

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ**

На правах рукопису

Задорожна Ганна Михайлівна

УДК [581.526.325:574.5](285.33)(477.41)

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ ВЕРХНЬОЇ
ЧАСТИНИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В ЛОТИЧНИХ І
ЛЕНТИЧНИХ УМОВАХ**

03.00.17 – гідробіологія

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Науковий керівник
Щербак Володимир Іванович
доктор біологічних наук, професор
провідний науковий співробітник

Київ – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1. Особливості розвитку фітопланктону рівнинних водосховищ	9
1.2. Стан дослідження фітопланктону Канівського водосховища	16
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА, КЛІМАТИЧНА, ГІДРОЛОГІЧНА І ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	24
РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
РОЗДІЛ 4. ФЛОРИСТИЧНА І ТАКСОНОМІЧНА СТРУКТУРА ФІТОПЛАНКТОНУ	48
4.1. Лотичні умови	48
4.2. Лентичні умови	53
4.3. Загальна характеристика фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища	58
РОЗДІЛ 5. ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛОТИЧНИХ УМОВАХ	68
5.1. Видове багатство фітопланктону	68
5.2. Кількісні показники розвитку фітопланктону та його домінуючий комплекс видів	72
РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛЕНТИЧНИХ УМОВАХ	90
6.1. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону	90
6.2. Вертикальний розподіл кількісних показників розвитку фітопланктону та його домінуючого комплексу видів	97
РОЗДІЛ 7. РОЗВИТОК ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА ДІЇ РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ	107
ВИСНОВКИ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	130
Додаток А	152

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

В. В. Т.	внутрішньовидові таксони водоростей включно з номенклатурним типом виду
ВВР	вища водяна рослинність
В	біомаса фітопланктону, мг/дм^3
F	частота трапляння видів, %
H	глибина, м
H_B	індекс інформаційного різноманіття Шеннона, обчислений за видовим багатством і біомасою фітопланктону, біт/мг
K_s	коефіцієнт подібності видового складу Серенсена
N	чисельність фітопланктону, тис. кл/дм ³ , млн. кл/дм ³
$N_{\text{неорг}}$	неорганічний азот, мг N/дм^3
p	рівень значимості
$P_{\text{неорг}}$	неорганічний фосфор, мг P/дм^3
Q	сумарна сонячна радіація, МДж/м^2
r	коефіцієнт кореляції
S	відносна прозорість води, м
$Si_{\text{розч}}$	розчинений кремній, мг/дм^3
t	температура, °C
τ	коефіцієнт рангової кореляції Кендела

ВСТУП

Актуальність теми. Верхня частина Канівського водосховища окрім основного русла включає достатньо різноманітну придаткову мережу (рукава, затоки, протоки тощо) [135, 140]. Це зумовлює існування в межах однієї екосистеми принципово різних ділянок, які характеризуються відмінними гідролого-морфологічними умовами, що притаманні для лотичних та лентичних екосистем.

Важлива роль у формуванні продуктивності та біорізноманіття дніпровських водосховищ належить фітопланктону – найбільш масовому компоненту біоти гідроекосистеми, який є первинною ланкою в трофічному ланцюзі.

До сьогодні у дослідженнях фітопланктону Канівського водосховища основна увага приділялась вивченню його видового багатства, чисельності, біомаси, продукційно-деструкційних показників, сукцесії на різних етапах існування водоймища [11, 25, 86, 162, 171]. У той же час, в літературі відсутні дані щодо цілорічних змін у розвитку планктонних водоростей у лотичних та лентичних умовах. Не дослідженими також залишаються особливості впливу екологічних чинників на розвиток фітопланктону на сучасному етапі сукцесії Канівського водосховища.

Актуальність зазначених досліджень зростає з наведенням доказів того, що клімат України змінюється [7, 60, 106]. Особливо помітним у останні десятиріччя став вплив кліматичних змін на гідрологічні характеристики Дніпра [1]. Зокрема, для Канівського водосховища встановлено зростання теплозапасу, а також зміни у сезонному розподілі тепла [18].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в Інституті гідробіології НАН України в рамках державних науково-дослідних тем: «Розробка теоретичних основ еволюції екосистем рівнинних водосховищ і методології управління їх

екологічним станом» (ДР № 0106U002148), «Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем рівнинних водосховищ в умовах глобальних кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії» (ДР № 0111U000077).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи – встановити особливості видового складу та кількісні показники фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних та лентичних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести ретроспективний аналіз досліджень фітопланктону рівнинних водосховищ;
2. Встановити таксономічну та екологічну структуру фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища;
3. З'ясувати особливості сезонної динаміки якісних та кількісних показників розвитку фітопланктону в лотичних умовах;
4. Дослідити вертикальний розподіл видового складу, чисельності та біомаси фітопланктону в лентичних умовах;
5. Встановити особливості впливу аномальних гідрометеорологічних умов на видове багатство та кількісні характеристики фітопланктону в лотичних та лентичних умовах;
6. Виявити екологічні чинники, які впливають на розвиток фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища.

Об'єкт дослідження – фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища.

Предмет дослідження – якісні та кількісні показники розвитку фітопланктону в лотичних і лентичних умовах.

Методи дослідження. У роботі використовували загальноприйняті в гідробіології методи відбору та опрацювання альгологічних проб. Визначення видового складу водоростей проводили за допомогою світлової мікроскопії та загальновідомих визначників прісноводних водоростей.

Були використані аналітичні, статистичні та графічні методи опрацювання даних.

У процесі роботи над дисертацією не були порушені біоетичні норми.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено особливості розвитку (видове багатство, склад домінуючого комплексу, чисельність, біомасу) фітопланктону в лотичних та лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища. Вперше показано, що внаслідок підвищення середніх багаторічних температур води зростає тривалість літнього та осіннього періодів вегетації фітопланктону. Відгуком водоростей на ці зміни є декілька підйомів біомаси з відмінним домінуючим комплексом видів.

Отримані нові дані щодо вертикального розподілу фітопланктону в лентичних умовах: обернена стратифікація взимку, пряма – влітку та відносно рівномірний розподіл по всій водній товщі навесні та восени. У періоди стратифікації водних мас у видовому багатстві, чисельності та біомасі водоростей частка Bacillariophyta зменшувалась від поверхні до дна, тоді як Chlorophyta та Cyanophyta, навпаки, збільшувались.

Вперше виявлено, що зростання температури води в літній період від середньої багаторічної ($20,9\text{--}21,2^{\circ}\text{C}$) до аномально високої ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) супроводжувалось зменшенням кількості видів фітопланктону та змінами його чисельності та біомаси. Показано, що за аномально високих температур води максимум чисельності формувався у поверхневому горизонті за рахунок розвитку Cyanophyta, тоді як максимум біомаси – на глибині близько 2,0 м за рахунок Bacillariophyta та Dinophyta.

Встановлено, що діатомові та зелені водорості досягають максимальних якісних та кількісних показників розвитку за температур води близько $22,0\text{--}23,0^{\circ}\text{C}$, тоді як за аномально високих температур фітопланктон представлений, в основному, синьозеленими водоростями.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дані можуть бути використані для екологічного моніторингу стану рівнинних водосховищ, оцінки їх біорізноманіття та біоресурсного потенціалу. Також

для прогнозування можливих змін у водних екосистемах в умовах глобальних кліматичних флуктуацій. Наведений перелік видового складу фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища за 2010-2012 рр. може знайти застосування у флористичних, гідробіологічних та екологічних дослідженнях дніпровських водосховищ, а також залучений до навчальних курсів з гідробіології та ботаніки.

Особистий внесок здобувача. Дисертантом здійснено аналіз і узагальнення сучасної вітчизняної та іноземної літератури за темою дисертації, сформульовано мету, основні завдання дослідження. Виконано збір натурного матеріалу, його камеральне опрацювання, визначено видовий склад, чисельність та біомасу водоростей. Проведено статистичну обробку отриманих даних, інтерпретацію результатів досліджень та сформульовано висновки. Особисто та у співавторстві опубліковано наукові праці, де висвітлені основні результати проведених досліджень.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи були представлені на: V та VII з'їздах Гідроекологічного товариства України (Житомир, 2010, Київ, 2015); XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2010); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні досягнення біотехнології» (Київ, 2010); 3-м Международном экологическом форуме «Чистый город. Чистая река. Чистая планета» (Херсон, 2011); Науково-практичній конференції, присвяченій 95-річчю заснування Національної академії наук України «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Київ, 2013); Другому Міжнародному водному форумі «Інтегроване управління водними ресурсами: дослідження, інновації, освіта» (Київ, 2014); Науково-практичній конференції, присвяченій 75-річчю заснування Інституту гідробіології Національної академії наук України «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Київ, 2015).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи відображено у 18 наукових публікаціях, у тому числі 7 статей опубліковано в періодичних виданнях, які входять до переліку фахових, затвердженого ДАК України, із них 3 статті у «Hydrobiological Journal»; решта – у матеріалах і тезах конференцій та з'їздів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, опису об'єктів та методів досліджень, 4 розділів з результатами власних досліджень, висновків, списку використаної літератури, який нараховує 210 найменувань. Робота викладена на 163 сторінках, містить 8 таблиць, 51 рисунок та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Особливості розвитку фітопланктону рівнинних водосховищ

Цілеспрямоване зарегулювання річкового стоку супроводжується змінами гідродинамічних, гідрофізичних та гідрохімічних показників (зменшення швидкості течії, сповільнений водообмін, збільшення теплоємності, зміни іонного складу та вмісту біогенних речовин у воді тощо). Перехід водної екосистеми із лотичного типу в лентичний, спричиняє порушення різноманіття аборигенної флори і фауни, структурно-функціональної організації угруповань гідробіонтів, трофічних взаємозв'язків та, як наслідок, зміни продуктивності, якості води та екологічного стану новоствореного водного об'єкту.

Водосховища, як складні, динамічні антропогенно змінені екосистеми підпорядковуються закономірностям формування і розвитку, які притаманні природним водоймам, але одночасно з цим значний вплив на усі процеси, які в них протікають, спричинює антропогенна діяльність і, перш за все, режим експлуатації гідровузлів.

Водосховища можна систематизувати за багатьма якісними властивостями та кількісними критеріями. Найбільш суттєвими є ознаки, які визначають основні риси природних процесів та напрямки господарського використання цих водойм або необхідні для розуміння процесів, які в них відбуваються. Так, наприклад, за розміщенням в межах географічної зони чи висотного поясу [2, 3] виділяють водосховища рівнинних, передгірних та плоскогірних територій, гірських областей.

Не менш важливою є типізація водосховищ за термічним режимом [23], яка визначається, перш за все, географічною широтою та кліматичними умовами. Згідно якої водойми сповільненого водообміну поділяються на голоміктичні (час від часу водна товща повністю переміщується),

мероміктичні (циркуляційні процеси в межах всієї водної товщі від поверхні до дна відсутні) та аміктичні (постійно вкриті льодом).

Функціонування та продуктивність водосховищ, як і будь-яких водних об'єктів, визначається різноманіттям трофічних рівнів, головна роль з яких належить автотрофному, який в дніпровських водосховищах формується, в основному, фітопланктоном. Видовий склад, структурні та функціональні характеристики планктонних водоростей дозволяють оцінити трофічний рівень, екологічний стан водного об'єкту та виявити направленість процесів, які в ньому відбуваються [158].

Специфікою водойм помірного поясу, до яких відносяться водосховища Дніпровського каскаду, є циклічні зміни гідрофізичних та гідрохімічних параметрів водної товщі, які визначаються сезонними гідрометеорологічними умовами. Зокрема, особливістю водойм сповільненого стоку є наявність весняного і осіннього перемішуванням водних мас, а також температурна стратифікація у літній та зимній періоди.

Таким чином, фітопланктону водосховищ помірних широт притаманна часова мінливість його різноманіття, яка за певних умов середовища зумовлює домінування тих чи інших видів. Таку мінливість називають сезонною динамікою фітопланктону, яка описується зміною домінантних, субдомінантних та фонових видів, а також кількісного розвитку в різні сезони року.

Фітопланктон водосховищ досліджувався практично в усіх географічних поясах та природних зонах [108, 175, 176, 185, 187, 192, 193, 206, 207]. Найбільш вивчені водосховища Волзько-Камського, Дніпровського каскаду, Ангара-Єнисейського басейну [8, 54, 62, 70, 72, 93, 116, 120, 133, 137, 141, 146, 148, 170].

Проте, незважаючи на достатню регулярність вивчення окремих водних об'єктів, на сьогодні серед науковців немає єдиної думки щодо механізмів, які впливають на розвиток фітопланктону; не з'ясованими

залишаються також причини міжрічних варіацій продуктивності фітопланктону в один і той самий сезон різних років.

Відомо [15, 69, 97, 102, 103, 133, 185, 198, 202], що на зміну складу водоростей та динаміку їх рясності впливають різні комбінації факторів, серед яких першочергове значення мають динаміка водних мас, сонячна інсоляція, прозорість та температура води, концентрація основних хімічних елементів (фосфор, азот, залізо, вуглець та кремній), включно з сонячною та геомагнітною активністю [35, 36, 37, 40, 49, 78, 117, 131].

