) Hollerb.ampl.	П	к		Гл		-	+	-
7	<i>Oscillatoria amphibia</i> Ag.	Л	к	β	Гл		+	-	-
8	<i>Oscillatoria geminata</i> (Menegh.) Gom.	П	к		Ог	ind	+	-	-
9	<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.	П	к	β	I		+	-	+

CRYPTOPHYTA									
10	<i>Cryptomonas erosa</i> Ehr.	Л	к	β - α	ГЛ		+	+	-
11	<i>Cryptomonas pusilla</i> Bachmann						+	+	-
DINOPHYTA									
12	<i>Diplopsalis acuta</i> (Apstein) Entz var. <i>Acuta</i>	П	к		Ог	acf	-	-	+
CHRYSTOPHYTA									
13	<i>Chrysococcus heverlensis</i> Conrad						+	-	-

BACILLARIOPHYTA									
14	<i>Achnantheidium minutissima</i> (Kutz.) Czarn.	О	к	о- β	I	ind	+	-	-
15	<i>Asterionella formosa</i> Hass.	П	к	о- β	I	alf	+	+	+
16	<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	О	б	β	I	alf	+	-	+
17	<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw.	П-Б	к	β	ГЛ	alf	+	-	-
18	<i>Cymbella tumidula</i> Grun. in A. S. et al.	Б	к	о	Ог	alf	-	+	+
19	<i>Cymbella ventricosa</i> Kutz.			β			+	+	+
20	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	О-П	к	β	I	alf	+	-	-
21	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Will. et Round var. <i>Virescens</i>	Л	к	о	I	ind	+	+	+
22	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Horn.) Daw. ex Ross et Sims.	Б	к	β	I	alf	-	-	+
23	<i>Melosira varians</i> Ag.	П	к	β	ГЛ	alf	-	-	+
24	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	Л	к	α	I	alf	-	+	+
25	<i>Neidium productum</i> (W. Sm.)	Б	к	о- β	I	acf	-	-	+
26	<i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cl.) Bethge	П	к		ГЛ		+	+	+
27	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun. in Cl. et Grun.	П	к	α	I	alf	+	+	-
28	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr. var. <i>Ulna</i>	Л	к	β	I	ind	+	-	-
CHLOROPHYTA									
29	<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	Л	к	о- α			+	+	-
30	<i>Chlamydomonas pertyi</i> Gorosch.	Л	к	о- β			-	+	-

31	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hild.	П	к	β	I		+	-	-
32	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. Sm.) Kom.-Legn. in Fott	П	к		I	ind	+	-	-
33	<i>Mougeotia parvula</i> Hass.	Б					+	+	-
34	<i>Phacotus coccifer</i> Korsch.	П	мв		I	ind	+	+	+

*П р и м і т к а. «-» - види не виявлені; Л – літоральний, Б – бентосний, П – планктонний, О-Б – епіфітно-бентосний, к – космополітний, б – бореальний, мв – мало вивчені, β – бетамезосапробний, Ог – олігогалоф, I – олігогалоф-індиферент, Гл – олігогалоф-галофит, ind – індиферент, alf – алкаліфіл + алкалібіонт.

Значний ареал поширення зумовлений також і тим, що 50% видів є типово планктонними формами, 21% видів відноситься до літоральних і 29% – до бентосних і фітообростань. При цьому, основну частку біомаси, а це енергетичний базис кормового ресурсу, формують типово планктонні види - космополіти.

Отже, за еколого-біотопічною характеристикою фітопланктон може забезпечити функціонування ПШБК як в основних магістралях, так і в усіх акваторіях, які відносяться до всієї водної екосистеми Кілійського МУВГ.

Енергетична цінність фітопланктону

Виходячи з високої природної просторово-часової динаміки фітопланктону, особливостей функціонування гідравлічних систем ВОУ, які можна розглядати як негативний антропогенний чинник, що значно порушує його лотичний континуум, енергетичну цінність приведемо для декількох класів кількісного розвитку.

Виходячи з отриманих натурних даних поточного року та наявних аналітичних досліджень, апріорі за величинами чисельності, біомаси, структури видового складу, сезонної та просторової динаміки, виділено 3 класи:

I клас: від 0,19–0,29 до 0,62–0,84 г/м³ з середньою величиною 0,51 г/м³;

II клас: від 1,15–1,70 до 2,07–2,50 г/м³ з середньою величиною 2,20 г/м³;

III клас: від 4,21–6,38 до 8,70–10,00 г/м³ з середньою величиною 7,84 г/м³.

Враховуючи можливість локального „двітиння” води з біомасами вище 20,00 г/м³, виділено і IV клас, прогножуючи, що за певних екологічних умов такі величини біомаси фітопланктону в водоймах є потенційно можливими.

Для оцінки запасів біомаси фітопланктону ВОУ необхідно визначити об’єм всієї водної товщі водойми. При цьому, виходячи з наших натурних досліджень, було прийнято, що розподіл фітопланктону по акваторії водойми і по вертикалі є рівномірним.

Обчислені запаси біомаси, їхня харчова й енергетична цінність представлені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Запаси біомаси, харчова та енергетична цінність фітопланктону

Класи	Середня біомаса, г/м ³	Запаси біомаси, т сира суха	Запаси поживних речовин, т <u>межі коливань</u> середні			Енергетична цінність ² , ккал
			Білки	жири	вуглеводи	
I	0,51	$\frac{40}{3}$	$\frac{0,7-1,3}{1,0}$	$\frac{0,1-0,5}{0,3}$	$\frac{0,2-1,0}{0,6}$	32×10 ⁶
II	2,20	$\frac{172}{12}$	$\frac{2,9-5,3}{4,1}$	$\frac{0,2-2,2}{1,2}$	$\frac{0,7-3,9}{2,3}$	138×10 ⁶
III	7,84	$\frac{611}{44}$	$\frac{10,5-19,3}{14,9}$	$\frac{0,9-7,9}{4,4}$	$\frac{2,7-14,2}{8,4}$	489×10 ⁶
IV	20,00	$\frac{1560}{111}$	$\frac{26,5-48,7}{37,6}$	$\frac{2,2-20,0}{11,1}$	$\frac{6,9-35,7}{21,3}$	1248×10 ⁶

**Примітка. 1– співвідношення сухої і сирої біомаси фітопланктону при домінуванні синьозелених водоростей було прийнято за 1:14 (Іванов, 1968); 2 – енергетичну цінність сирої біомаси фітопланктону було прийнято за 0,8 ккал/г (Михеева, 1970).*

Можна розрахувати, що запаси біомаси фітопланктону на 1 га водної поверхні можуть складати від 0,04 до 1,53 т/га.

Згідно з літературними даними (Растительность..., 1989) у фітопланктоні Дунаю, з якого беруть початок ВОУ, вміст білків становить 23,9–43,9%, жирів – 2,0–18,0%, вуглеводів – 6,2–32,2% сухої біомаси.

Таким чином, фітопланктон є важливим біологічним компонентом, який відіграє провідну роль в формуванні біорізноманіття, кількісних, трофічних і енергетичних зв'язків в біоті ПШБК.

РОЗДІЛ 5. МАКРОФІТИ

5.1. Особливості формування угруповань макрофітів

Важливим рослинним компонентом ПШБК є макрофіти, до яких ми відносимо:

1) угруповання вищих водних рослин (ВВР) з різних екологічних груп:

а) повітряно-водні рослини, основними домінантами яких є представники наступних родів: *Phragmites* (очерет), *Typha* (рогоз), *Scirpus* (комиш), *Carex* (осока) тощо;

б) рослини з плаваючим на поверхні листям: роди *Nymphaea* (латаття), *Nuphar* (гלечики), *Trapa* (водяний горіх);

в) занурені рослини – це такі, таломі яких повністю знаходяться у водній товщі. Це види роду *Potamogeton* (рдесник), *Ceratophyllum* (кушир), *Myriophyllum* (водопериця), *Vallisneria* (валіснерія), *Najas* (різуха);

2) макроскопічні форми водоростей, в основному це різні таксони нитчастих водоростей з найбільш різноманітних представників відділу *Chlorophyta* (зелені водорості), в меншій мірі це *Charophyta* (харові водорості).

У науковій літературі як синоніми макроскопічних водоростей часто використовуються терміни: макрофітобентос, макрофітоперифітон, макро-, мезофітоепіфітон.

Основними чинниками, що визначають процес формування заростей ВВР, а також мезо- і макроводоростей каналів, є характер ложа, конфігурація поперечного перерізу, зокрема крутизна відкосів. Тому що, чим вужчий канал, і чим більш похилі відкоси, тим більші в ньому абсолютні і відносні площі мілководь.