Так, на думку деяких авторів [53, 80, 81, 116, 179, 182, 194, 210], з усіх факторів, які здатні впливати на розвиток фітопланктону у водоймі, головне місце належить тим, які визначають його трофіку, зокрема, це біогенні елементи (азот, фосфор) та гумусові речовини.

Також показано регулюючий вплив на розвиток фітопланктону режиму стоку, який залежить від метеорологічних умов року та визначає надходження гумусових речовин, які пригнічують його розвиток. Встановлено прямий зв'язок міжрічних коливань біомаси фітопланктону з температурними умовами та обернений – з водністю року [93, 149].

Зв'язок між водністю та кількісним розвитком фітопланктону відмічений також для Дністра, Обі та інших великих рік [24, 26, 99, 127, 147, 154, 155, 164].

Окрім вмісту азоту і фосфору у воді, важливою є величина відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$, яка впливає на кількісні показники та видовий склад водоростей [75]. В натурних умовах та експериментально підтверджено, що додаткове збагачення азотом води з дніпровських водосховищ у літній сезон при домінуванні Cyanophyta і Bacillariophyta зумовлювало збільшення кількісних характеристик фітопланктону, інтенсивності його фотосинтезу та вмісту хлорофілу *a*. Підвищення концентрації ортофосфату у воді понад 0,2 мг Р/дм³, навпаки, зумовлювало зниження цих показників. При цьому направленість перебудови структури альгоутгруповань у значній мірі

зумовлена також іншими гідрохімічними характеристиками води (йонним складом, pH) [77, 79]

Показано [32], що одним із факторів, який впливає на розвиток фітопланктону, є «швидкість входження» організму в вегетаційний період. Тобто, першою умовою появи навесні того чи іншого виду є якісне та кількісне збереження цього виду у водоймі взимку. Так, форми, які провели зиму без ознак спокою вегетують першими, а тим, що перезимували в стані спокою, необхідний час для виходу з цього стану. Більшість водоростей, окрім діатомей, перезимовують в стадії цист, спор або в іншій формі з характерними ознаками стадії спокою. Щоб вийти з цього стану їм потрібен час, за наявності необхідної кількості світла та тепла, у той же час, центричні діатомеї вже при мінімальних цих умовах здатні «входити» в планктон. В лабораторних умовах встановлено, що представники Chlorophyta та Cyanophyta, які в зимовий період, зазвичай, зберігаються на мулах у стані спокою вступають у вегетацію на 5-6 днів пізніше діатомових. При цьому подальший розвиток водоростей залежить від хімічного складу навколишнього середовища. Так, масова поява діатомей весною та восени зумовлюється, головним чином, значними концентраціями заліза, активність якого в умовах пониженої температури і підвищеного вмісту CO₂ весною та восени зростає. Розвиток зелених регулює наявність азоту, а лімітуючим фактором для розвитку синьозелених є нестача фосфору та токсична дія мангану.

Значна увага в науковій літературі приділяється впливу біотичного чинника на направленість змін фітопланктону [12, 30, 31, 52, 55, 125, 168]. Так, вища водна рослинність (ВВР) в період активної вегетації споживає біогенні елементи та виділяє фітонциди, які пригнічують розвиток планктонних водоростей, а плаваючі на поверхні води рослини перехоплюють сонячну енергію. При цьому відмирання водної рослинності здатне стимулювати розвиток планктону внаслідок надходження біогенів у водну товщу.

Відомо також, що на структуру фітопланктону та його просторово-часову мінливість впливають конкурентні відносини між планктонними водоростями за лімітуючий ресурс [58, 65, 125, 134, 191, 203, 204]. Так, механізмом конкурентної переваги більш чутливих до нестачі світла видів родів *Anabaena* Bory ex Bornet et Flach, *Aphanizomenon* E. Morren ex Bornet et Flahault, *Microcystis* (Kütz.) Elenkin є здатність створювати несприятливі світлові умови в наслідок їх масового розвитку [130] та виділення екзометаболітів [125].

Встановлено [125], що активність екзометаболітів водоростей залежить не тільки від біологічних особливостей видів продуцентів і реципієнтів, а й від чинників навколишнього середовища – освітлення, температури, рН, біогенних елементів тощо.

Не менш важливим є процес виїдання водоростей фітофагами, так як елективність живлення останніх може впливати на співвідношення чисельності видів фітопланктону [51, 168]. Однак, це явище залежить не тільки від кількості фітофагів, а й від абіотичних факторів середовища (наприклад, температури), які здатні впливати на швидкість розмноження водоростей, а саме їх токсичних видів [23, 33].

Л.Я. Сіренко [132] також підкреслює значний вплив біотичних та абіотичних чинників на сезонну динаміку фітопланктону та домінування окремих видів водоростей в альгоценозах. Серед біотичних чинників автор виділяє явище аутоінтоксикації у синьозелених водоростей. Вплив інгібуючих речовин, які знаходяться у воді достовірно прослідковується у періоди максимального розвитку фітопланктону, які часто не співпадають з періодами найбільшого вмісту біогенних елементів у водоймах, та, навпаки, розвиток водоростей буває слабким, незважаючи на значний вміст біогенних елементів у воді.

Серед абіотичних чинників на думку В.М. Козіцької [64, 66] для водоростей визначальними є освітленість та температура. Отриманні дані свідчать про те, що водорості різних відділів, які відрізняються за типом

фотосистем, характеризуються різними потребами в інтенсивності освітлення, яке необхідне їм для нормального росту і фотосинтезу. Встановлено, що синьозелені водорості краще розвиваються за невисокої інтенсивності освітлення, тоді як діатомові – більш стійкі та здатні витримувати відносно високі значення. У той же час, виявлено, що діатомеї краще розвиваються за низьких температур, а зелені та синьозелені водорості – за більш високих.

На розвиток фітопланктону водосховищ значний вплив здійснюють метеорологічні та гідрологічні умови [34, 39, 101, 72, 148, 177, 183, 184, 195, 196, 197, 205]. Так, динаміка кількісного розвитку фітопланктону водосховищ басейну Волги, більшість із яких розміщується у помірному поясі, характеризується трьома підйомами біомаси водоростей (весною, влітку та восени), які значно варіюють по термінам і кількісним величинам в залежності від погодних умов та місця розташування ділянки у водоймах [71, 82, 96, 107, 146]. При цьому весняний та осінній розвиток фітопланктону зумовлений діатомовими водоростями, літній – синьозеленими та діатомовими (інколи лише діатомовими), а осінній – діатомовими, інколи зі значною часткою синьозелених.

Л.Г. Корнєва [72], дослідивши зміни біомас фітопланктону в багаторічному аспекті у водосховищах Волги, встановила позитивний зв'язок міжрічних коливань загальної біомаси фітопланктону з температурою води і концентрацією хлорофілу *a* та від'ємний зв'язок з рівнем води, кількістю опадів та швидкістю вітру. На думку автора, періодичність в багаторічних змінах біомас фітопланктону, пов'язана з циклічністю гідрокліматичних процесів, та направленістю в трансформації структури альгоценозів, пов'язаною з евтрофуванням та змінами йонного складу води.

Л.Ю. Халіулліна [147] у дослідженнях багаторічної та сезонної динаміки фітопланктону мілководь Куйбишевського водосховища відмічає, що такі кліматичні фактори як сумарна сонячна радіація, швидкість вітру та температура води самі по собі не є визначальними причинами міжрічних

флуктуацій фітопланктону мілководь верхньої частини Куйбишевського водосховища. У той же час, динаміка рівня води в Куйбишевському водосховищі у поєднанні з кліматичними умовами – це визначальний чинник розвитку планктонних водоростей. А найбільша перебудова структури альгоутгруповання відбувається саме за зміни фази гідрологічного циклу – переході від багатоводного періоду до маловодного та навпаки.

Багаторічні дослідження сезонної та міжрічної динаміки провідних видів фітопланктону для Рибінського водосховища [96] встановили, що середня кількість видів водоростей, які домінують у відкритій частині водоймища протягом вегетаційного періоду, коливається в межах 12–17. Проте, у роки із недостатнім прогрівом водних мас вона знижується до 8, а в роки із температурою води вище середньої багаторічної – збільшується до 26 видів.

Детальні дослідження внутрішньосезонної динаміки фітопланктону Рибінського водосховища проведені В.Г. Дев'яткіним [34] підтверджують, що сезонні зміни видового складу планктонних водоростей порушується за різких коливань гідрометеорологічних умов. В результаті літній фітопланктон, який розвивається у періоди тривалої прохолодної погоди, внаслідок циклонічної активності, здатен проявляти значну подібність видового складу із весняним та осіннім фітопланктоном. Відповідно фітопланктон періодів максимального прогріву водойми також характеризується значною подібністю видового складу та співвідношенням кількісного розвитку домінуючих видів. На основі отриманих даних автор виділяє адаптивні асоціації водоростей – екоцени – достатньо стійкі поєднання видів водоростей для певної водойми, які в умовах повторення гідрометеорологічних умов можуть відтворюватися у процесі сезонної сукцесії фітопланктону в різні роки. Відмічено також, що тривалість існування екоценів коливається від 2 до 7 діб, що цілком співпадає зі зміною домінуючих видів планктонних водоростей.

1.2. Стан дослідження фітопланктону Канівського водосховища

Початок досліджень планктонних водоростей на ділянці майбутнього Канівського водосховища покладено роботами Я.В. Ролла [121, 123], Д.А. Радзимовського [118] та А.В. Топачевського [143], в яких основна увага авторів була спрямована на встановлення видового складу фітопланктону Дніпра в літній період (1926–1927 рр.) та виявлені його сезонних змін [122].

В цілому, у складі річкового фітопланктону було виявлено 336 видів та різновидностей водоростей [122]. Найбільшою кількістю видів характеризувалися діатомові (48%) та зелені водорості (31%), меншою – синьозелені (11%) та евгленові (5%).

У кількісному відношенні найбільшої чисельності досягали Cyanophyta, зокрема масово розвивались такі види, як: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Anabaena scheremetievi* Elenkin і *Anabaena spiroides* Kleb., *Anabaena planctonica* Brunnthaler.

Серед діатомових значного розвитку досягали *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen f. *granulata*, *Aulacoseira granulata* f. *curvata* (Hust.) Davudova, *Aulacoseira italica* (Ehrenb.) Simonsen, *Asterionella formosa* Hassal; із зелених – представники хлорококових водоростей, зокрема, родів *Scenedesmus* Meyen, *Desmodesmus* (Chodat) An, Friedl et E. Hegew., *Acutodesmus* (E. Hegew.) E. Hegew. et Hanagata і *Pediastrum* Meyen.

Показники кількісного розвитку водоростей змінювалися в межах 500–5565 тис. кл/дм³ та 0,01–92,57 мг/дм³. Сезонна динаміка фітопланктону описувалася одновершинною кривою з максимумом в липні-серпні. Розвиток фітопланктону незарегульованої ріки визначався, в основному, температурою води, швидкістю течії та низькими концентраціями сполук азоту. При цьому авторами встановлено, що в маловодні та прохолодні роки максимум розвитку водоростей планктону був слабо виражений [122].

Створення Кременчуцького водосховища зумовило неоднорідність гідрологічного режиму річкової ділянки майбутнього Канівського

водосховища. В цей період фітопланктон на ділянці Вишгород-Канів нараховував 441 вид та різновид водоростей [115].

Флористичний спектр планктонних водоростей дещо змінився: найбільшою представленістю характеризувалися Chlorophyta (49%), потім Bacillariophyta (18%) та Cyanophyta (12%). Меншу частку становили евгленові (9%) та золотисті водорості (5%). Велике видове багатство фітопланктону спостерігалось протягом всього вегетаційного сезону (травень-вересень) з максимумом влітку.

Біомаса фітопланктону становила: 0,40–0,75 мг/дм³ – навесні, 3,35–5,87 мг/дм³ – влітку, 1,35–5,07 мг/дм³ – восени та формувалася діатомовими водоростями (50–70%). Так, в квітні домінували *Stephanodiscus hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *Cyclotella kuetzingiana* Thw., *Cyclotella meneghiniana* Kütz. В травні, у великій кількості зустрічалась *Aulacoseira distans* (Ehrenb.) Simonsen, а також *A. granulata* f. *granulata*, *A. italica*, які в літній період домінували в планктоні. Восени знову переважали представники родів *Stephanodiscus* Ehrenb. та *Cyclotella* Kütz.

Значне місце в біомасі фітопланктону займають зелені та синьозелені водорості: навесні та восени більше перших (роди *Scenedesmus*, *Desmodesmus*, *Acutodesmus*, *Coelastrum* Nägeli, *Crucigenia* E. Morren, *Micractinium* Fresen), влітку – других (роди *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Phormidium* Kütz.). При цьому інтенсивність розвитку фітопланктону на ділянці мала відмінності по рокам: у маловодні роки вона була більшою, ніж у багатоводні [115].

Після будівництва київської греблі, дослідженнями фітопланктону на ділянці майбутнього Канівського водосховища (1966–1969 pp.) встановлено різке зменшення видового різноманіття планктонних водоростей до 244 видів та різновидностей [115, 116]. Найбільше збіднення видового багатства фітопланктону відмічалось влітку та восени – в 3–4 рази менше, ніж до зарегулювання стоку Дніпра. Флористичну структуру, як і раніше, визначали зелені (41%), діатомові (25%), синьозелені (13%) та евгленові (9%).

В сезонній динаміці значне видове багатство спостерігалось із травня по серпень та різко скорочувалось – восени.

Інтенсивність розвитку фітопланктону за показником біомаси залишилася на тому ж рівні, проте змінився її перерозподіл в сезонному аспекті. Так, збільшення біомаси водоростей відбулося в півтора-два рази навесні (до $1,26 \text{ мг/дм}^3$) та дещо влітку (до $6,81 \text{ мг/дм}^3$), тоді як восени – зменшилась в два-три рази.

Протягом всього вегетаційного періоду інтенсивно розвивались діатомові водорості, але їх роль в загальній біомасі фітопланктону після зарегулювання стоку зменшилась, особливо в літньо-осінній період за рахунок інтенсивного розвитку *Aph. flos-aquae* та *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenkin. Значна частка синьозелених водоростей відмічалась і восени (13–50%).

Діатомові водорості вегетували більш інтенсивно навесні (58–81%), а влітку та восени їх частка у біомасі фітопланктону зменшувалась (48–62% та 36–42% відповідно).

Домінуючий комплекс фітопланктону залишився незмінним, за винятком синьозелених, з яких зменшилась вегетація представників роду *Anabaena*. У той же час, для діатомей роду *Aulacoseira* Thw. встановлено, збільшення строків інтенсивності вегетації з травня по жовтень.

Подальші дослідження фітопланктону Дніпра в районі м. Києва проведені в 1968–1970 рр. та 1972 р. [11] виявили 283 таксони водоростей. Найбільшою представленістю характеризувалися зелені водорості (40%). Характерними їх представниками були: *Monoraphidium irregulare* (G. M. Sm.) Komárk.-Legn. in Fott, *Pseudodidymocystis planctonica* (Korschikov) E. Hegew. et Deason, *Lagerheimia genevensis* (Chodat) Chodat, *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Kom., *Tetrastrum staurogeniaeforme* (Schröd.) Lemmerm., *Pediastrum duplex* Meyen, види роду *Scenedesmus*, *Desmodesmus*, *Acutodesmus*.

Значну частку формували діатомові (32%): *S. hantzschii*, *Skeletonema potamos* Weber et Hasle, *A. formosa*, *Synedra acus* Kütz., *Nitzschia palea*

(Kütz.) W. Sm, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., види роду *Aulacoseira*. Менш представлені синьозелені водорості (11%), які хоча і зустрічалися в усі сезони року, проте найбільшого розвитку досягали з липня по жовтень: *Aph. flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb., *A. scheremetievi*, *M. aeruginosa*, *Oscillatoria planctonica* Wołosz.

Інтенсивна вегетація водоростей відмічалась з травня по жовтень з максимумом розвитку в серпні-вересні. Середні значення біомаси фітопланктону коливались в межах 2,5–5,5 мг/дм³ – навесні; 4,8–8,7 мг/дм³ – влітку та 4,1–9,7 мг/дм³ – восени. У весняно-літній період домінували діатомові водорості родів *Aulacoseira*, *Stephanodiscus*. З липня по вересень 50–97% фітопланктону складали синьозелені водорості з домінуванням *A. flos-aquae* та *M. aeruginosa*. Восени, незважаючи на високі показники розвитку Cyanophyta, значно зростала роль діатомей.

Перші роки становлення Канівського водосховища, видове багатство фітопланктону змінювалось від 195 видів (1972–1974 рр.) до 392 (1975–1977 рр.) [25]. У той же час, співвідношення провідних відділів водоростей було подібним. До їх складу входили зелені, діатомові, синьозелені та евгленові водорості, які становили 54%, 24%, 8%, 6% відповідно на початку заповнення водосховища та 48%, 19%, 12%, 12% – в період його становлення (з 4-го по 6-й рік від початку затоплення).

Дослідженнями сезонної динаміки фітопланктону Канівського водосховища у 1975 р. [25] встановлено, що вона визначалася, в основному, гідрологічним режимом, температурою води та значним вмістом біогенних елементів, який збільшився в декілька раз [27]. Показано, що протягом вегетаційного сезону спостерігалось три піки розвитку планктонних водоростей, зумовлених активною вегетацією діатомей у весняний і осінній періоди та синьозелених – у літній.

До складу домінуючого комплексу весняного фітопланктону входили: *S. hantzschii*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *A. formosa*. Влітку масового розвитку досягали синьозелені (*Microcystis pulvereae*

(Н. С. Wood) Forti emend. Elenkin, *M. aeruginosa*, *A. flos-aquae*, *A. spiroides*, *Aph. flos-aquae*) та зелені водорості (*Pediastrum boryanum* (Turpin) Menegh., *P. duplex*, *T. triangulare*, *Dictyosphaerium pulchellum* Н. С. Wood). Восени в домінуючий комплекс видів складали: *S. hantzschii*, *A. granulata* f. *curvata*, *N. palea*, *N. acicularis*.

Дані, отримані в 1981–1985 рр. [189], дозволили виявити у фітопланктоні Канівського водосховища 499 видів та різновидів водоростей з 8 відділів, провідними з яких залишалися Chlorophyta (49%), Bacillariophyta (22%) та Cyanophyta (13%). При цьому основною відмінністю фітопланктону водоймища, у порівнянні з незарегульованою ділянкою, було збільшення кількісних показників у весняний період центричних діатомей роду *Cyclotella*, у літній період – *Aulacoseira*, а також синьозелених водоростей *M. aeruginosa*, *Aph. flos-aquae*, менше – *A. flos-aquae*.

Дослідженнями фітопланктону Канівського водосховища, які були проведені у 1986–1994 рр. [163, 169, 189], виявлено 490 внутрішньовидових таксонів з домінуванням зелених, діатомових та менше синьозелених та евгленових водоростей. При цьому автором встановлено 178 таксонів, які раніше не приводилися для фітопланктону незарегульованої ріки та рівнинного водосховища. Серед них найбільшим різноманіттям характеризувалися діатомові та зелені водорості – 96 та 41 вид відповідно.

Відмічене, збільшення рясності дрібноклітинних діатомових водоростей родів *Stephanodiscus* та *Cyclotella*, а також поява в складі Bacillariophyta солоноватоводних форм видів родів *Thalassiosira* Cleve (5 в. в. т.) та *Skeletonema* Grev. (2 в. в. т.) [84, 165]. Поряд із діатомовими збільшилась рясність дрібноклітинних форм зелених хлорококкових і вольвоксових, які характеризуються високою абсолютною та питомою первинною продукцією [161].

Домінуючий комплекс літнього фітопланктону формували: *S. hantzschii*, *A. italica*, *A. granulata* f. *granulata*, *M. aeruginosa*, *Aph. flos-aquae*, *A. flos-aquae*, *Peridinium cinctum* (O.Müll.) Ehrenb., *Chlamydomonas*

globosa J. Snow, *Chlamydomonas reinhardtii* P. A. Dang., які складали більше 50% сумарної біомаси. В літній та осінній періоди домінуючий комплекс видів збільшувався за рахунок *D. pulchellum*, *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew., *Acutodesmus acuminatus* (Lager.) P. Tsarenko, *Palmellocystis planctonica* Korshikov представників родів *Oscillatoria* Vaucher, *Trachelomonas* Ehrenb., *Cryptomonas* Ehrenb., *Chlamydomonas* Ehrenb., *Pandorina* Bory [169].

В цілому, для фітопланктону Канівського водосховища 90-х років, у порівнянні з 60–70 рр., характерне зниження показників розвитку синьозелених водоростей. В домінуючому комплексі встановлена поява влітку видів родів *Stephanodiscus*, *Chlamydomonas*, які раніше формували основу фітопланктону в весняний та осінній періоди [169].

Дослідження фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в межах м. Києва, як окремої водної екосистеми зі специфічними умовами функціонування, були проведені також в 1997–1999 рр. [85, 171]. Виявлено 287 видів та внутрішньовидових таксонів водоростей з домінуванням зелених (43%), діатомових (25%), менше синьозелених (14%) та золотистих (7%).

Для видового різноманіття фітопланктону встановлене зростання дрібноклітинних форм зелених та діатомових водоростей, що свідчить про сукцесію фітопланктону при переході від лотичної природної екосистеми до лентичної. Також встановлена тенденція здрібнення морфологічної структури колоній для видів родів *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*.

Різнманіття природних (значна придаткова мережа), а також антропогенних чинників (скиди промислових та побутово-господарських підприємств) зумовлюють значні коливання кількісного розвитку фітопланктону на ділянці. Так, в літній період біомаса планктонних водоростей становила від 0,23 мг/дм³ нижче гирла Либіді до 32,36 мг/дм³ траверз Труханового острова, що пояснюється чітко вираженою гетерогенністю її структури [171].

Показано, що значний вплив на структурно-функціональні показники фітопланктону здійснюють планктонний стік Київського водосховища, а також в меншій мірі річок Десни та Либіді. Так, алохтонний фітостік Десни значно збагачує фітопланктон ділянки, тоді як Либідь, з високими концентраціями різних хімічних елементів, навпаки, пригнічує розвиток водоростей [171].

Узагальнення багаторічних літературних та оригінальних даних від незарегульованого Дніпра до перетворення його в каскад рівнинних водосховищ [86, 170] показали, що в останні десятиріччя екосистеми дніпровських водосховищ характеризуються стабілізацією гідрологічного та гідрохімічного режиму. При цьому аналіз динаміки біомаси фітопланктону з початку 50-х до середини 90-х років свідчить, що стабілізація абіотичних факторів дніпровських водосховищ зумовила зміни структурно-функціональних характеристик фітопланктону на різних рівнях його організації.

Відгуком фітопланктону на стабілізацію дніпровських водосховищ є зниження «цвітіння» води синьозеленими водоростями, перехід від їх монодомінантних угруповань до полідомінантних з домінуванням у формуванні первинної продукції та біомаси високопродуктивних дрібноклітинних діатомових, зелених, синьозелених, криптофітових водоростей [160]. Зміни структури та просторово-часової динаміки фітопланктону являються біологічними механізмами екосистеми, які компенсують формування потоків енергії після зниження «цвітіння» води синьозеленими водоростями, направлені на підтримання високого видового різноманіття і продуктивного потенціалу дніпровських водосховищ.

* * *

Таким чином, дослідження розвитку фітопланктону як невід'ємного біотичного компоненту рівнинних водосховищ, показали, що структура його видового багатства, динаміка чисельності, біомаси та домінуючого

комплексу видів є результатом впливу цілого комплексу як абіотичних, так і біотичних чинників, притаманних певному водному об'єкту.

Дослідження фітопланктону Канівського водосховища були розпочаті в умовах природного гідрологічного режиму Дніпра та продовжувались на різних етапах існування водоймища. У низці робіт значна увага приділялась таксономічному різноманіттю, кількісному розвитку та продукційно-деструкційним показникам фітопланктону. Водночас, не знайшли свого відображення в науковій літературі систематичні цілорічні моніторингові спостереження за динамікою розвитку фітопланктону Канівського водосховища в лентичних та лотичних умовах.

Особливої актуальності отримання цих даних набуває в умовах сучасних кліматичних змін. Адже на думку Я.П. Дідуха [47] глобальні зміни клімату зумовляють розширення ареалів адаптованих видів із широкою амплітудою та скорочення і зникнення слабо адаптованих видів із вузькою екологічною амплітудою. Наслідки таких змін для планктонних водоростей дніпровських водосховищ практично не вивчені. З огляду на це, виникає необхідність дослідження фітопланктону – важливого компонента автотрофної ланки, функціонування якого визначає розвиток наступних трофічних рівнів та стан екосистеми в цілому.

РОЗДІЛ 2

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА, КЛІМАТИЧНА, ГІДРОЛОГІЧНА І ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Канівське водосховище – наймолодше в Дніпровському каскаді, його заповнення розпочалося в 1972 р. і закінчилось в 1976р. За основними морфометричними показниками водосховище відноситься до великих, рівнинних з незначними глибинами. Площа водного дзеркала складає 564 км^2 , об'єм – $2,62 \text{ км}^3$, довжина – 157 км, максимальна глибина 21,0 м, середня – 3,9 м. Акваторія водосховища розділена на три частини за гідроморфометричними показниками: верхня – довжиною 63 км (річкова), середня – 30 км (перехідна) та нижня – довжиною 30 км (озерна) [21, 27].

Складність морфометрії, гідрологічного режиму, а також необхідність врахування значного антропогенного навантаження, яке здійснюється м. Києвом зумовило виділення у верхній частині Канівського водосховища – Київської ділянки – довжиною 43 км вниз за течією від греблі Київської ГЕС [135, 140].

В цілому, у верхній частині Канівського водосховища в межах м. Києва формується дві діаметрально протилежні за основними гідрологічними та морфометричними характеристиками ділянки з лотичними (русло Дніпра) та лентичними (затоки, протоки, заплави тощо) умовами.

До чинників водного режиму, які впливають на якість води та стан верхньої частини Канівського водосховища відносять режими рівнів та витрат води, а також зумовлений ними водообмін між руслом та придатковою системою, який безпосередньо залежать від об'ємів та режимів попусків вище розташованої Київської ГЕС [172].