Глибинною межею поширення ВВР у водоймах при нормальному режимі експлуатації є 1,5–2,0 метрова ізобата. Однак, в залежності від екологічних чинників, вона може змінюватися. Важливу роль при цьому відіграють швидкість течії і каламутність води, особливо для занурених

рослин. При цьому слід враховувати нерівномірність розподілу швидкості течії по поперечному профілю водного об'єкта. Оскільки швидкість течії води знижуються від середини русла до берегів, на відкосах створюються найсприятливіші умови для вегетації ВВР. Також розвиток рослинності в каналах в значній мірі визначається прозорістю і обмежується подвоєною прозорістю води за диском Секі.

Видовий склад ВВР у ВОУ досить одноманітний, що пояснюється чітко вираженою пристосованістю ВВР до певного комплексу екологічних чинників як природної так і антропогенної природи. Найбільш пристосованими до умов водойм є занурені рослини.

Проведені декілька років тому фрагментарні дослідження макрофітів ВОУ показали, що вони представлені нитчастими водоростями (Confervoideae) і 6 видами ВВР: рдест курчавий (*Potamogeton crispus*), рдест волосовидний (*Potamogeton trichoides*), роголист (*Ceratophyllum* sp.), кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*), валіснерія (*Vallisneria spiralis*), водопериця (*Myriophyllum spicatum*).

Влітку основу біомаси макрофітів складає роголист (*Ceratophyllum* sp.), біомаса якого коливається від 86,76 до 1660,0 г/м². Восени значного рівня розвитку досягають валіснерія (56,89–355,07 г/м²) і водопериця (24,13–235,01 г/м²). Проективне покриття ВВР змінювалось від 10 до 50% площі водного дзеркала і залежало від швидкості течії. Так, величина проективного покриття зростає по поздовжньому профілю водойм зі зменшенням швидкості течії.

Проте процитовані дані є фрагментарними. Відповідно, на сьогодні це завдання вимагає більш системних натурних досліджень

З точки зору боротьби з біоперешкодами важливим є те, що більшість макрофітів ВОУ відносяться до так званої “м'якої” водної рослинності, що є досить привабливим кормовим ресурсом, який може бути трансформований у кормову базу при введенні до складу Природно-штучного біомеліоративного комплексу макрофітофага – білого амура.

Для сформування та визначення оптимального функціонування угруповань макрофітів, як важливого біологічного компоненту ПШБК, необхідно чітко проаналізувати особливості їх формування у водоймах України.

Видовий склад макрофітів формується в основному за рахунок біофондів джерел водного живлення (річки, водосховища, озера).

У цілому, становлення рослинного покриву – це тривалий у часі процес, у якому можна виділити декілька етапів, основними з яких є:

I – поява окремих екземплярів вищих водних рослин чи водоростей;

II – процес формування розрізнених ділянок заростей;

III – поступове розширення зарослих ділянок, як по площі водного дзеркала, так і по глибині;

IV – створення „поясів” рослинності;

V – інтенсивне заростання як відкосів, так і русла ВВР різних екологічних груп та макроводоростями.

Заростання водойм значною мірою пов'язано із субстратом для поселення і розвитку водоростей, обростань і ВВР, а тому у водойм із різним ложем темпи заростання і шляхи формування заростей є різними.

В облицьованих водоймах поява рослин і процес заростання зумовлені ступенем облицювання відкосів та інтенсивністю акумуляції наносів на твердих субстратах. Наприклад, у каналі Дніпро – Донбас заростання відбувалося прискореними темпами завдяки заплавному трасуванню, змиву теригенного матеріалу в канал і його відкладенню на щебінчастому облицюванні. Крім того, прорите русло каналу заповнювалось ґрунтовими водами, процес формування заростей розпочався ще в період будівництва, а це декілька років до надходження води з головного вододжерела. Після передачі каналу в експлуатацію і заповнення його до проектної відмітки рівень води суттєво підвищився, що призвело до переформування заростей (Гидробиология каналов, 1990).

Характерною особливістю формування рослинного покриву в облицьованих водоймах є те, що на перших етапах, крім появи окремих екземплярів вищих водних рослин, відбувається обростання відкосів нитчастими водоростями, які сприяють мулонакопиченню.

У процесі заростання водойм формуються характерні для кожного з них рослинні покриви, що належать до груп формацій повітряно-водної і зануреної рослинності. Ценози рослинності з плаваючим листям у водоймах зустрічаються зрідка, а повітряно-водна рослинність досить одноманітна по руслам річок або їх заплавним водоймам. Зарості очерета звичайного домінують в каналі Дніпро – Донбас. Широко поширений в водоймах України також ценоз рогозу вузьколистого, у деяких водоймах, особливо в перехідні періоди, значне місце належить змішаним заростям очерету і рогозу.

Занурена рослинність в облицьованих водоймах представлена заростями з домінуванням рдесника пронизанолистого і водопериці колосової. Широко поширені „чисті” зарості рдесників гребінчастого, кучерявого, плаваючого, малого, кушира зануреного, елодеї канадської, а також змішані зарості рдесників кучерявого і гребінчастого або пронизанолистого.

Сучасний розподіл заростей у водоймах характеризується чітко вираженою поясністю. Рослинність розташовується вздовж берегів більш або менш переривчастою смугою, що може включати два пояси повітряно-водних і занурених рослин, причому другий пояс поступово витісняється по мірі розростання першого. У поясі повітряно-водних рослин домінує очерет звичайний. Ширина смуги його заростей коливається залежно від конфігурації водного об'єкту і ступеню розвитку заростей, наприклад, у МК вона досягає 5 м. Заростання берегової лінії змінюється по ділянках каналів залежно від етапу формування заростей і умов зростання. Наприклад, у МК, у цілому по трасі та на окремих ділянках заростання складає 20–70% залежно від утворення ґрунтових наносів, крутизни відкосів та інших чинників.

Пояс занурених рослин у водоймах України характеризується максимальними параметрами на III–V етапах розвитку рослинного покриву.

Його ширина залежить від крутизни закладення відкосів і може досягати 3,5 м. Ступінь заростання вздовж берегової лінії змінюється в широких межах. Серед занурених рослин значного розвитку досягає рдесник пронизанолистий. Його зарості поширюються до глибини 1,5 м; при 100% проєктивному покритті фітомаса може досягати 4–5 кг/м². Широко поширений рдесник гребінчастий, який заходить углиб на 1–1,5 м і формує густі зарості з проєктивним покриттям до 100% і фітомасою – 3–4 кг/м². Важливе значення в заростанні водойм має водопериця колосова. Її зарості поширюються на значну глибину – до 2 м, а окремі рослини і глибше – до 3 м, ширина смуги складає 0,5–2 м, фітомаса – 4–6 кг/м². Інші занурені рослини мають значення в періоди нерівномірної роботи й уповільненої течії води. Так, кушир занурений на окремих ділянках може утворювати фітомасу до 4–6 кг/м², елодея канадська – до 4,5 кг/м², різуха морська – 2–3 кг/м².

Площі заростання в водоймах України (в цілому по водоймах) залежно від ступеню заростання і морфометричних параметрів штучних водотоків (ширини мілководної зони, протяжності траси) коливаються в широких межах – від декількох до сотень гектарів, і співвідношення площ, зайнятих зануреною і повітряно-водною рослинністю, зумовлено етапом формування рослинного покриву.

5.2. Характеристика макрофітів Природно-штучного біомеліоративного комплексу ВОУ

Натурними дослідженнями, проведеними на ВОУ у весняно-літній період 2019 р., встановлено, що зарості макрофітів, в основному, належать до екологічної групи занурених рослин, а також очерету. Макрофіти представлені різноманітними зануреними ВВР і нитчастими водоростями, про що свідчать дані, представлені в табл. 5.1. Зарості ВВР нараховують 8 видів з 5 родин: родина Рдесникові (рдесник пронизанолистий, гребінчастий, кучерявий, злаколистий), родина Різухові (різуха морська), родина Жабурникові (валіснерія спіральна), родина Куширові (кушир занурений), Родина

Столисникові (водопериця колосова). Усі види є багаторічними рослинами, що широко поширені на території України. Знайдені види утворюють у ВОУ як чисті, так і змішані ценози.