Значний вплив на біологічний та санітарний режими верхньої частини Канівського водосховища здійснюють Київський водозабір, гирло р. Десни, стічні води промислових та комунально-побутових підприємств (Дарницький скид, р. Либідь, Київська ТЕЦ–5, Бортницький скид) [171].

В цілому, досліджувана ділянка розташована на півночі України на межі зони мішаних лісів та лісостепової зони і характеризується помірно континентальним кліматом [59].

Надходження сонячної радіації визначається кутом падіння сонячних променів та тривалістю дня. Так, протягом року найбільший кут падіння складає 63° (22 червня – день літнього сонцестояння, триває 16 год. 27 хв.), а найменший – 16° (22 грудня – день зимнього сонцестояння, триває 8 год.) [145].

Тривалість сонячного сяйва найменша взимку (174 год.), збільшується навесні (до 573 год.), досягаючи максимальних значень влітку (834 год.) та зменшується з настанням осені (до 373 год.).

Сезонний хід сумарної сонячної радіації характеризується максимальними значеннями в червні (596 МДж/м^2) та мінімальними – в грудні (58 МДж/м^2). Середнє значення сумарної сонячної радіації за рік становить близько 3800 МДж/м^2 [59].

Важливою кліматичною характеристикою, яка відображає фізико-географічні особливості певної ділянки є середня місячна температура повітря. Так, середньорічна температура повітря за даними метеостанції м. Києва складає $+8,0^\circ\text{C}$, найбільша вона в липні ($+19,8^\circ\text{C}$), а найменша – в січні ($-4,7^\circ\text{C}$). Абсолютний мінімум температури повітря за період 1891–2008 рр. сягав $-32,9^\circ\text{C}$ (11 лютого 1950 р.); абсолютний максимум становив $+39,4^\circ\text{C}$ (30 липня 1936 р.).

Для Києва характерним є континентальний тип річного ходу кількості опадів з максимумом влітку. Середня річна кількість опадів становить близько 641 мм. Найбільша частина атмосферних опадів випадає влітку з максимумом в липні – 81 мм. Мінімальні значення – спостерігаються в березні та жовтні (близько 40 мм). Протягом року середня кількість днів з опадами ($\geq 0,1 \text{ мм}$) – близько 152. Зокрема, взимку відмічається близько 47 днів з опадами, навесні – 36, влітку – 35 днів, а восени – 34.

Щороку утворюється сніговий покрив, максимальна висота якого зазвичай спостерігається в лютому (17–18 см), а тривалість періоду зі сніговим покривом становить близько 44 днів за рік [59], та може коливатися від 41 (2006–2007 рр.) до 121 (2012–2013 рр.) [145].

Найбільшу повторюваність мають вітри із заходу, насамперед – восени. Західні вітри, зазвичай приносять атмосферні опади, підвищення температури взимку та її деяке зниження влітку. Середньорічна швидкість вітру складає 2,4 м/с. Найбільша вона у січні-лютому (2,8–2,9 м/с), найменша – серпні (2,0 м/с). Протягом доби найбільша швидкість вітру, як правило, спостерігається у після полудня, найменша – вранці.

Для помірних широт характерні чітко виражені основні кліматичні сезони¹ (зима, весна, літо, осінь). При цьому в районі Києва початок та кінець сезонів не збігається з календарним поділом [59].

Кліматична зима – стійкий перехід середньодобової температури повітря через 0°C у період зниження восени та підвищення навесні; характеризується як тривала (близько 105 днів), але відносно тепла. Згідно багаторічних спостережень стійке середньодобове зниження температури нижче 0°C розпочинається після 20-х чисел листопада, а підвищення – після 10-х чисел березня. При цьому в аномально теплі зими закінчення сезону може відбуватися в другій декаді січня, а в аномально холодні – на початку квітня. Середня температура повітря за кліматичну зиму становить –3,6°C та може коливатися від –9,7°C до +0,8°C.

Найкоротший період року – *весна* – стійкий перехід від 0 до +15,0°C. У Києві кліматична весна настає на початку другої декади березня, коли середньодобова температура регулярно перевищує 0°C. Початок теплого періоду весни настає з переходом середньої добової температури через +5,0°C (початок квітня). Середня температура повітря за сезон становить

¹ Кліматичні сезони (пори року) – частини року тривалістю у декілька місяців, які умовно виділяються за термічною ознакою, а саме стійкими переходами середньої добової температури повітря через 0 та 15,0°C у бік підвищення та зниження [59, 88].

+8,4°C і, в залежності від процесів сніготанення та випадіння короточасних снігових опадів, може змінюватись від +3,5 до +11,3°C. Закінчення весняного сезону відбувається в середині травня та може коливатися від 22 квітня (аномально тепла весна) до 19 червня (аномально холодна). В цілому, у Києві тривалість кліматичної весни близько 64 днів.

Кліматичне літо обмежене датами стійкого переходу середньодобової температури повітря через +15,0°C у бік підвищення навесні та зниження восени. У формуванні погодних умов у літній сезон домінує радіаційний фактор, що пов'язано з найбільшою висотою Сонця над горизонтом і найбільшою тривалістю дня та великими сумами сонячної радіації. За термічними ознаками літо може бути аномально теплим або холодним, а з строками настання та завершення сезону – тривалим або коротким. В цілому, аномально тепле літо характеризується високою температурою повітря, майже повною відсутністю опадів та найбільшою тривалістю, тоді як аномально холодне – низьким температурним фоном, частими опадами, незначною тривалістю. У Києві початок літнього сезону спостерігається із середини травня, а кінець – в 10-х числах вересня. Початок кліматичного літа може наставати з 20-х чисел квітня та тривати аж до початку жовтня. Середньомісячна температура повітря влітку становить +18,8°C та залежно від року може змінюватись від +16,5°C до 21,5°C. Максимальні денні температури повітря (+30°C і вище) відмічаються у червні-серпні та можуть досягати +39,4°C в тіні. В середньому кліматичне літо в Києві триває близько 119 днів [59].

Початком *кліматичної осені* вважається стійкий перехід середньодобової температури повітря через +15,0°C в сторону її зниження. В осінній сезон зменшуються показники радіаційного балансу і сумарної радіації, посилюється вплив атмосферної циркуляції. Перша половина осені зазвичай суха та тепла (особливо вересень). Похмура дощова погода настає в кінці жовтня з можливим першим мокрим снігом. В листопаді (дуже рідко в жовтні) можливе становлення тимчасового снігового покриву.

Початок осіннього сезону в Києві спостерігається в першій декаді вересня та триває до третьої декади листопада [59]. Середня температура повітря за осінній сезон становить $+7,6^{\circ}\text{C}$ та може коливатись від $+4,4^{\circ}\text{C}$ (аномально холодна) до $+10,7^{\circ}\text{C}$ (аномально тепла). В цілому, кліматична осінь триває близько 77 днів.

На сьогодні, наведені незаперечні докази того, що клімат на Землі змінюється, а наслідки цих змін мають переважно негативний характер і будуть посилюватися у майбутньому [181].

Існує висока впевненість² [181] того, що зміни, які відбуваються в морських і прісноводних екосистемах пов'язані із впливом підвищенням середньої температури води, а також із супутніми змінами в льодовому покриві, солоності, вмісту кисню та циркуляції. Так, в морських та прісноводних екосистемах спостерігаються зміщення в ареалах розповсюдження видів, а також зміни рясності водоростей, зоопланктону та риб.

Аналіз регіональних досліджень в Україні за 95-річний період показав, що основні кліматичні характеристики на її території змінюються [50]. Так, за останні 35 років середня температура повітря зросла більш, ніж на $1,0^{\circ}\text{C}$, а її лінійний тренд за швидкістю зростання співпадає з параметрами глобального. Відповідно, кількість морозних днів зменшилась на 5–10%, а вологість збільшилась на 10–25%. Менші зміни спостерігаються щодо опадів.

Такі зміни клімату характеризуються нерівномірністю: періоди стрімкого збільшення температури повітря змінювалися його уповільненням або похолоданням. Окрім мінливості середньомісячних параметрів, збільшилась повторюваність екстремальних значень деяких метеорологічних

² У підсумковому документі для високих управлінців міра впевненості експертів у коректності наукових даних визначена за допомогою наступних показників: *дуже висока впевненість* – принаймні 9 з 10 шансів коректності; *висока впевненість* – 8 з 10 шансів коректності; *середня впевненість* – 5 з 10 шансів коректності; *низька впевненість* – 2 з 10 шансів коректності; *дуже низька впевненість* – 1 з 10 шансів коректності.

величин. Так, повторюваність аномально високих середньомісячних температур до кінця XX ст. зросла в два-три рази порівняно з початком століття.

Розподіл кліматичних рекордів різних метеорологічних параметрів по стандартним кліматичним періодам підтверджує, що активні зміни клімату в Києві розпочалися з 1960-х років (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Кількість рекордів по стандартним кліматичним періодам [74]

1901–1930 рр.	1931–1960 рр.	1961–1990 рр.	1991–2014*	Всього
5	6	27	12	50

Примітка. * Неповний кліматичний період

Не менш важливою особливістю сучасного клімату України, яка має свій прояв у всі сезони року, стали різкі перепади добових температур повітря в межах 10,0–15,0°C впродовж 1–2 діб. Зокрема, в 2014 р. встановлений рекорд добової амплітуди температури повітря – 19,0°C. Такі різкі зміни погоди можуть супроводжуватися усіма видами небезпечних і стихійних метеорологічних явищ.

Узагальнюючий аналіз літературних [145] та оригінальних даних, отриманих нами, встановив, що відхилення середньої річної температури повітря від кліматичної норми³ у м. Києві в 2010 р. становило 1,5°C, в 2011 р. – 0,8°C, в 2012 р. – 0,6°C та в 2013 р. – 1,0°C.

В цілому, згідно [152] 2010 р. став одним із найтепліших за всю історію метеорологічних спостережень в Україні (з 1891 р.). Відхилення середніх температур повітря спостерігались майже в усі місяці року та коливались від 4,5°C нижче норми (січень) до 6,5°C вище (листопад) (рис. 2.1).

³ Кліматична норма – середнє багаторічне значення, розраховане, згідно вимог ВМО, за 30-літній період [181] для календарного періоду (доба, місяць, сезон, рік).

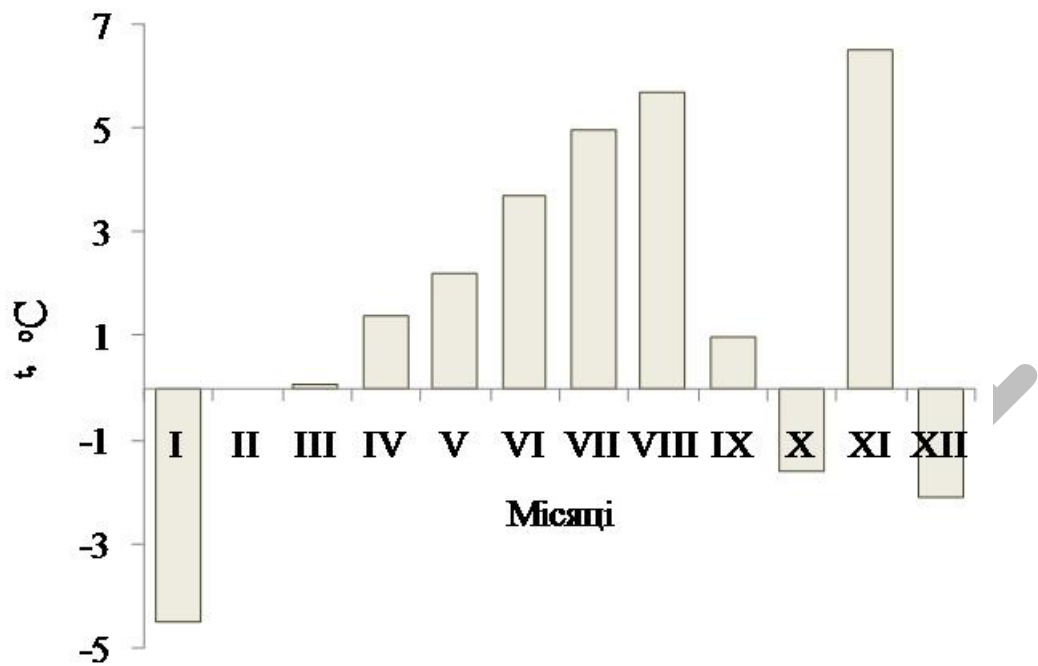


Рис. 2.1. Відхилення середньої місячної температури повітря в 2010 р. (м. Київ) від кліматичної норми.

Річний хід температури повітря (основної метеорологічної величини, яка формується під впливом низки кліматоутворюючих чинників) в 2010 році наведемо на прикладі кліматичних сезонів.

Зимовий кліматичний сезон 2009–2010 рр. характеризувався значною кількістю опадів (до 132–191% норми в місяці) та відхиленнями середньодобових температур повітря: від 11,3°C вище норми у січні до 14,1°C нижче – у грудні. Кліматична зима розпочалась на початку другої декади листопада і закінчилась в середині березня та була холоднішою за середню багаторічну норму на 1,2°C.

Встановлено, що весняний сезон 2010 р. характеризувався середньою місячною температурою повітря на 0,7°C вище норми. В цілому, швидке зростання середньодобової температури повітря зменшило період кліматичної весни на два тижні та зумовило настання кліматичного літа в кінці квітня.

Літній період характеризувався середньою температурою повітря, яка перевищувала середні багаторічні значення на $3,2^{\circ}\text{C}$. Згідно [145] червень 2010 р. став для Києва одним із найтепліших за всю історію спостережень (відхилення $+3,7^{\circ}\text{C}$), а середньомісячна температура повітря липня складала $+24,4^{\circ}\text{C}$, що є третім показником за майже 200 років регулярних метеорологічних спостережень, після 1936 р. ($+25,5^{\circ}\text{C}$) та 2001 р. ($+24,6^{\circ}\text{C}$). Серпень 2010 р. виявився найжаркішим за всю історію метеорологічних спостережень з відхиленням від норми $+5,7^{\circ}\text{C}$, а за першу половину місяця були побиті 10 температурних рекордів, включаючи й нещодавні за 2007–2008 рр. Показано, що з 17 липня по 17 серпня 2010 р. було перевищено 47 показників температури повітря. Максимальний показник липня становив $+35,2^{\circ}\text{C}$ (18 липня), а 8 серпня Київська метеостанція зафіксувала температуру в $+39,2^{\circ}\text{C}$, яка близька до абсолютного максимуму в Києві ($+39,4^{\circ}\text{C}$). В цілому, за літо 2010 р. в Києві було 45 днів з температурою повітря вище $30,0^{\circ}\text{C}$.

Настання кліматичної осені спостерігалось з перших днів вересня, який характеризувався температурами повітря дещо нижчими кліматичної норми (рис. 2.1). У той же час, листопад з фактичною температурою повітря $+8,0^{\circ}\text{C}$, що на $+6,1^{\circ}\text{C}$ вище норми, виявився найтепліший за всю історію спостережень з максимальним показником $+21,7^{\circ}\text{C}$, що є справжнім літнім значенням. При цьому в останні дні місяця наступила кліматична зима та випав перший сніг. В цілому, осінній сезон був тепліший за середні багаторічні значення на $2,2^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, значні відхилення температури повітря від середніх багаторічних даних в теплий період року збільшили тривалість кліматичного літа та осені в 2010 році, що відповідно позначилося на термічному режимі водних мас верхньої частини Канівського водосховища.

Так, динаміка середньомісячних температур води верхньої частини Канівського водосховища описується одновершинною кривою з максимумом у липні. Аналіз даних за 13-річний період [44] показав, що температура води

у 2010 р. характеризувалася значними відхиленнями від середніх багаторічних даних (рис. 2.2). Водночас відмітимо, що середньомісячні температури води зареєстровані у зимовий-ранньовесняний періоди цілком відповідають багаторічним даним, тоді як основні статистично достовірні відмінності реєструвалися з квітня по листопад 2010 р.

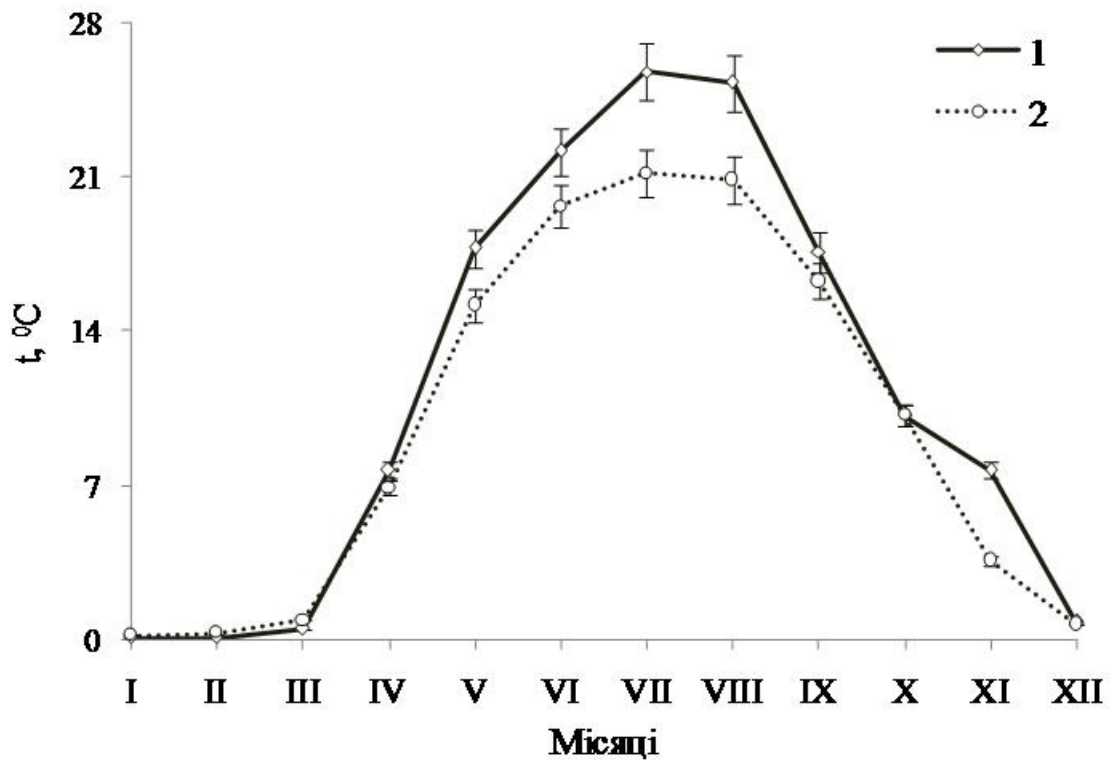


Рис. 2.2. Середньомісячна температура води верхньої частини Канівського водосховища: 1 – 2010 р. [44], 2 – 1973–2000 рр. [1].

Зокрема, найбільші відхилення температур води від багаторічних даних встановлені для літнього періоду. Середні місячні температури води липня та серпня в 2010 р. становили 25,8°C та 25,3°C відповідно, що перевищує середні багаторічні дані більш ніж на 4,0°C. При цьому максимальна зареєстрована температура поверхневого шару води становила 28,6°C (22 липня 2010 р.), що раніше не описувалось у літературі для верхньої частини Канівського водосховища.

У осінній період значні відхилення температури води від середніх багаторічних даних встановлені для листопада, середньомісячна температура води якого згідно багаторічних даних складає $3,6^{\circ}\text{C}$, тоді як у 2010 р. вона становила $7,7^{\circ}\text{C}$. В цілому, можна констатувати, що температура води верхньої частини Канівського водосховища у літньо-осінній період 2010 р. зросла у порівнянні з середніми багаторічними даними, що очевидно вплинуло на розвиток та сезонну динаміку біотичної складової водної екосистеми.

Згідно літературних даних [135, 173] до чинників, які здатні впливати на екологічний стан верхньої частини Канівського водосховища відносять водний режим, а саме рівні та витрати води, які зумовлюють водообмін між руслом Дніпра та придатковою мережею.

При цьому значний вплив на екосистему ділянки здійснюють саме внутрішньодобові коливання рівня води внаслідок попусків вище розташованої Київської ГЕС, яка значну частину року працює у піковому режимі (два попуски протягом доби) [104, 105]. Так, за підвищення рівня вода із основного русла надходить у придаткову мережу, частково перемішується та на зниженні – повертається у русло. На основі даних щодо попусків Київської ГЕС за останнє десятиліття [138] показано, що водообмін між затоками Дніпра в межах м. Києва та русловою ділянкою відбувається у середньому протягом 2–7 діб.

Слід зазначити, що в межах 5 км від греблі Київської ГЕС у основне русло впадає р. Десна, води якої під час попусків потрапляють у Канівське водосховище та рухаються вздовж лівого берега та повністю перемішуються із дніпровською водою на відстані близько 20–25 км від гирла Десни [112, 140].

Внутрішньорічна динаміка та амплітуда коливань рівневого режиму на ділянці незначна. Окрім весняного підйому, решту року рівень води відносно стабільний (рис. 2.3) та повністю визначаються і регулюються правилами експлуатації водосховищ [113, 114].

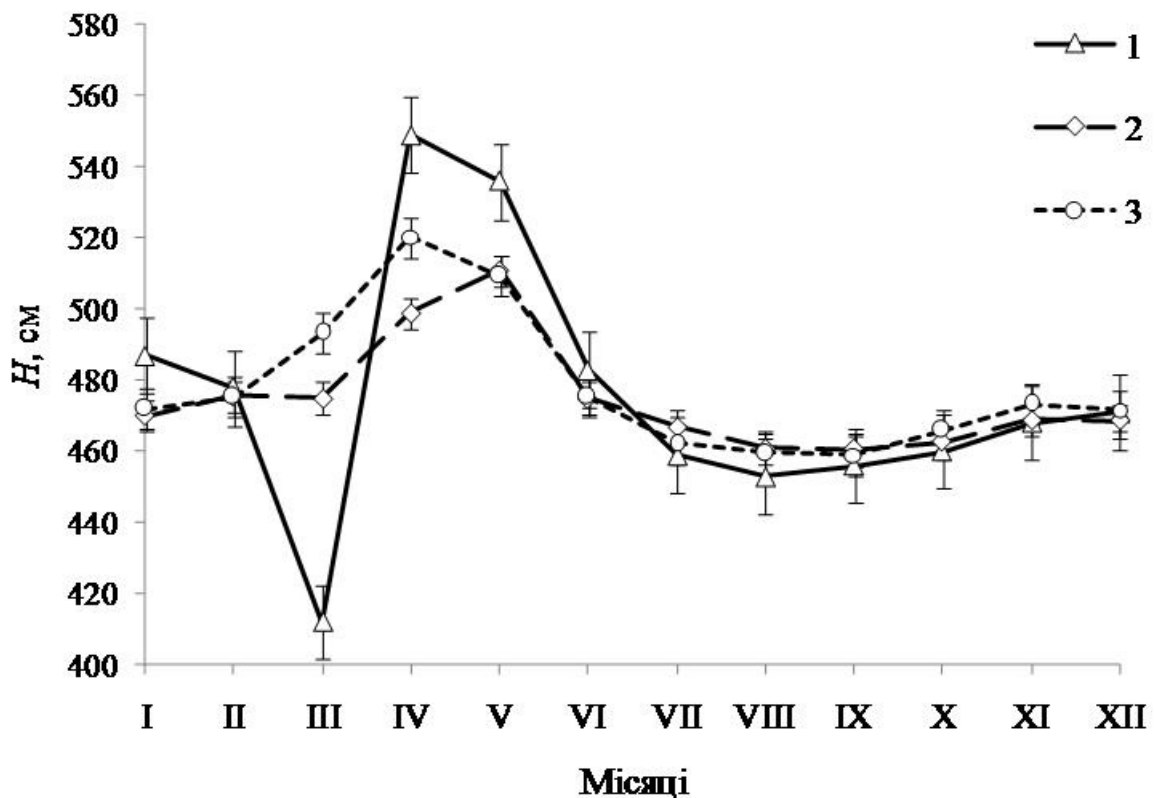


Рис. 2.3. Середньомісячні коливання рівня води верхньої частини Канівського водосховища [44]: 1 – 2010 р., 2 – 2011–2012 рр., 3 – 2000–2009 рр.

Так, внаслідок несприятливих гідрометеорологічних умов в зимово-весняний період 2010 р. виникла загроза підтоплення значних площ земель, внаслідок чого в першій декаді березня відбулося спрацювання Київського водосховища майже до рівня мертвого об'єму [174], що відповідно позначилося на рівневому режимі верхньої частини Канівського водосховища.

Водний баланс Канівського водосховища на 75% визначається стоком вище розташованого Київського водосховища, решту – складає стік р. Десни, інші менші притоки (Стугна, Красна, Либідь, Трубіж) та атмосферні опади. Найбільший стік відбувається навесні (32–51%), найменший – восени (11–26%) [27].

Період водообміну Канівського водосховища не перевищує 36–37 діб. Найбільш інтенсивний водообмін в квітні-травні (близько 12 діб), решту частину року він значно менший (29–35 діб) [139].

Відомо [27], що газовий режим та величини рН дніпровських водосховищ формуються під впливом ряду абіотичних та біотичних чинників, інтенсивність яких змінюється в залежності від сезону року.

Вміст розчиненого у воді кисню верхньої частини Канівського водосховища коливається в широких межах 0,3–18,4 мг/дм³ (2–158% насичення) та характеризується максимальними значеннями влітку, у період максимальної фотосинтетичної активності фітопланктону [171]. При цьому динаміка вмісту вуглекислоти (CO₂) прямо протилежна кисню: влітку – мінімальні значення, взимку – навпаки. Значення рН⁴ на досліджуваній ділянці змінюється від 7,5 до 8,8 (рис. 2.4).