Найбільшу фітомасу на одиницю площі (м²) утворюють рдесники пронизанолистий, гребінчастий, кучерявий, водопериця колосова, кушир занурений і валіснерія спіральна (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Фітомаса і річна продукція макрофітів ВОУ
(вищих водних рослин і нитчастих водоростей)**

Макрофіти	Фітомаса, г/м ² <u>сира</u> АСМ	Площі заростей, <u>га</u> %	Запаси фітомаси, т <u>сира</u> АСМ	Продукція, т/рік <u>сирої маси</u> АСМ
Рдесник пронизанолистий <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	<u>1800</u> 268,00	<u>5,40</u> 15%	<u>97,20</u> 14,47	<u>106,92</u> 15,92
Рдесник гребінчастий <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	<u>1400</u> 208,00	<u>5,40</u> 15%	<u>75,60</u> 11,22	<u>83,16</u> 12,34
Рдесник кучерявий <i>Potamogeton crispus</i> L.	<u>1000</u> 150,00	<u>3,60</u> 10%	<u>36,00</u> 5,40	<u>39,60</u> 5,94
Рдесник злаколистий <i>Potamogeton gramineus</i> L.	<u>30</u> 4,25	<u>1,80</u> 5%	<u>0,55</u> 0,08	<u>0,60</u> 0,09
Різуха морська <i>Najas marina</i> L.	<u>400</u> 59,00	<u>3,60</u> 10%	<u>14,40</u> 2,12	<u>15,84</u> 2,33
Валіснерія спіральна <i>Vallisneria spiralis</i> L.	<u>600</u> 89,90	<u>3,60</u> 10%	<u>21,60</u> 3,22	<u>23,76</u> 3,54
Кушир занурений <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	<u>600</u> 90,00	<u>5,40</u> 15%	<u>32,40</u> 4,85	<u>35,64</u> 5,34
Водопериця колосова <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	<u>850</u> 125,00	<u>5,40</u> 15%	<u>45,90</u> 6,75	<u>50,49</u> 7,42
Нитчасті водорості	<u>280</u> 34,63	<u>1,80</u> 5%	<u>5,05</u> 0,62	<u>83,32</u> 10,23
Всього	—	<u>36,00</u> 100%	<u>328,70</u> 48,73	<u>439,33</u> 63,15

Примітка. * – % – частка площі, яку займає даний вид у поясі рослинності; P/B-коефіцієнт для вищих водних рослин – 1,1 × рік; для нитчастих водоростей – 16,5 × рік (Киевское водохранилище..., 1972); АСМ – абсолютно суха маса.

Порівняння результатів наших натурних досліджень за 2019 р. з даними, представленими в звіті, показало, що загальною закономірністю є те, що

рослинність ВОУ представлена екологічною групою занурених рослин. Як і в попередніх дослідженнях, так і на сьогодні в водоймах спостерігається інтенсивна вегетація таких видів як водопериця колосова, рдесник кучерявий, валіснерія спіральна.

Для розрахунку сучасних запасів фітомаси макрофітів ВОУ необхідно визначити, яку площу займають їх зарості. Встановлено, що ширина мілководь, де зазвичай розвивається пояс занурених рослин, коливається в широких межах і залежить від цілої низки екологічних чинників.

Згідно з літературними даними (Гидробиология каналов, 1990), пояс занурених рослин на мілководдях вздовж берегової лінії на різних ділянках водойм є не суцільним, і ступінь заростання мілководь, як правило, складає близько 30% в середньому по водоймі. Отже, можна розрахувати, що пояс занурених рослин фактично займає площу в розрахунку на 1 км всього водного об'єкту в середньому по ВОУ 1,2 га/км².

Враховуючи, що найбільш поширеними видами занурених рослин є рдесник пронизанолистий, рдесник гребінчастий, водопериця колосова і кушир занурений, було умовно прийнято, що кожний з перерахованих видів займає близько 15% площі поясу занурених рослин. Досить часто зустрічаються різуха морська, рдесник кучерявий і валіснерія спіральна, площу їх заростей було прийнято за 10%. Інші види зустрічаються рідше, було прийнято, що їх площа становить по 5%. Крім того, важливо зауважити, що практично від урізу води і до початку формування поясу ВВР суцільним рослинним „килимом” вегетують зарості макрководоростей – в основному з комплексу нитчастих водоростей.

На основі отриманих даних обчислили запаси фітомаси кожного виду, і загальні запаси зануреної рослинності у ВОУ. У цілому, запаси рослинності оцінюються близько 2,5 т/км абсолютно сухої маси (АСМ) (див. табл. 5.1).

Результати наших розрахунків узгоджуються з літературними даними щодо запасів фітомаси у каналах водосховищного живлення. Наприклад, у каналі Дніпро – Донбас в 1987 р. запаси фітомаси зануреної рослинності

складали 522,8 т (або 1,98 т/км), в каналі Дніпро – Кривий Ріг в 1969 р. – 212,7 т (або 5,06 т/км).

Для розрахунку біопродукційного потенціалу вищих водних рослин використовували Р/В-коефіцієнт $1,1 \times \text{рік}$. Р/В-коефіцієнт нитчастих водоростей було прийнято за $16,5 \times \text{рік}$ (Киевское водохранилище, 1972).

Таким чином, зарості макрофітів у ВОУ накопичують значні величини біомаси, знаходження якої у водоймах має як позитивний, так і негативний вплив на їх експлуатацію, формування біорізноманіття та життєдіяльність гідробіонтів. Позитивний вплив – це забезпечення якості води та використання макрофітів як реальний харчовий ресурс для гідробіонтів вищих трофічних рівнів (безхребетні, риби) чи як потенційний ресурс для отримання білків, жирів, вуглеводів.

Негативний вплив макрофітів полягає в тому, що при відмиранні надлишкової біомаси у воду надходить велика кількість органічних речовин, що може призводити до погіршення кисневого режиму, і відповідно якості води.

5.3. Енергетична і харчова цінність макрофітів

Для оптимального функціонування ПШБК однією з важливих складових є оцінка харчового ресурсу макрофітів, що реально використовується гідробіонтами вищих трофічних рівнів, які є його компонентами. Не менш важливою є їхня потенційна характеристика за вмістом білків, жирів, вуглеводів, що може бути використана для інтенсифікації роботи біотичних компонентів ПШБК.

Енергетична і харчова цінність вищих водних рослин.

ВВР ВОУ є біологічним кормовим ресурсом, що використовується в їжу тваринами різних систематичних груп, які є структурно-функціональними компонентами ПШБК – червами, черевоногими молюсками, ракоподібними, комахами і іхтіофауною. Рослини забезпечують енергією всі трофічні ланки ланцюга живлення гідробіонтів, які споживають не тільки прижиттєві частини

рослин, але й відмерлі. Останні, крім того, розкладаються бактеріями, грибами і найпростішими, і разом з детритом утилізуються різними детритофагами. Так, риби, які споживають рослини, дещо умовно поділяють на три групи:

1. Риби – облігатні фітофаги. ВВР у їхньому живленні мають виключне або переважне значення.
2. Риби – факультативні фітофаги, у живленні яких ВВР співставні з тваринною їжею, особливо на різних етапах онтогенезу.
3. Риби – еврифаги, у живленні яких ВВР не є основним кормом.

Підкреслюємо, що поділ між групами риб значною мірою є умовним, але цей підхід дозволяє більш чіткіше оцінити взаємовідносини в підсистемі харчового ланцюга: «ВВР↔Риби».

Так, до першої групи належать риби із родини Cyprinidae. Найбільш виражена форма облігатної фітофагії проявляється у білого амура – *Stenopharyngodon idella*. Хоча його молодь на перших стадіях онтогенезу споживає дрібних планктонних тварин, а пізніше переходить до фітофагії. Дорослі особини є чисто рослинними рибами. Білий амур краще за все споживає рдесники, кушир, ряску, елодею, мох, молоді пагони рогозу і очерету. При живленні м'якою водною рослинністю добові раціони можуть досягати 100–150% відносно маси тіла риб. Тому риба здійснює суттєвий вплив на зарості вищих водних рослин і включає їхню продукцію у свій трофічний цикл.

Червонопірка (*Scardinius erythrophthalmus*) також належить до риб, у живленні яких рослинна їжа (вищі рослини, нитчасті водорості) має переважне значення. Мальки живляться в основному тваринною їжею, а з дворічного віку риба починає надавати перевагу рослинній їжі.

До другої групи риб з широким спектром живлення відносять в'язя (*Leuciscus idus*), линя (*Tinca tinca*), плітку (*Rutilus rutilus*), сазана (*Cyprinus caprio*). У їхньому раціоні водна рослинність має не менше значення, ніж тваринна їжа.

До третьої групи риб, для яких ВВР відіграють роль додаткової їжі, можна віднести чебачка (*Leuciscus schmidtii*), карася (*Carassius carassius*), уклею (*Alburnus alburnus*), підуста (*Chondrostoma nasus*).

Усі перераховані риби споживають в основному м'яку водну рослинність, і тільки риби, що належать до першої групи, можуть поїдати і жорсткі рослини.

Вважаємо, що при оцінці кормових якостей ВВР потрібно виходити не тільки з біомаси, а й враховувати наявність у ній хімічних сполук, що мають першочергове значення у живленні тварин, а саме: білків, вуглеводів, жирів. Наявність поживних речовин у рослинах є інтегральним показником, що відображає процеси синтезу, відтоку і взаємоперетворення речовин (Гаевская, 1966; Методические рекомендации..., 1984).

Вуглеводи. Вуглеводи є основним енергетичним матеріалом. У цю групу речовин входять цукри (моно-, ди-, трисахариди) і полісахариди (крохмаль, клітковина, геміцелюлоза і пентозани). Вуглеводи необхідні тваринам для більшості обмінних процесів, пов'язаних з накопиченням і обміном амінокислот, синтезом жиру, мінеральним обміном. Крім свого основного (енергетичного) призначення, вуглеводи сприяють збільшенню засвоєння в організмі кальцію, що дуже важливо для побудови кісткової тканини і луски риб, а також панцирів безхребетних.

За літературними даними (Садчиков, Куряшов, 2004; Воронихин, 1953; Гаевская, 1966; Петушкова и др., 2008) вміст вуглеводів у різних видах занурених рослин, які були зареєстровані нами у ВОУ, коливається в межах 11–26% сухої маси (табл. 5.2). Найбільший вміст вуглеводів – у рдеснику гребінчастому. Розрахунки показали, що вищі водні рослини водойм можуть продукувати значний обсяг вуглеводів.

Протеїни. Протеїни вищих водних рослин поділяються на білки і небілкову фракцію азотистих сполук (вільні амінокислоти). Вищі водні рослини містять у своїх тканинах усі відомі амінокислоти, в тому числі і

незамінні (валін, триптофан, лізин, метіонін, треонін, фенілаланін, гістидин) (Методические рекомендации..., 1984).

Таблиця 5.2

Річна продукція вищих водних рослин ВОУ

Макрофіти	Продукція фітомаси, т/рік АСМ	Вміст поживних речовин ¹			Енергетична цінність ² , ккал
		Протеїни	Вуглеводи (клітковина)	Жири	
Рдесник пронизанолистий <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	15,92	<u>1,91</u> 12%	<u>2,71</u> 17%	<u>0,16</u> 1%	63,68×10 ⁶
Рдесник гребінчастий <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	12,34	<u>2,59</u> 21%	<u>3,21</u> 26%	<u>0,37</u> 3%	49,36×10 ⁶
Рдесник кучерявий <i>Potamogeton crispus</i> L.	5,94	<u>1,31</u> 22%	<u>0,77</u> 13%	<u>0,12</u> 2%	23,76×10 ⁶
Рдесник злаколистий <i>Potamogeton gramineus</i> L.	0,09	<u>0,02</u> 17%	<u>0,02</u> 19%	<u>0,003</u> 3%	0,36×10 ⁶
Різуха морська <i>Najas marina</i> L.	2,33	<u>0,40</u> 17%	<u>0,44</u> 19%	<u>0,07</u> 3%	9,32×10 ⁶
Валіснерія спіральна <i>Vallisneria spiralis</i> L.	3,54	<u>0,53</u> 15%	<u>0,71</u> 20%	<u>0,04</u> 1%	14,16×10 ⁶
Кушир занурений <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	5,34	<u>0,96</u> 18%	<u>0,59</u> 11%	<u>0,05</u> 1%	21,36×10 ⁶
Водопериця колосова <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	7,42	<u>1,19</u> 16%	<u>1,34</u> 18%	<u>0,07</u> 1%	29,68×10 ⁶
Всього	52,92	8,91	9,79	0,88	211,68×10 ⁶

Примітка. 1 – над рискою, т/рік, під рискою – % від абсолютно сухої маси (згідно: Садчиков, Куряшов, 2004; Воронихин, 1953; Гаевская, 1966; Петушкова и др., 2008); 2 – прийнято, що калорійність біомаси вищих водних рослин складає 4 ккал/г сухої маси.

Вміст протеїнів у вищих водних рослинах змінюється від 12% (рдесник пронизанолистий) до 22% (рдесник кучерявий).

Жири. Жирні кислоти рослинного походження, які надходять риbam, що їх споживають, мають першочергове значення у жировому обміні. Вміст жирів у рослинах водойм незначний – 1–3%.

З огляду на те, що калорійність вищих водних рослин дорівнює 4 ккал/г сухої маси (Киевское водохранилище, 1972), можна розрахувати, що біопродукційний потенціал вищих водних рослин ВОУ у цілому складає $211,68 \times 10^6$ ккал/всю акваторію водойм $\times$ рік.

Енергетична і харчова цінність нитчастих водоростей.

Нитчасті водорості за своїм біохімічним складом є повноцінним кормовим ресурсом для безхребетних і рослиноїдних риб. Зокрема, ними живляться такі риби, як сазан, короп, білий амур, густера, плітка, в'язь, вирезуб (Вовк, 1976; Тугарина, 1969; Величко, 1982). Із безхребетних, що в свою чергу слугують кормом для риб, нитчастими водоростями живляться бокоплав, хірономуси (Любимов, 1935), деякі види олігохет, молюсків, личинки одноденок, комарів, мух, імаго жуків – не менше 30 видів (Кренке, 1963). У цілому, в заростях нитчастих водоростей може жити близько 100 видів безхребетних, які також слугують кормом для риб. Важливо зазначити, що в осінньо-зимовий період не вся маса нитчастих водоростей розкладається, й її продовжують споживати гідробіоти. Отже, нитчасті водорості відіграють важливу роль у формуванні природної кормової бази для ПШБК.

За біохімічним складом зелені нитчасті водорості ближчі до вищих рослин, ніж до інших груп водоростей. У зелених нитчастих водоростях білок, в середньому, складає 15,3% сухої маси, вуглеводи – 59,7%, жири – 3,2%. Основна частина вуглеводів нитчастих водоростей представлена полісахаридами (56,5% сухої маси водоростей). Розчинні вуглеводи містяться у невеликій кількості: глюкоза – 1,6%, фруктоза – 0,8%, сахароза – 0,8% (Величко, 1982).

Натурними дослідженнями, проведеними на ВОУ, встановлено, що річна продукція нитчастих водоростей оцінюється в значні обсяги абсолютно сухої маси на рік.

Енергетична цінність² продукції нитчастих водоростей ВОУ складає $40,92 \times 10^6$ ккал/ всю акваторію водойм $\times$ рік або $0,25 \times 10^5$ ккал/га акваторії $\times$ рік.

Білки і ліпіди нитчастих водоростей використовуються консументами (безхребетними і рослиноїдними рибами) для побудови клітинних структур і як джерело енергії. Білок нитчастих водоростей є повноцінним, у ньому амінокислоти містяться в достатній кількості. Основним джерелом енергії для консументів слугують вуглеводи. Високий вміст каротинів, представлених майже повністю β -каротином, задовольняє потреби консументів у провітаміні А. Крім того, в зелених нитчастих водоростях містяться такі вітаміни як тіамін, рибофлавін і нікотинова кислота (Величко, 1982).

Отже, нитчасті водорості є повноцінним кормовим ресурсом для безхребетних і риб, а тому відіграють суттєву роль в формуванні і функціонуванні ПШБК ВОУ.

² Було прийнято, що калорійність нитчастих водоростей приблизно дорівнює калорійності вищих водних рослин (4 ккал/г сухої маси).

РОЗДІЛ 6. ЕПІФІТОН ВОУ

6.1. Якісне і кількісне різноманіття епіфітону

Специфічним рослинним компонентом біоти, що вегетує у ВОУ, є фітомікроепіфітон – угруповання водоростей, що обростають підводні частини рослин. Видовий склад епіфітних угруповань у водоймах України в основному визначається надходженням водоростей з вододжерел. Одним із провідних чинників, що зумовлюють формування і розвиток епіфітону в водоймах, є екологічні особливості ВВР та їхнє проективне покриття. При цьому, для якісного складу епіфітних водоростей екологічна група ВВР великого значення не має, але вона відіграє провідну роль для їх кількісного розвитку. На занурених рослинах кількісні показники епіфітних угруповань водоростей значно вищі, ніж на повітряно-водних.

На окремих їх ділянках водойм чисельність і біомаса епіфітних водоростей коливаються в значних межах. Важливими чинниками, що визначають характер вегетації епіфітних водоростей є прозорість, швидкість течії і температура води. Температурний режим визначає сезонну динаміку епіфітону, а підвищення каламутності негативно впливає на його вегетацію, внаслідок чого на ділянках водойм із більш прозорою водою кількісні показники епіфітону, як правило, вищі.

Значний вплив на вегетацію епіфітних угруповань водоростей у водоймах річкового живлення, до яких належать ВОУ, здійснює „цвітіння” води, властиве вододжерелу – річка Дунай. „Осадження” планктонних синьозелених водоростей, зокрема *Microcystis aeruginosa*, на ВВР, негативно впливає на розвиток діатомових і зелених епіфітних водоростей.

Натурними дослідженнями, проведеними у весняно-літній період 2019 р., показано, що видовий склад епіфітних водоростей ВОУ, нараховує 70 видів і внутрішньовидових таксонів водоростей з 6 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta).

За видовим різноманіттям домінують діатомові (45% загальної кількості видів), зелені (35%) і синьозелені водорості (10%). Роль водоростей інших відділів (золотистих, евгленових, криптофітових) є незначною і не перевищує 1–3%.