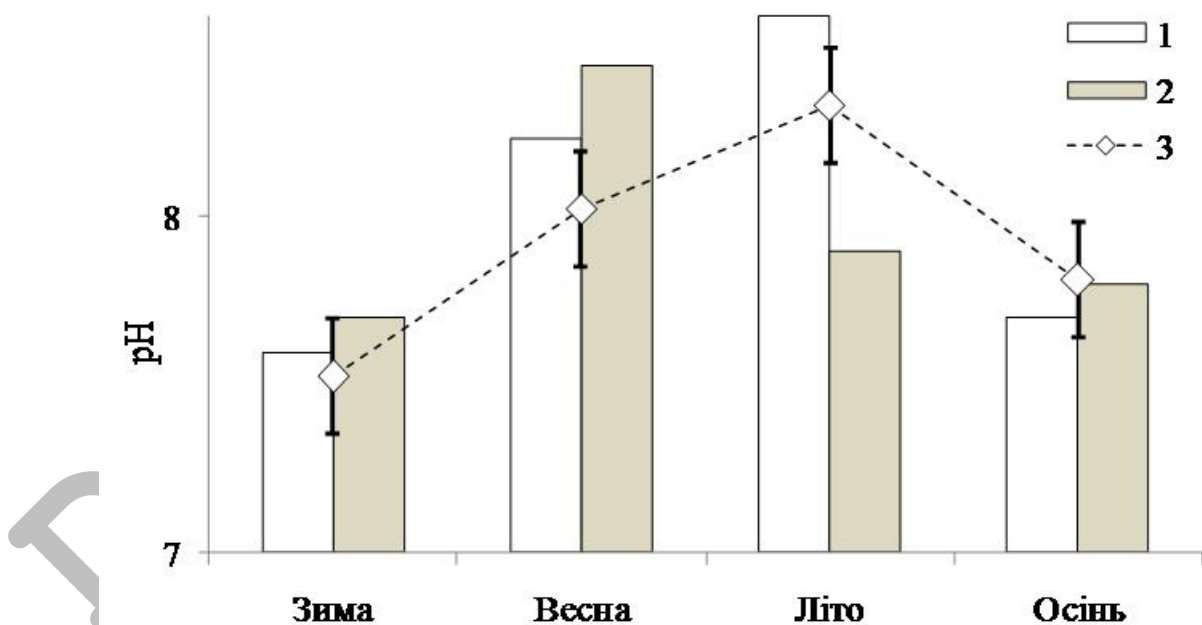


Рис. 2.4. Середні значення рН водного середовища верхньої частини Канівського водосховища у різні сезони року (2012 р.): 1 – поверхня, 2 – дно, 3 – середнє значення.

⁴ Дані щодо значень рН люб'язно надані к. геогр. н. Т.П. Жежеря

Аналіз сезонної динаміки та вертикального розподілу рН виявив, що його мінімальні значення реєструються в кінці зимового періоду за низьких концентрацій розчиненого у воді кисню, а максимальні – в літній. У вертикальному розподілі різниця величини рН між поверхневим та придонним горизонтом складала 0,1–0,7 з мінімальними градієнтами взимку і восени та максимальним – влітку. Зауважимо, що в літній період рН поверхневого шару води значно перевищує придонний, тоді як решту року – навпаки.

Вміст біогенних елементів верхньої частини Канівського водосховища визначається надходженням з вище розташованого Київського, промислово-господарськими стічними водами, дощовими стоками та в результаті внутрішньоводоймних процесів. При цьому концентрація біогенних елементів у воді змінюється в широких межах у різні сезони року: максимальна – взимку та в період повені, мінімальна – в період активної вегетації водоростей та ВВР [27].

У верхній частині Канівського водосховища переважає амонійна форма азоту (NH_4^+), яка складає 57–63%⁵ сумарного азоту в різні сезони. Його концентрація залежно від сезону коливається від 0,03 до 2,88 мг N/дм³, в середньому складаючи $0,34 \pm 0,02$ мг N/дм³. Відомо [27, 43], що на вміст NH_4^+ значно впливають внутрішньоводоймні процеси та антропогенна діяльність, а також водність року: в маловодні роки, коли швидкість течії і проточність водосховища зменшується, вміст розчиненого у воді кисню знижується, концентрація NH_4^+ у воді збільшується.

Вміст нітритів (NO_2^-) протягом року змінюється у широких межах (0,001–0,150 мг N/дм³) із середньорічним показником $0,018 \pm 0,001$ мг N/дм³. Оскільки нітрити є проміжними продуктами трансформації азотовмісних з'єднань, на їх концентрацію значно впливають процеси нітрифікації, денітрифікації, а також споживання фітопланктоном. В цілому частка NO_2^-

⁵ Дані щодо вмісту у воді неорганічних форм азоту, фосфору і заліза отримані із [44].

у верхній частині Канівського водосховища не перевищує 4% сумарного азоту.

Концентрація нітратної форми азоту (NO_3^-) варіює від 0,03 до 0,60 мг N/дм³ із середньорічним значенням $0,21 \pm 0,01$ мг N/дм³. На відміну від інших форм неорганічного азоту, NO_3^- характеризується добре вираженою сезонною динамікою із максимальними величинами взимку та мінімальними – влітку.

Середньорічна концентрація загального неорганічного фосфору у воді верхньої частини Канівського водосховища становить близько $0,19 \pm 0,01$ мг P/дм³ та може змінюватися протягом року від 0,04 до 0,84 мг P/дм³. Мінімальні значення неорганічного фосфору у воді спостерігаються у весняний період, а максимальні – восени.

В цілому, на сьогодні у порівнянні з літературними даними за минуле століття [27] на досліджуваній ділянці відмічається тенденція до збільшення концентрації неорганічного фосфору у воді, що, на думку дослідників [171], пов'язано із надходженням його сполук із стічними водами мегаполісу.

Вміст заліза у воді верхньої частини Канівського водосховища коливається в межах від 0,01 до 1,27 мг Fe/дм³ та визначається його надходженням із вище розташованого Київського, води якого в усі сезони року характеризуються значним вмістом Fe. При цьому згідно [27] в літній період на його вміст у воді значно впливають біологічні процеси, які здатні підвищувати рН середовища, внаслідок чого відбувається перехід заліза із розчиненого до завислого стану.

Дослідження вмісту у воді кремнію – важливого біогенного елемента, особливо для розвитку діатомових водоростей, виявив його просторово-часову мінливість у верхній частині Канівського водосховища. Показано [208], що сезонна динаміка $\text{Si}_{\text{заг}}$ у воді характеризується мінімальними концентраціями у весняно-літній період (1,0–3,3 мг/дм³) та максимальними – у зимовий (до 6,8 мг/дм³) (рис. 2.5). Встановлено зменшення вмісту кремнію

в поверхневому горизонті у весняно-літній період, що очевидно пов'язано з інтенсифікацією розвитку планктонних водоростей та їх концентрацією у верхній шарах водної товщі.

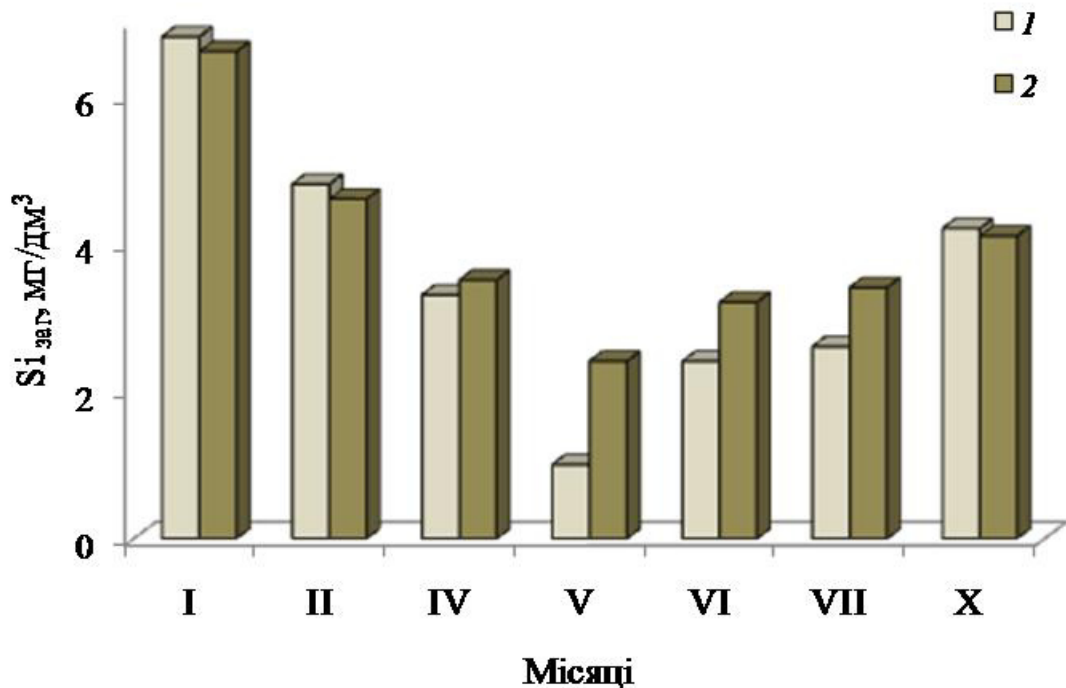


Рис. 2.5. Сезонні зміни загального вмісту кремнію у воді верхньої частини Канівського водосховища : 1 – поверхня, 2 – дно.

* * *

Отже, верхня частина Канівського водосховища характеризується помірно континентальним кліматом із чітко вираженими кліматичними сезонами (зима, весна, літо, осінь). Аналіз літературних даних свідчить про відносну стабілізацію деяких гідрологічних та гідрохімічних показників. Водночас, у результаті впливу сучасних регіональних змін клімату, які особливо помітні в останні десятиріччя XXI ст., спостерігається істотне зростання максимальних та середніх значень температури води у різні сезони року, що відповідно позначиться на біотичній складові водної екосистеми.

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в 2010–2012 рр. у верхній частині Канівського водосховища на ділянках, які хоча і формують просторовий гідрологічний континуум, проте характеризуються відмінними гідрологічними та морфометричними умовами.

Лентичні умови характерні для затоки Оболонь, яка належить до придаткової мережі верхньої частини Канівського водосховища в межах Києва і є частиною рекреаційної зони мегаполісу (рис. 3.1). Водойма розташована на відстані близько 10 км нижче Київської ГЕС та характеризується площею водного дзеркала 0,58 км², об'ємом – 5,80 млн. м³ та середньою глибиною 10,0 м [135].

Специфіка морфології затоки Оболонь обумовлена переформуванням її ложа та збільшенням глибини за рахунок видобутку піщаного матеріалу для наміву житлового масиву міста Києва. В цілому, водойма характеризується слабкою течією (до 0,1 м/с), замуленим піщаним дном, ступенем заростання ВВР 5,2–6,2 % із шириною смуги заростей до 6,0 м [48]. Важливою абіотичною характеристикою екосистеми затоки Оболонь є її водообмін з руслом Дніпра, період якого в залежності від коливань рівня води в нижньому б'єфі Київської ГЕС становить від 6 до 40 діб [139].

Лотичні умови характерні для руслової ділянки верхньої частини Канівського водосховища. Зокрема, відбір матеріалу здійснювався на відстані близько 11,5 км вниз за течією від греблі Київської ГЕС. Згідно літературних даних [48] швидкість течії тут складає від 0,3–0,6 м/с і вище, дно характеризується як слабо замулене піщане, ступінь заростання вищою водною рослинністю (ВВР) низький (1,0–1,5%). У лотичних умовах дослідження фітопланктону проводились кожні два тижні на стаціонарній станції моніторингу відділу екології водоймищ Інституту гідробіології НАН України (50°29'57"п.ш., 30°31'31"с.д.) протягом 2010–2012 рр.



Рис. 3.1. Карта-схема відбору проб води у верхній частині Канівського водосховища: 1 – лентичні умови (затока Оболонь), 2 – лотичні умови (русло Дніпра).

Встановлення особливостей вертикального розподілу планктонних водоростей у різні сезони року досліджували в лентичних умовах на стаціонарній точці з координатами $50^{\circ}30'20,4''$ п. ш., $30^{\circ}30'35,2''$ с. д. помісячно протягом трьох років. Проби фітопланктону відбирали з п'яти горизонтів, які охоплювали всю водну товщу від поверхні до дна: 0,2 м, 2,0 м, 8,0 м, 12,0 м, $15,0 \pm 0,3$ м.

Збір альгологічного матеріалу здійснювали з використанням батометра Руттнера у пластикові ємності об'ємом 1,0 дм³. При інтенсивному розвитку мікроводоростей, особливо під час «цвітіння» води, об'єм проби зменшували до 0,5 дм³.

Водорості є невід'ємним компонентом водного біоценозу, якому притаманні: високий видовий склад і кількісний розвиток, домінуючі комплекси, біологічна продукція, сезонна та багаторічна динаміка [94, 95]. Тому у своїй роботі під «*фітопланктоном*» ми розуміємо сукупність усіх форм мікроскопічних водоростей, незалежно від їх біотопічної приуроченості, які на момент відбору проб знаходяться у товщі води та характеризуються відповідними структурно-функціональними показниками угруповань.

Видовий склад водоростей визначали з використанням вітчизняних та іноземних визначників [6, 22, 28, 41, 42, 45, 46, 67, 68, 73, 89, 90, 91, 98, 110, 111, 124, 141, 142, 150, 178, 180, 186, 188, 189, 190]. Ідентифікацію представників Bacillariophyta додатково проводили за допомогою діатомового аналізу [45].