Встановлено, що впродовж вегетаційного сезону найбільше якісне і кількісне різноманіття епіфітону спостерігається влітку, в основному за рахунок зелених і синьозелених водоростей, кількість видів яких порівняно з весною може збільшуватись у 6–10 разів. У весняний і осінній період переважають діатомові водорості, на частку яких припадає більше 70% загальної кількості видів. Кількісне різноманіття фітомікроепіфітону ВОУ коливається в широких межах: чисельність – від 21746 до 168151 тис. кл/г абсолютно сухої маси рослин і біомаса – від 26,42 до 67,75 мг/г абсолютно сухої маси рослин (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Чисельність (*N*, тис. кл/г АСМ) і біомаса (*B*, мг/г АСМ)
фітомікроепіфітону ВОУ (весняно-літній сезон 2019 р.)***

Відділи	Рдесник пронизанолистий		Водопериця колосова		Різуха морська		Валіснерія спіральна	
	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>N</i>	<i>B</i>
Cyanophyta	<u>17565</u> 81	<u>2,07</u> 8	<u>150034</u> 89	<u>4,79</u> 7	<u>20756</u> 33	<u>0,68</u> 2	<u>31707</u> 46	<u>2,39</u> 6
Euglenophyta	<u>31</u> *	<u>0,07</u> *	—	—	—	—	—	—
Cryptophyta	—	—	—	—	<u>139</u> *	<u>0,31</u> 1	—	—
Chrysophyta	<u>16</u> *	<u>0,001</u> *	—	—	—	—	—	—
Bacillariophyta	<u>2870</u> 13	<u>19,73</u> 75	<u>16187</u> 10	<u>62,64</u> 92	<u>23263</u> 37	<u>18,04</u> 60	<u>34281</u> 49	<u>35,55</u> 85
Chlorophyta	<u>1264</u> 6	<u>4,55</u> 17	<u>1931</u> 1	<u>0,32</u> *	<u>18388</u> 29	<u>10,96</u> 37	<u>3276</u> 5	<u>4,09</u> 10
Всього	<u>21746</u> 100	<u>26,42</u> 100	<u>168151</u> 100	<u>67,75</u> 100	<u>62546</u> 100	<u>30,00</u> 100	<u>69264</u> 100	<u>42,03</u> 100

Примітка. Над рискою – чисельність (біомаса) водоростей даного відділу, під рискою – % від загальної чисельності (біомаси); „—” – представників даного відділу не виявлено; „” – частка чисельності (біомаси) даного відділу менше 1%.

Найбільшою чисельністю і біомасою характеризується епіфітон водопериці колосової, що пояснюється великою площею поверхні даної рослини, зумовленою значним ступенем розсіченості листової пластинки. За кількісним різноманіттям переважають діатомові, синьозелені і зелені водорості. На усіх досліджуваних видах ВВР за чисельністю домінують дрібноклітинні синьозелені і діатомові водорості, за біомасою – крупноклітинні діатомові і зелені.

Домінуючий комплекс, тобто сукупність видів, біомаса кожного з яких складає не менш, ніж 10% від загальної біомаси проби епіфітону, представлений діатомовими, синьозеленими і зеленими водоростями (табл. 6.2).

Із синьозелених значною часткою біомаси характеризуються: *Lyngbia kuetzingii*, яка є типовим представником обростань, а також *Microcystis aeruginosa*, який „осаджується” на екземпляри ВВР з планктону.

Ясно, що синьозелені водорості, які надходять з р.Дунай у період „цвітіння” води, можуть здійснювати значний вплив на епіфітон ВОУ. У цей час у результаті масового „осадження” на рослини планктонних синьозелених водоростей рівень розвитку епіфітону суттєво зростає, іноді навіть у 20–30 разів.

Проведений спеціальний діатомовий аналіз показав, що із діатомових до складу домінуючого комплексу входять: *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvula*, *Encyonema elginense*, *Melosira varians*, *Cymbella affinis*, *Amphora ovalis*, *Navicula tripunctata*, *N. cryptocephala*, *N. radiosa*, *Achnanthisidium minutissima*, *Nitzschia palea*, *N. dissipata*, *Synedra ulna*.

Із зелених водоростей домінують нитчасті форми: *Oedogonium* sp. і *Stigeoclonium tenue*.

**Структура домінуючого комплексу фітомікроепіфітону ВОУ за біомасою
(весняно-літній сезон 2019 р.)***

Домінуючі види	Рдесник пронизанолистий	Водопериця колосова	Різуха морська	Валіснерія спіральна
<i>Lyngbia kuetzingii</i>	—	<u>3,39</u> 5	—	<u>2,52</u> 6
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<u>1,85</u> 7	—	—	—
<i>Cocconeis placentula</i>	<u>4,23</u> 16	<u>9,48</u> 14	<u>3,30</u> 11	<u>9,25</u> 22
<i>Gomphonema parvula</i>	<u>2,64</u> 10	—	<u>2,10</u> 7	—
<i>Encyonema elginense</i>	—	—	<u>4,50</u> 15	<u>5,88</u> 14
<i>Melosira varians</i>	—	<u>6,10</u> 9	—	<u>3,36</u> 8
<i>Cymbella affinis</i>	<u>3,43</u> 13	—	—	—
<i>Amphora ovalis</i>	—	—	<u>3,60</u> 12	—
<i>Navicula tripunctata</i>	<u>1,32</u> 5	<u>12,87</u> 19	—	—
<i>Navicula cryptocephala</i>	1,32 5	—	—	<u>2,10</u> 5
<i>Navicula radiosa</i>	—	—	<u>2,10</u> 7	—
<i>Achnanthidium minutissima</i>	—	<u>3,39</u> 5	<u>2,40</u> 8	—
<i>Nitzschia palea</i>	<u>2,38</u> 9	—	—	—
<i>Nitzschia dissipata</i>	—	—	—	<u>2,94</u> 7
<i>Synedra ulna</i>	—	<u>6,78</u> 10	—	—
<i>Oedogonium sp.</i>	<u>3,17</u> 12	—	<u>2,40</u> 8	—
<i>Stigeoclonium tenue</i>	—	—	<u>3,00</u> 10	<u>3,78</u> 9

Примітка. Над рискою – біомаса домінуючого виду, мг/г АСМ, під рискою – % від загальної біомаси проби.

Інтенсивність первинної продукції фітомікроепіфітону на домінуючих видах вищих водяних рослин змінюється від 3,1 до 18,5 мг O_2 /г сухої маси рослини × добу, а деструкція органічних речовин – від 2,2 до 15,7 мг O_2 /г сухої маси рослини × добу (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Первинна продукція (A, мг O_2 /г сухої маси рослини × добу) і деструкція органічної речовини (R, мг O_2 /г сухої маси рослини × добу) фітомікроепіфітону вищих водяних рослин ВОУ (весняно-літній сезон 2019 р.)*

Рослини	A	R	A/R
Рдесник пронизанолистий	$\frac{6,5-11,2}{8,8}$	$\frac{7,8-9,0}{8,4}$	$\frac{0,83-1,24}{1,03}$
Водопериця колосова	$\frac{10,9-18,5}{14,5}$	$\frac{6,4-15,7}{10,8}$	$\frac{1,19-1,70}{1,44}$
Різуха морська	$\frac{3,1-3,4}{3,3}$	$\frac{2,2-4,0}{3,1}$	$\frac{0,79-1,45}{1,15}$
Валіснерія спіральна	$\frac{5,4-7,3}{6,4}$	$\frac{3,5-8,6}{6,0}$	$\frac{0,84-1,54}{1,19}$

*Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середні значення.

Співвідношення продукційно-деструкційних процесів (A/R) складає від 0,79 до 1,70 × добу.

6.2. Оцінка енергетичного потенціалу і харчового ресурсу фітоепіфітону Природно-штучного біомеліоративного комплексу

Узагальнення натурних даних по кількісному розвитку фітомікроепіфітону ВОУ показало, що в середньому його біомаса складає близько 41,55 мг/г сухої маси рослин. Калорійність сирої речовини фітомікроепіфітону прийняли за 0,8 ккал/г (Макаревич, 1985).

Узагальнення даних по продукційним характеристикам фітомікроепіфітону показало, що в середньому валова первинна продукція складає 8,25 мг O_2 /г сухої маси рослини × добу. Було прийнято, що трати на обмін (деструкцію) становлять 25% від валової первинної продукції. Отже, чиста первинна продукція фітомікроепіфітону становить 6,18 мг O_2 /г сухої

маси рослини $\times$ добу. У перерахунку на вегетаційний період занурених вищих водних рослин, які є субстратом для водоростей обростань (153 дні) (Растительность..., 1989), валова продукція фітомікроепіфітону становить $0,9 \text{ г O}_2/\text{г сухої маси рослини} \times \text{рік}$ або $47,63 \times 10^6 \text{ г O}_2/\text{всю акваторію водойм} \times \text{рік}$. Оскільки енергетичний еквівалент 1 г O_2 становить 3,51 кілокалорій, можна розрахувати, що біопродукційний потенціал фітомікроепіфітону досягає $167,18 \times 10^6 \text{ ккал/всю акваторію ВОУ} \times \text{рік}$.