Для зручності порівняння видового складу планктонних водоростей за 2010–2012 рр. з літературними даними за минуле століття, назви всіх таксонів наводяться згідно флористичного зведення «Разнообразие водорослей Украины» [119, 151].

Проби фітопланктону фіксували 40% розчином формальдегіду із розрахунку 1:100 [167]. Згущення проби проводилось методом седиментації та опрацьовували протягом місяця.

Камеральне опрацювання альгологічних проб здійснювали на мікроскопах марки МББ-1А, Axio Imager (Carl Zeiss) при величині окуляра К 7×, 15× та об'єктива ×20, ×40 і ×100. Для отримання репрезентативних даних крапля проби у камері змінювалась тричі. Обрахунок чисельності здійснювали на 1 дм³ за допомогою камери Нажотта об'ємом 0,02 см³ за формулою:

$$N = kn \left(\frac{A}{a} \right) v \left(\frac{1000}{V} \right)$$

де N – чисельність водоростей в 1 дм³ досліджуваної проби (кл/дм³);

k – коефіцієнт, що вказує у скільки разів об'єм використаної камери менше 1 см³;

n – кількість клітин водоростей на переглянутих доріжках лічильної камери;

A – кількість доріжок лічильної камери;

a – кількість переглянутих доріжок;

v – об'єм згущеної проби (см³);

V – об'єм відібраної проби фітопланктону (см³).

Біомасу фітопланктону визначали стандартним розрахунково-об'ємним методом [167]. Його суть полягає в вимірюванні об'єму клітин водоростей, прирівнюючи їх форми до геометричних тіл (куля, еліпс, паралелепіпед, циліндр, конус тощо) та розрахунок об'єму за загальноприйнятими геометричними формулами. Для розрахунку об'єму клітин деяких діатомових, які мали складну форму, використовували коефіцієнти об'ємної повноти [14, 128, 129].

Лінійні розміри вимірювались за допомогою окуляр-мікрометра не менш як на 30 водоростевих клітинах одного виду та статистично опрацьовувалися. Обчислений об'єм кожного виду множили на чисельність та наводили у мг/дм³.

Для характеристики фітопланктону виділяли домінуючі види – біомаса або чисельність яких перевищувала або дорівнювала 10% від сумарних величин. Субдомінуючими вважали види з чисельністю або біомасою, яка складала від 5,0% до 9,9% загальної чисельності або біомаси видів в угрупованні. Назви домінуючих комплексів видів наводяться не за провідним таксонами, а за назвою відділів, до яких вони належать.

Оцінку значення окремих видів у формуванні планктонного альгоугруповання здійснювали за показником частоти трапляння [38], який базується на наявності чи відсутності виду у певній пробі з урахуванням загальної кількості проб:

$$F = \frac{100 \times p}{P}$$

де p – число проб, де трапився вид;

P – загальна кількість проб.

При цьому застосовували шкалу частоти трапляння видів раніше використану Н.В. Майстровою [83], де

клас А (81–100%) – види, що трапляються «дуже часто»;

клас В (51–80%) – «досить часто»;

клас С (21–50%) – «часто»;

клас D (5–20%) – «нечасто»;

клас Е (1–4%) – види, які трапляються «зрідка»;

клас F (< 1%) – «поодинокі» чи «випадкові» види.

На основі показника частоти трапляння розраховували індекс значимості (домінування) виду в альгоугрупованнях [61, 83]:

$$I = \sqrt{BF}$$

де B – середня біомаса виду (у відсотках),

F – частота трапляння.

Ранг значимості виду встановлювали з використанням градації рідкості виду:

I – більше 1% – керівні (провідні) види;

II – 0,1–1% – характерні;

III – 0,01–0,1% – другорядні;

IV – менше 0,01% – випадкові види.

Для характеристики систематичної структури фітопланктону визначали розподіл таксономічного складу водоростей між систематичними категоріями вищого рангу, який використовується у порівняльній флористиці [157], а також виділяли ядро («лице») альгофлори – таксономічну групу, яка кількісно наближається або становить 50% сумарного різноманіття та вказує на таксони, для розвитку яких дані умови середовища є оптимальними [9].

Виділення ядра альгофлори здійснювали шляхом розрахунку середньоквадратичного відхилення (σ) [9]. В результаті таксономічно значимими вважали порядки (роди), різноманіття яких перевищувало σ середньої кількості видів у порядках (родах).

Для репрезентативної характеристики альгоутгруповань фітопланктону використовували різноманітні біологічні показники, індекси та коефіцієнти. Подібність видового складу на досліджуваних станціях оцінювали за допомогою коефіцієнту видової подібності Серенсена [19]:

$$Ks = \frac{2c}{a + b}$$

де a – кількість видів у першій водоймі;

b – кількість видів у другій водоймі;

c – кількість спільних видів.

Значення коефіцієнту видової подібності змінюється від 0 (повна відмінність) до 1 (повна подібність). При обчисленні цього коефіцієнту можуть спостерігатися наступні залежності [167]:

$Ks > 0,5$ – водойми досить схожі за видовим складом фітопланктону, негативний вплив екологічних чинників (природних та антропогенних) відсутній;

$Ks < 0,5$ – фітопланктон відрізняється за видовим складом, а отже водойми характеризуються різними екологічними умовами.

Порівняння флористичного різноманіття фітопланктону різних ділянок на рівні порядків і родів здійснювали з використанням коефіцієнта рангової кореляції Кендела [19, 157]:

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)}$$

де s – сума рангів провідних порядків (родів), за якими проводиться порівняння систематичної структури фітопланктону двох водойм;

n – кількість пар порівнювальних рангів.

Значення коефіцієнта Кендела змінюється в межах від -1 (повна відмінність флористичних спектрів фітопланктону водойм) до $+1$ (повна подібність) [157].

Оцінка інформаційного різноманіття фітопланктону проведена з використанням інформаційного показника – індексу Шеннона [4]:

$$H_B = - \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{B} \log_2 \frac{B_i}{B}$$

де H_B – індекс Шеннона за видовим різноманіттям і біомасою угруповання, біт/мг;

B_i – біомаса i -го виду;

B – загальна біомаса

n – кількість видів.

Відповідно до градації різноманіття фітопланктону [167], при $H > 2,0$ інформаційне різноманіття високе, домінуючий комплекс – полідомінантне угруповання, що свідчить про оптимальні умови для розвитку фітопланктону; якщо $H < 2,0$, то більш ніж 50% чисельності (біомаси) водоростей формується одним видом, який найбільш адаптований до екологічної ситуації у даній водоймі.

Екологічна характеристика фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища наведена згідно власних спостережень та із урахуванням літературних даних [9, 10, 16, 84, 86, 109, 120, 137, 150, 153, 165, 180, 199].

Повноту вивчення і достовірність отриманих даних видового складу водоростей оцінювали за розрахунковою залежністю Вілліса [9], згідно якої у добре вивчених флорах крива розподілу знайдених видів серед родів наближається до гіперболи.

Усі відбори проб фітопланктону супроводжувалися паралельними вимірами деяких фізико-хімічних параметрів водного середовища: прозорості, температури води, концентрації розчиненого у воді кисню та проценту його насичення, рН, вмісту кремнію та неорганічного азоту і фосфору у воді.

Прозорість води вимірювали диском Секкі за відсутності прямого сонячного світла. Глибину зникнення диска повторювали кілька разів та визначали середнє значення [92].

Для визначення температури води поверхневого горизонту використовували ртутний термометр в металевій оправі з ціною поділки $0,2^{\circ}$, а для становлення вертикального розподілу температури води виміри здійснювали через кожні два метри за допомогою гідрологічного польового електротермометра (ГР-41 М) з ціною ділення шкали $0,1^{\circ}$.

Концентрацію розчиненого у воді кисню визначали йодометричним методом Вінклера. За отриманими результатами розраховували насичення води киснем [5, 92].

Усі відбори проб та виміри як у лентичних, так і лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища здійснювалися з 11 до 13 години.

Дані щодо сумарної сонячної радіації для верхньої частини Канівського водосховища взяті із таблиць ТМ-12 актинометричної станції Бориспіль [136]. Розрахунок сумарної сонячної радіації, яка надходить на водну поверхню здійснювали згідно [156].

Метеорологічні дані, які характеризують середньомісячні температури повітря та їх відхилення від норми отримані з сайту Українського гідрометеорологічного центру [145]. Інформація щодо рівнів води р. Дніпро на момент відбору альгологічних проб взяті з автоматичної гідрологічної станції (пост Київ) [152]. Середньомісячні показники температури та рівнів води, вмісту деяких біогенних елементів (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , $\text{P}_{\text{неорг}}$) отримані з архіву Центральної геофізичної обсерваторії [44].

Дані щодо величин рН та вмісту кремнію у воді надані к. геогр. н., Т.П. Жежеря, а концентрації загального неорганічного азоту та фосфору – м. н. с. М.І. Лінчук. Автор висловлює глибоку вдячність колегам за можливість використання цих матеріалів для написання роботи, а також співробітникам відділів екології водоймищ та гідрохімії за допомогу у відборі проб.

Статистична обробка всього масиву даних здійснена згідно [13, 29, 87] з використанням програм: Statistica 6.0, Past, Microsoft Excel. У роботі обговорюються тільки значимі кореляції ($p < 0,05$).

РОЗДІЛ 4

ФЛОРИСТИЧНА І ТАКСОНОМІЧНА СТРУКТУРА ФІТОПЛАНКТОНУ

4.1. Лотичні умови

В лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища за досліджуваний період знайдено 223 види, представлених 238 внутрішньовидовими таксонами водоростей з номенклатурним типом виду включно, які належали до 8 відділів, 13 класів, 28 порядків та 105 родів. Найбільшим видовим багатством характеризувались зелені – 82 види (85 в. в. т. або 36% загального числа виявлених видів) та діатомові водорості – 77 видів (85 в. в. т. або 36%), менше синьозелені – 30 види або 13%. Водорості решти відділів нараховували від 4 до 13 видів або 2–5% відповідно (рис. 4.1).

Розподіл водоростей на рівні класів показав, що в лотичних умовах за числом видів та внутрішньовидових таксонів у фітопланктоні провідна роль належала класам *Chlorophyceae* – 79 в. в. т. (33%) та *Bacillariophyceae* – 58 (24%). Істотну частку складали також *Hormogoniophyceae* – 17 (7%), *Fragilariophyceae* – 16 (7%), *Chroococcophyceae* – 13 (6%), *Chrysophyceae* – 13 (6%).

Із 28 порядків, основу флористичної структури фітопланктону формували 3 таксономічно значимі порядки, які складали 47% загального видового багатства водоростей. До них належали *Chlorococcales* – 71 в. в. т. (30%), *Naviculales* – 23 (10%) та *Fragilariales* – 16 (7%). Меншою часткою були представлені *Chroococcales* – 13 (6%), *Bacillariales* – 12 (5%), *Cymbellales* – 12 (5%), *Oscillatoriales* – 12 (5%), *Ochromonadales* – 11 (5%) та *Peridinales* – 9 (4%).

На рівні родів ядро флористичного спектру було сформоване 31 родом, які складали 61% від загальної кількості видів фітопланктону. Перевагу мали

роди діатомових водоростей (*Navicula* Bory – 13 в. в. т., *Nitzschia* Hassal – 10), зелених (*Desmodesmus* – 12) та синьозелених (*Oscillatoria* – 10). Видовою насиченістю від 3 до 6 видів були представлені роди *Anabaena*, *Aulacoseira*, *Diatoma* Bory emend. Heib., *Fragilaria* Lingb., *Mallomonas* Perty, *Peridiniopsis* Lemmerm., *Placoneis* Mer. emend. Cox, *Scenedesmus*, *Tetrastrum* Chodat, *Acutodesmus*, *Monoraphidium* Komárk.-Leng., *Oocystis* Hansg., *Pediastrum*.

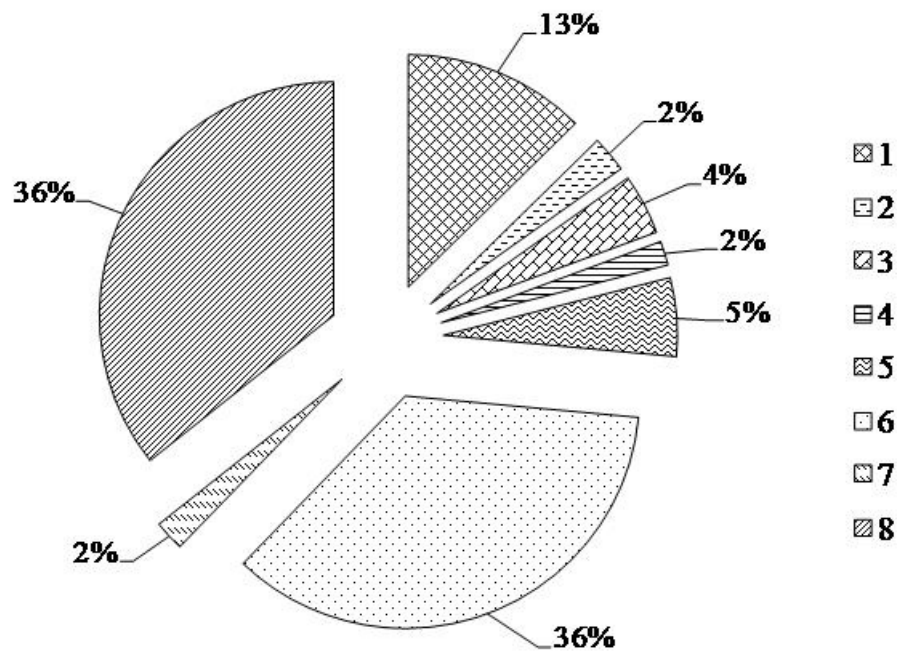


Рис. 4.1. Флористична структура фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах (2010–2012 pp.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

В цілому, у фітопланктоні спостерігалась значна кількість родів водоростей (близько 70%), які визначалися низькою видовою представленістю (1–2 в. в. т.), що цілком може бути наслідком впливу на фітопланктон цілого комплексу екологічних чинників та узгоджується з літературними даними [135, 171].