Біопродукційний потенціал фітомікроепіфітону на 1 га акваторії ВОУ – близько $1,6 \times 10^5 \text{ ккал/га} \times \text{рік}$.

У доступних нам джерелах інформації не було знайдено даних щодо вмісту білків, жирів і вуглеводів у фітомікроепіфітоні. Вважаємо, що вміст поживних речовин у водоростях фітомікроепіфітону приблизно дорівнює такому як для водоростей фітопланктону і при домінуванні діатомових водоростей: вміст білків – 3–4% сухої маси, вміст жирів – 20–25%, вміст вуглеводів – 12–20% сухої маси (Растительность..., 1989).

Таким чином, угруповання фітомікроепіфітону є важливим компонентом екосистеми ВОУ.

В цілому ж, виходячи з запасів біомаси і біопродукційного потенціалу ВВР, нитчастих водоростей і фітомікроепіфітону, можна зробити висновок, що ВОУ представляють собою високоевтрофну екосистему, де процеси первинного продукування перевищують процеси деструкції. При відмиранні і розкладі надлишкової фітомаси у воду надходить значна кількість органічних речовин, що погіршує кисневий режим і якість води. Розрахунки показали, що біопродукційний потенціал вищих водних рослин ВОУ складає значний енергетичний потенціал. Тому, для досягнення збалансованості продукційно-деструкційних процесів, відновлення ефективної експлуатації ВОУ необхідно створення Природно-штучного біомеліоративного комплексу, до складу якого входять рослиноїдні риби.

РОЗДІЛ 7.

ЗООПЛАНКТОН І ЗООБЕНТОС (ЗООПЕРИФІТОН)

7.1. Якісна і кількісна характеристика зоопланктону

Угруповання безхребетних водної товщі (зоопланктон) представлені різноманітними дрібними тваринами, які, в основному, відносяться до коловерток (Rotatoria), гіллястовусих (Cladocera) і веслоногих ракоподібних – Copepoda.

Таксономічне і кількісне (величини чисельності і біомаси) різноманіття зоопланктону формується під впливом двох екологічних чинників:

- якісного і кількісного різноманіття зоопланктону, який надходить з джерела водозабору – р. Дунай;
- внутрішньоводойменних процесів, які протікають уже безпосередньо в водоймах; інтенсивність цих процесів, а відповідно, і формування різноманіття, визначається всією гамою абіотичних і біотичних чинників.

До перших із них відноситься: конфігурація ложа водойми, його глибина, ширина, гідрологічний режим (швидкість течії, ступінь її ламінарності чи турбулентності, об'єми водних мас, їх гомогенність чи стратифікація, тощо), температурний режим, прозорість чи каламутність води.

Із біологічних складових, які впливають на розвиток тварин, головними є кормовий ресурс (волорості, бактерії, детрит) і наявність (чи відсутність) пресу хижаків.

Зазвичай, в зоопланктоні придунайських водойм домінують коловертки, а найменш представленими є веслоногі ракоподібні (табл. 7.1).

За кількісним різноманіттям (величинами чисельності і біомаси) зоопланктону водойм України притаманні дуже значні коливання цих показників, які для одного і того ж водойму на різних ділянках можуть різнитися в межах до 3-5 порядків.

Таблиця 7.1

**Співвідношення (%) різних систематичних груп у зоопланктоні каналів
України (Гидробиология каналов, 1990)**

Безхребетні	Канали		
	Дніпро – Кривий Ріг	Сіверський Донець – Донбас	Інгулецький
Коловертки	11–19	7–24	10–23
Гіллястовусі	1–14	6–15	5–15
Веслоногі	0–5	3–9	2–8

Основні екологічні чинники, що визначають як часову, так просторову динаміку різноманіття зоопланктону, коротко були наведені вище. Конкретні ж підтвердження високої динаміки кількісного різноманіття зоопланктону основних каналів України наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Кількісне різноманіття зоопланктону каналів України

(Гидробиология каналов, 1990)

Канал	Чисельність (N), тис. екз/м ³	Біомаса (B), мг/ м ³
Сіверський Донець – Донбас	0,04–35,9	0,1–842,0
Дніпро – Кривий Ріг	0,1–517,7	1,3–5323,5
Дніпро – Донбас	0,2–85,4	1,0–1337,7
Північно-Кримський	0,5–126,1	0,3–1450,2
Інгулецький	0,04–275,1	1,0–1015,0

Аналіз результатів, отриманих за опрацьованими в лабораторних умовах натурними даними, показав, що зоопланктон був представлений різноманітними таксонами: Rotatoria – 16 видів, що становило 59% від загальної кількості організмів; відповідно Cladocera – 5 видів (18%). Веслоногі рачки Copepoda були представлені значною кількістю науплій на різних ювенільних стадіях розвитку, від ювенілій I-II стадії до вже дорослих личинок, які вже здатні «осідати» на субстрати.

Домінуючими видами зоопланктону (як по чисельності, так і по біомасі) були коловертки – *Ploesoma truncatum*, *Asplanchna sieboldi*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella quadrata* і веслоногий рачок – *Acanthocyclops americanum*.

По кількісному різноманіттю, основну частину чисельності – 83,0 тис. екз/м³, це 90% від загальної кількості чисельності зоопланктону, і біомаси – 172,9 мг/дм³; що відповідно складає 67% від сумарного зоопланктону формували коловертки.

Важливим, з точки зору формування біорізноманіття безхребетних, інтенсифікації процесів самоочищення водної товщі та створення і розширення площ акваторій з підвищеним харчовим ресурсом для риб-бентофагів, є знаходження в водній товщі в досить значних кількостях як велігерів (личинок молюсків *Dreissena*), так і вже їх розвинутих личинок, здатних до осідання на вільні субстрати в водоймі. Але, в той же час, збільшення ареалів розповсюдження *Dreissena* необхідно розглядати як потенційну загрозу створення біологічних перешкод ефективному функціонуванню водойм, особливо водозабірних станцій.

В цілому ж, проведення узагальнюючого аналізу по якісному і кількісному різноманіттю зоопланктону показує, що більшу частину року - весна, осінь, зима, - величини його біомас знаходяться в межах до одного грама на метр кубічний, і тільки в літній період, а це фактично не більше трьох місяців, можуть досягати величин біомас в декілька грам. Але при цьому, як було показано в розділі №3 (фітопланктон) і №7 (бактеріальне населення) даного звіту, зоопланктон відіграє суттєву роль в формуванні планктонних ланцюгів живлення багатьох представників іхтіофауни на різних етапах розвитку риб.

У значно меншій кількості розвивались гіллястовусі рачки, чисельність яких, в середньому, складала 0,4 тис. екз/м³, а біомаса всього – 0,005 г/м³. В цілому ж, таксономічне, кількісне різноманіття (за величинами чисельності і біомаси) червневого зоопланктону ВОУ представлені в табл. 7.3.

Таблиця 7.3

**Таксономічне і кількісне різноманіття (чисельність, N, тис. екз/м³; біомаса, B, г/м³)¹ зоопланктону
у червні 2019 р.**

Rotatoria			Cladocera			Copepoda		
Види	N	B	Види	N	B	Види	N	B
<i>Keratella cochlearis</i>	200	0,040	<i>Bosmina longirostris</i>	250	2,500	<i>Eurythemora affinis</i>	30	1,500
<i>K. quadrata</i>	6500	3,250	<i>B. coregoni</i>	15	0,450	<i>Acanthocyclops americanus</i>	400	28,0
<i>Synchaeta sp.</i>	30	0,024	<i>Daphnia cucullata</i>	15	0,900	<i>Ergasilus sp.</i>	15	0,150
<i>Polyarthra vulgaris</i>	2000	0,200	<i>Chidorus spaericus</i>	90	0,900	<i>Cyclops juvenes</i>	2500	25,0
<i>Asplanchna sieboldi</i>	850	17,0	<i>Evadne trigona</i>	15	0,450	<i>Nauplii</i>	5500	27,500
<i>Euchlanis dilatata</i>	64500	129,0						
<i>Ploesoma truncatum</i>	7500	22,500						
<i>Brachionus angularis</i>	50	0,025						
<i>Br. calyciflorus</i>	30	0,210						
<i>Br. diversicornis</i>	300	0,300						
<i>Filinia longiseta</i>	30	0,009						
<i>Trichocerca pusilla</i>	100	0,050						
<i>T. cylindrica</i>	200	0,040						
<i>T. capucina</i>	50	0,010						
<i>Lepadella patella</i>	50	0,005						
<i>Lecane luna</i>	650	0,195						

*Примітка. Представлені чисельності, біомаси є середніми величинами червневого зоопланктону.

Вважаємо, що максимального розвитку зоопланктон ВОУ, як це встановлено для їх джерела водного живлення – р. Дунай (Беспозвоночные и рыбы, 1989), досягає в липні – середині серпня і може складати до декількох г/м³. Аналогічна ситуація була встановлена і для серпневого зоопланктону, що характеризувала період інтенсивного розвитку копепода, коли тільки їх біомаса, коливалась в межах – 0,31-3,71 г/м³. Хоча вважаємо за необхідне зазначити, що з осінньо-зимовим зниженням температури води, як відомо, інтенсивність вегетації і кладоцера і копепода може знижуватись в декілька разів в порівнянні з літнім періодом.

Таким чином, зоопланктон ВОУ характеризується значним якісним і кількісним різноманіттям та відіграє значну роль в функціонуванні біоти, а відповідно, і ПШБК.

7.2. Якісна і кількісна характеристика зообентосу (зооперифітону)

Особливістю просторового розподілу донних безхребетних водойм є те, що за своїми екологічними і біотопічними характеристиками практично не можливо, навіть притримуючись історично встановлених гідробіологічних канонів (Зернов, 1934), провести грань: це є угруповання зообентосу чи зооперифітону? Тому не вдаючись до глибокої наукової дискусії будемо притримуватись думки одного із основоположників досліджень безхребетних – О.Г. Кафтанникової (Кафтанникова, 1975) і застосовувати термін «зообентос».

В зообентосі ВОУ виділяються дві життєві зони безхребетних з специфічною структурою угруповань:

Перша – від урізу води, вглибину по відкосу до 1,5-2,0 м. В основному, це дрібні тваринні організми, які відносяться до мікро-, мезобентосу, і представлені різноманітними донними формами коловерток, ракоподібних, гідр, нематод, олігохет, гамарусів і таке інше.

Друга зона – від 2,0 м і нижче, включаючи і дно водойми; розвиваються більш крупні форми, з домінуванням за способом живлення фільтраторів: мшанки, ручейники, хирономиди, а також види роду *Dreissena*: *D. polymorpha* і

D. Bugensis. За сприятливих умов молюски можуть формувати гігантські колонії («друзи»), біомаса яких може перевищувати декілька кг/м² субстрату.

З представлених в табл. 7.4 даних видно, що в усіх шести каналах, не залежно від їх типу, провідна роль належить молюскам. Причому, важливо відмітити, що деякі з наведених (табл. 7.4) каналів відносяться до тих, які в осінньо-зимовий час практично не функціонують і в повній мірі заповнюються водою тільки навесні наступного року.

У каналах просторовий розподіл зообентосу, його якісне і кількісне різноманіття, крім особливостей сезонного розвитку, визначається режимом швидкостей течій, в залежності від джерела водозабору, а також морфологією та субстратом ложа каналу. При цьому, в найбільшій мірі, коливаються величини чисельності і біомаси і межі коливань між мінімальними і максимальними показниками. Так, в одному і тому ж каналі ці показники можуть досягати декількох порядків. В цілому ж, кількісне різноманіття (за чисельністю і біомасою) зообентосу може сягати декількох порядків (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Кількісне різноманіття за чисельністю (N, тис. екз/м²) і біомас (B, г/м²) зообентосу в каналах України.

Канал	N		B	
	Загальна	Без молюсків	Загальна	Без молюсків
ГКМК	0,8-173,8	0,2-165,1	0,3-17778,0	0,4-19,2
Сіверський Донець-Донбас	0,2-45,7	0,2-44,7	0,02-280,0	0,02-20,4
Дніпро-Кривий Ріг	0,5-69,9	0,2-66,6	0,07-3007,0	0,03-18,0
Дніпро-Донбас	0,14-103,7	0,01-34,0	0,07-17375,0	0,62-17,8
Північно-Кримський	0,2-314,0	0,2-312,0	0,04-10217,0	0,06-17,9
Інгулецький магістральний канал	0,2-84,0	0,01-84,0	0,06-447,0	0,01-5,3

В значній мірі, феномен домінування в біомасі зообентосу каналів молюсків, пояснюють результати спеціальних досліджень часової динаміки молюска дрейсени, які були приведені на каналі Дніпро-Кривий Ріг (табл. 7.5).

**Біомаса (В, г/м²) і продукція (Р, г/м³) цьогорічної дрейсени,
що поселилася на субстрат каналу Дніпро-Кривий Ріг в різний час
(Гидробиология каналов, 1990)**

Період часу	ΣB	ΣP	$\Sigma P/B$
19/V* – 30/VIII**	66,7	117,5	1,7
8/VII – 30/VIII	143,5	553,7	3,8
16/VII – 30/VIII	146,6	647,7	4,4
27/VII – 30/VIII	56,2	194,8	3,4
6/VIII – 30/VIII	20,0	52,5	2,6
16/VIII – 30/VIII	6,9	12,1	1,7

* - Час поселення велігерів дрейсени на субстрат.

** - Час відбору поселень (колоній) дрейсени.

З представлених в табл. 7.5 даних наглядно видно, що навіть при різних часових інтервалах дослідів, за рахунок збагачення води як розчиненими, так і дрібно розмірними завислими органічними речовинами, проходить інтенсивний розвиток *Dreissena*.

Строки експозицій дослідів коливались від декількох місяців до двох неділь, протягом яких в ВОУ спостерігається інтенсивна експансія велігерів дрейсени, які поселяються на субстрат і формують значні біомаси.

Отже, важливим (з точки зору механізмів формування біоперешкод, до яких належать молюски дрейсени) є те, що «поселення» на субстрат велігерів молюсків відбувалось протягом всього періоду дослідів – з третьої декади квітня до кінця липня. А виходячи з біологічних характеристик молюсків роду *Dreissena*, «початок», а відповідно і «закінчення» міграції велігерів, може мати і більший часовий інтервал, що ще раз підкреслює їх роль в формуванні живої біотичної речовини водойм України і, відповідно, біологічних загроз.

Крім представників макрозообентосу, до яких належать молюски, в формуванні особливого видового різноманіття належить дрібним тваринам різних систематичних таксонів, які об'єднуються в таку специфічну еколого-біотопічну групу, як мікрозообентос.

Встановлено, що одним із домінуючих чинників, який визначає інтенсивність розвитку організмів мікрозообентосу, є ступінь замуленості субстрату. Так, в табл. 7.6 приводяться дані по величинам середніх біомас мікрозообентосу, який розвивався на відкосах каналу Сіверський Донець-Донбас в залежності від ступеня замуленості відкосів каналу.

Таблиця 7.6

Середня біомаса (В, г/м²) мікрозообентосу на облицьованих відкосах каналу Сіверський Донець-Донбас в залежності від ступеня замулення.

Біомаса мікрозообентосу	Ступінь замулення відкосів			
	не замулені	слабо замулені	середньо замулені	сильно замулені
	0,92	19,65	12,28	26,32

Таким чином, приведені характеристики структурно-функціональної організації безхребетних водної товщі та різнотипних субстратів, показують їхнє високе якісне і кількісне різноманіття. Це, безперечно, вказує на їх важливу роль в процесах формування якості води, колообігу речовин, харчового ресурсу для риб, а отже і функціонування ПШБК ВОУ.

РОЗДІЛ 8.

РОЛЬ БАКТЕРІАЛЬНИХ УГРУПОВАНЬ У РІЗНОМАНІТТІ БІОТИ ТА ФУНКЦІОНУВАННІ ПРИРОДНО-ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

У структурній організації біоти ВОУ суттєве значення належить бактеріальним угрупованням, які присутні в усіх екологічних (біотопічних) групах: планктоні, бентосі, обростаннях штучних субстратів, ВВР і, навіть, колоніальних форм Cyanophyta.

Відповідно, таке широке поширення мікроорганізмів зумовлює те, що структурно-функціональна організація бактеріальних угруповань в значній мірі визначає збалансованість процесів первинного продукування (А) і деструкції органічних речовин (R).

Важливо зазначити, що A/R – не тільки показник біопотенціалу водної екосистеми, а й провідна характеристика процесів самоочищення-самозабруднення, що в кінцевому результаті визначає якість водного середовища. Крім того, бактерії в значній мірі визначають і екологічний стан водойм.

У ВОУ чисельність, біомаса, сезонна динаміка, функціональна активність бактерій визначається:

а) характеристикою джерела водопостачання - в даному випадку це інтенсивність розвитку водної мікрофлори, що надходить до водойм; екологічний стан, продуктивність, якість води нижньої частини Дунаю;

б) інтенсивністю, сезонною динамікою та направленістю внутрішньоводоймних процесів, які протікають безпосередньо в різних водних об'єктах.

Крім того, необхідно враховувати особливості гідрологічного, гідрохімічного режимів, інтенсивність експлуатації та морфологічні показники (глибина, ширина, конфігурація русла) як основного каналу, так і інших зрошувальних систем, бо, апріорі, ці процеси в кожному з водотоків мають свою специфіку.

Найчисельнішим компонентом бактеріального населення водойм є бактеріопланктон, тобто ті мікроорганізми, що розвиваються у водній товщі водотоку.

Бактеріопланктону ВОУ належить провідна роль у деструкції органічних речовин (ОР) у воді і лише в періоди масового розвитку фітопланктону (фактично це червень–серпень) величини добового дихання водоростей та бактерій приблизно однакові. При цьому, інтенсивність бактеріальної деструкції органічних речовин залежить від температури води і вмісту в ній ОР. Ранньою весною вона, як правило, мінімальна – $0,1\text{--}0,3 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3 \times \text{добу}$. Влітку, з підвищенням температури води, споживання кисню зростає до $0,3\text{--}0,8 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3 \times \text{добу}$, а при надходженні в водойми із Дунаю фітопланктону, який виступає у якості додаткового органічного субстрату для бактерій – збільшується до $1,5 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3 \times \text{добу}$.

Важливими складовими бактеріальних угруповань є бактеріоперифітон (бактеріальні обростання всіх споруд: шлюзи, відкоси, решітки тощо) та бактеріоепіфітон, що являє собою бактеріальні обростання ВВР, що вегетують у каналі. Доведено (Якушин, 1996), що у Північно-Кримському каналі чисельність бактеріоепіфітону на ВВР різних видів (очереті, рогозі, рдеснику) в літній період становила $195,2\text{--}399,6 \text{ млн. кл/г}$ вологої маси рослини і не мала чітко вираженої залежності від виду макрофіта.

Так, у каналі Дніпро – Кривий Ріг, що також живиться з водосховища, загальна чисельність бактерій в обростаннях рослин різних видів влітку становила $221,4\text{--}441,2 \text{ млн. кл/г}$. Більш високою була вона у занурених рослин (рдесника, куширя), в порівнянні з повітряно-водними (очеретом, рогозом).

За інтенсивністю розвитку бактеріоепіфітону різних екологічних груп ВВР найбільших показників він досягає на занурених рослинах, що затримують на своїй поверхні багато завислих речовин, і тому формують додатковий субстрат для бактерій.

Отже, виходячи з ролі бактерій у водній екосистемі, їх необхідно розглядати як важливий компонент ПШБК, який забезпечує взаємозв'язок у колообігу органічних речовин, виконуючи наступні функції:

1. Трофічну – синтезуючи бактеріальну біомасу, забезпечує функціонування трофічного ланцюга: „бактеріопланктон → зоопланктон (рачки-бактеріофаги, поліфаги) → риби”. Необхідно відмітити, що крім планктонного харчового ланцюга, існують й інші трофічні ланцюги: „бактеріобентос → донні безхребетні → риби” і „бактеріоперифітон → перифітонні безхребетні → риби”. Хоча, трофічна роль бактерій цих ланцюгів у забезпеченні харчових ресурсів екосистеми нижче, ніж планктонного трофічного ланцюга.

2. Формування бактеріально-детритних агломерацій, що значно підвищує енергетичну цінність детриту, який входить до складу як планктонного, так і бентосного ланцюгів живлення.

3. Деструкційна роль бактерій – у процесі своєї життєдіяльності гетеротрофні мікроорганізми редукують органічні речовини до мінеральних форм азоту: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- і фосфору – до фосфатів, що в свою чергу сприяє:

- інтенсифікації фотосинтезу фітопланктону, фітоепіфітону, фітомікробентосу і ВВР;

- через зменшення органічних речовин у воді зростає її якість.

У цілому, бактеріопланктон, бактерії обростають різних субстратів відіграють важливу роль у формуванні біологічного потенціалу, продуктивності, процесів самоочищення-самозабруднення, які лежать в основі формування якості води водотоку.

Так, частка бактеріопланктону в загальній деструкції органічної речовини планктоном у водоймі може складати до 70%. Між інтенсивність деструкційних процесів та вмістом бактеріопланктону, концентрацією органічної речовини, температурою води є тісний позитивний зв'язок.

Доля бактерій обростають у загальній деструкції органічної речовини біотичними угрупованнями (фіто-, зоопланктон, фіто-, зообентос, ВВР) в екосистемі ВОУ досягає 11–19%.

Отже, бактеріальні угруповання ВОУ (бактеріопланктон, бактеріоперифітон, бактеріоепіфітон) відіграють важливу роль в їх екосистемі. Не зважаючи на те, що на сьогоднішній день, фактично відсутні

репрезентативні натурні дані, що характеризують бактеріальне населення та його роль у функціонуванні екосистеми ВОУ, бактеріопланктон, бактеріоперифітон, бактеріоепіфітон, бактеріобентос є важливим біотичним компонентом водойм придунав'я.

Вважаємо, що після створення ПШБК необхідною умовою для забезпечення оптимального його функціонування є включення комплексних мікробіологічних досліджень бактеріального населення в Моніторинг наукового супроводу. Також, враховуючи особливості гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного режиму необхідно провести мікробіологічний моніторинг як основних каналів, так і прилеглих зрошувальних систем та водосховищ.

Таким чином, бактеріальне населення, яке характерне для всіх біотопів (планктон, бентос, епіфітон, перифітон) ВОУ, є важливим природним біотичним компонентом, що не лише безпосередньо забезпечує життєдіяльність ПШБК, але і бере участь у процесах самоочищення. Ці процеси визначають якість води, що надходить до сільськогосподарських водоспоживачів та, що не менш важливо, водозабезпечення питних потреб соціуму південних регіонів України.

РОЗДІЛ 9.

СТРУКТУРА, ФУНКЦІОНУВАННЯ І РОЛЬ ПРИРОДНО-ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ В ЕФЕКТИВНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОУ

9.1. Наукова суть організації і функціонування ПШБК

В процесі своєї життєдіяльності різноманітні угруповання гідробіонтів формують структуру і функціональні взаємозв'язки в екосистемі, що і є біологічним базисом біомеліоративного комплексу.

Основними біотичними чинниками, які визначають взаємозв'язки між угрупованнями гідробіонтів різних екологічних груп (планктон, бентос, перифітон, епіфітон), є трофічні зв'язки. В їх якості виступають різноманітні трофічні ланцюги гідробіонтів, які контактують між собою харчовими взаємовідношеннями. Відповідно, трофічні ланцюги являють собою один з найважливіших механізмів адаптації гідробіонтів для свого існування в конкретній водній екосистемі. Зміна якісного складу, величин чисельності (біомаси) навіть одного виду, безперечно, вплине на розвиток гідробіонтів на більш високих рівнях структурно-функціональної організації біоти.

Аналіз складних біологічних взаємовідносин гідробіонтів в водній екосистемі можливе лише за певної міри їх формалізації. Для цього на основі приведених в попередніх розділах Програми, якісному і кількісному різноманітті, а також даних по структурно-функціональній організації гідробіонтів ВОУ, до певної міри віртуально, виділимо два основних типи трофічних взаємовідносин:

1. Пасовищний: фітопланктон → мирний зоопланктон → хижий зоопланктон → риби-планктофаги → хижі риби;
або фітобентос (чи фітоперифітон) → зообентос → риби-бентофаги → хижі риби.
2. Детритний і «мертві» органічні речовини (детрит) + бактерії, що на ньому поселяються → організми-детритофаги (зоопланктон, зообентос) + риби-бентофаги → хижі риби.

Як правило, в більшості водних екосистем, а до таких відноситься і ВОУ, як в просторових, так і часових координатах, паралельно існують обидва ланцюги. При цьому важливим є те, що можуть формуватись і більш складні трофічні взаємозв'язки, при яких проходить діалектичне взаємопоєднання обох трофічних ланцюгів даної екосистеми. Характерною рисою цих складних надорганізменних біологічних систем є те, що в них представленні гідробіонти різних екологічних груп: планктон, бентос, перифітон, епіфітон, а також і трофічних рівнів і автотрофна ланка (водорості, ВВР), консументи і редуценти.

Зрозуміло, що чим різноманітнішими є трофічні взаємовідносини, тим в водній екосистемі формується складніша і, як правило, взаємодоповнююча одна одну, структура біоти.

Приведений аналіз доступного літературного матеріалу, даних і, особливо, отриманих в весняно-літньо-осінній період 2019 р. натурних даних по різних компонентах біоти водойм, дозволив, до певної міри схематично, виділити основні трофічні взаємозв'язки гідробіонтів, які і визначають структурно-функціональну організацію біоти ВОУ. Ці взаємозв'язки між основними угрупованнями гідробіонтів водойм в схематичному вигляді представлені на рис. 9.1.

Детальний аналіз приведених схем взаємозв'язків, їх науково-практична верифікація з використанням отриманих натурних матеріалів по якісному і кількісному різноманіттю гідробіонтів, для таких специфічних об'єктів як ВОУ, безсумнівно, має значне наукове значення. Але, виходячи з Технічного завдання даної НДР, зупинимось на детальному аналізі тільки тих з них, які формують основні біологічні загрози, що погіршують ефективну роботу водойм Кілійського МУВГ на сьогоднішній день чи можуть бути потенційною загрозою в майбутньому.