Важливою характеристикою структури фітопланктону є частота трапляння видів, які входять до його складу. Відомо, що за екстремальних умов або антропогенного тиску організація альгоценозів більш одноманітна в результаті виживання порівняно невеликої кількості толерантних форм, що відображається на показниках трапляння видів [38].

Проведене виділення домінуючих видів фітопланктону за класами частоти трапляння встановило переважання видів, які зустрічаються «зрідка» (60% всього видового багатства). Із частотою трапляння «нечасто» – 26%, «часто» – 12%, а тих, що відносяться до класу «досить часто» та «дуже часто» – по 1% відповідно (табл. 4.1). Варто зауважити, що «поодиноких» видів водоростей у лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища виявлено не було.

Таблиця 4.1

**Розподіл фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища
в лотичних умовах за класами трапляння**

Класи		Трапляння, %	Кількість видів (в. в. т.)
A	дуже часто	81–100	2 (2)
B	досить часто	51–80	3 (3)
C	часто	21–50	26 (28)
D	нечасто	5–20	59 (63)
E	зрідка	1–4	133 (142)
F	поодинокі	менше 1	0

Аналіз видів водоростей із максимальними показниками частоти трапляння (класи A, B) встановив, що це прісноводні, переважно планктонно-бентосні, широко розповсюджені види, які належать до β -і α -мезосапробів: *C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, *D. communis*, *A. granulata* f. *granulata*, *Ch. reinhardtii*.

Таким чином, можна констатувати, що 86% знайдених видів характеризувались низькою частотою трапляння, тобто відмічались у складі фітопланктону епізодично. Водночас, зареєстровано 5 видів класу А та В, які характеризувалися широким екологічним спектром.

Для оцінки специфічності альгоугруповань та умов середовища їх існування проводили екологічний (біоіндикаційний) аналіз списку водоростей, в основі якого лежить індивідуальна чутливість видів водоростей до різних екологічних чинників середовища [10].

Так, екологічний аналіз фітопланктону виявив 216 видів, різновидів та форм водоростей (91%), які є індикаторами певних екологічних умов: біотопічної і температурної приуроченості, реофільності, галобності, рН середовища.

Для 200 видів (84% загального видового багатства) встановлена біотопічна приуроченість, згідно якої найбільшу частку складали планктонно-бентосні форми (43%), серед яких найчастіше зустрічались: *M. irregulare*, *Ch. reinhardtii*, *C. kuetzingiana*, *A. distans*, *A. granulata* f. *granulata*, *M. pulvereae*, *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gomont, *D. communis*. Частка планктонних та бентосних видів складала 34% та 22% відповідно. Також були знайдені епіфіти, які складали всього 1%.

На нашу думку, наявність значної кількості планктонно-бентосних та бентосних форм водоростей у фітопланктоні верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах пояснюється, перш за все, особливостями гідрологічного режиму, який визначається роботою Київської ГЕС (внутрішньодобові попуски, значні швидкості течії, турбулентність водних мас тощо).

Із 146 виявлених видів-індикаторів галобності у фітопланктоні домінували прісноводні види – 79% (індиференти – 77% та галофоби – 2%). Серед індиферентів часто зустрічались: *A. distans*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *M. pulvereae*, *O. geminata*, *D. communis*, *S. hantzschii*, *S. acus* var. *acus*.

Встановлено, що значну частку (21%) планктонного угруповання складали види, які вегетують при підвищеній солоності. Так, знайдено 27 прісноводно-солонатоводних видів, з яких 16% складали галофіли (*Aph. flos-aquae*, *C. kuetzingiana*, *Melosira varians* C. Agardh, *Oscillatoria agardhii* Gomont) і 2% – олігогалофи (*Ch. reinhardtii*, *Peridinium bipes* F. Stein). Також були виявлені мешканці слабосолоних водойм – мезогалофи (всього 3%): *Euglena viridis* Ehrenb., *Navicula peregrina* (Ehrenb.) Kütz., *Tryblionella hungarica* (Grunow) Mann in Round, R. M. Crawford, Mann, *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijjs.

Важливо наголосити, що за відношенням до pH більшість знайдених водоростей (63%) – це мало вивчені по відношенню до активної реакції середовища види. Серед них значну частку складали індіференти (40 видів) та алкаліфіли (40). Найчастіше з індіферентів траплялися: *C. kuetzingiana*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *D. communis*, а серед алкаліфілів – *S. hantzschii*.

Характерною рисою екологічної структури фітопланктону є наявність ацидофілів (6%): *Crucigenia quadrata* E. Morren, *Encyonema elginense* (Krammer) Mann in Round, R. M. Crawford, Mann, *A. distans*, *Neidium productum* (W. Sm.), *Fragilaria capucina* Desm. var. *capucina* та алкалібіонтів (2%): *Stephanodiscus rotula* (Kütz.) Hendeey, *S. acus* var. *acus*.

Серед зареєстрованих нами водоростей, 122 види є індикаторами реофільності (проточності). З них 74% – це види, що характеризують повільнотекучі води, 23% – стоячі води та 3% – швидкотекучі. Із домінуючої групи часто зустрічались: *M. irregulare*, *Ch. reinhardtii*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *D. communis*, *S. acus* var. *acus*.

Індикатори температурних умов були представлені 27 видами (11% загальної кількості видів). Переважала група індіферентних видів (18): *C. kuetzingiana*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *S. hantzschii* та інші. Евритермних видів було 5, а холодолюбних та теплолюбних – по 2 відповідно.

Таким чином, фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах характеризується як діатомово-зелений зі значною часткою синьозелених водоростей. Ядро флористичної структури складають два таксономічно значимі класи (*Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*), три порядки (*Chlorococcales*, *Naviculales*, *Fragilariales*) та 31 рід.

Виділення домінуючих видів планктонних водоростей за класами частоти трапляння показало, що переважна більшість знайдених видів зустрічаються нечасто, що свідчить про достатнє різноманіття фітопланктону протягом року. Водночас, зареєстровано 5 видів з широким екологічним спектром (*C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, *D. communis*, *A. granulata* f. *granulata*, *Ch. reinhardtii*).

Проведений екологічний аналіз фітопланктону в лотичних умовах встановив переважання прісноводних і планктонно-бентосних видів, мешканців повільнотекучих вод, індіферентів по відношенню до pH та температури води.

4.2. Лентичні умови

Фітопланктон у лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища був представлений 236 видами (257 внутрішньовидовими таксонами водоростей із номенклатурним типом виду включно), які належали до 112 родів, 32 порядків, 13 класів та 8 відділів (*Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Cryptophyta*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta* та *Chlorophyta*).

Основу видового багатства фітопланктону складали *Chlorophyta* – 100 видів (104 в. в. т. або 40% загального числа виявлених видів), меншою кількістю видів характеризувалися *Bacillariophyta* – 70 видів (76 в. в. т. або 30%) та *Cyanophyta* – 35 видів або 14% (рис. 4.2). Решта відділів були представлені бідно та нараховували від 4 до 14 видів, що складало 2–5% відповідно.

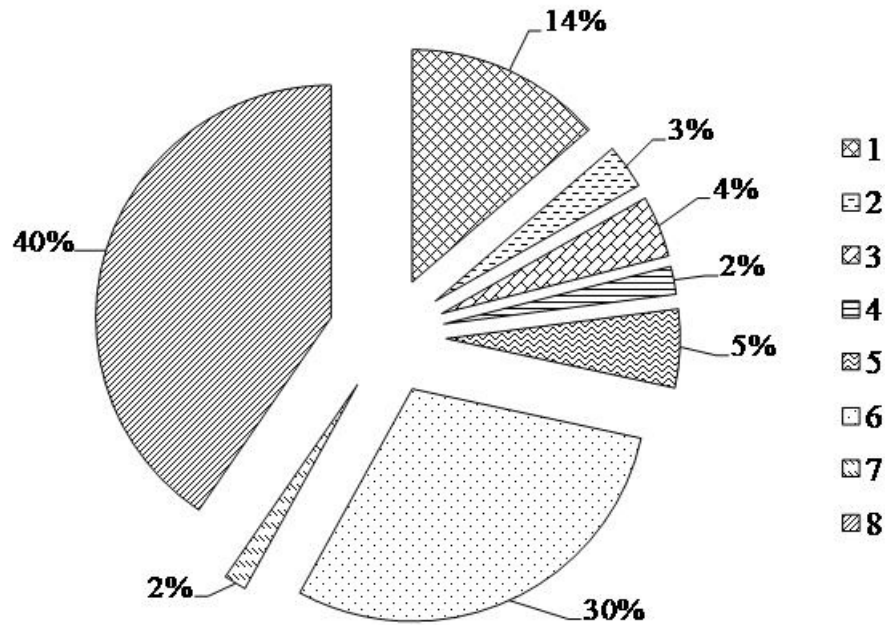


Рис. 4.2. Флористична структура фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

Більше видове багатство фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах по відношенню до лотичних можна пояснити кращими екологічними умовами: меншою швидкістю течії, значними глибинами, інтенсивним розвитком фітомікробентосу, водорості якого можуть потрапляти в планктон [48, 171].

Провідними за числом видів були класи: Chlorophyceae – 95 в. в. т. (37%) і Bacillariophyceae – 54 (21%). Значно меншою кількістю видів характеризувалися Hormogoniophyceae – 19 (7%), Chroococcophyceae – 16 (6%) та Chrysophyceae – 14 (5%).

На рівні порядків ядро флористичного спектру було сформоване 3-ма порядками, які разом складали 45% видового багатства фітопланктону затоки Оболонь: Chlorococcales – 85 в. в. т. (33%), Chroococcales – 16 (6%) та

Cymbellales – 15 (6%). Меншою кількістю характеризувались Bacillariales – 14 (5%), Naviculales – 14 (5%), Oscillatoriales – 13 (5%), Ochromonadales – 13 (5%), Fragilariales – 12 (5%) та Peridinales – 9 (4 %).

Ядро фітопланктону в лентичних умовах формували 29 родів, які склали 56% загальної кількості видів планктонних водоростей. Провідними були роди: *Desmodesmus* (14 в. в. т.), *Nitzschia* (12), *Oscillatoria* (10). Меншою кількістю (від 3 до 8 видів) були представлені роди *Acutodesmus*, *Anabaena*, *Aulacoseira*, *Cryptomonas*, *Monoraphidium*, *Placoneis*, *Synedra* Ehrenb., *Closterium* Nitzsch, *Euglena* Ehrenb., *Oocystis*, *Peridinium* Ehrenb., *Gomphonema* (Ag.) Ehrenb., *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Navicula*. Решта родів водоростей характеризувались як малочислені, які нараховували всього 1–2 в. в. т.

Аналіз різноманіття водоростей за частотою трапляння встановив, що фітопланктон в лентичних умовах представлений видами, які зустрічаються «зрідка» (32% усіх в. в. т.), «поодинокі» (30%) та «нечасто» (28%). Менша кількість видів відносяться до класу «часто» (7%) та «досить часто» (3%). Види із частотою трапляння «дуже часто» склали менше 1% (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Розподіл фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища
в лентичних умовах за класами трапляння**

Класи		Трапляння, %	Кількість видів (в. в. т.)
A	дуже часто	81–100	2 (2)
B	досить часто	51–80	7 (8)
C	часто	21–50	17 (19)
D	нечасто	5–20	65 (71)
E	зрідка	1–4	76 (82)
F	поодинокі	менше 1	70 (75)

Найчастіше зустрічались у альгологічних пробах (клас А та В) прісноводні, планктонні та планктонно-бентосні, космополітні види, індикатори β -мезосапробної зони: *C. kuetzingiana*, *D. communis*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *Ch. reinhardtii*, *S. hantzschii*, *A. distans*, *M. pulvereae*, *S. acus* var. *acus*. і *M. irregulare*.

В цілому, наведені дані свідчать, що значна частина фітопланктону (близько 90% видового багатства) представлена видами, які мають низьку частоту трапляння (класи D, E і F), що свідчить про гетерогенність планктонних водоростей досліджуваної екосистеми.

Аналіз фітопланктону за екологічними характеристиками виявив 227 (або 88%) видів, які є індикаторами певних екологічних умов: біотопічної приуроченості, температурного режиму, реофільності, галобності, рН середовища та сапробності.

Біотопічна приуроченість встановлена для 82% водоростей. Переважали планктонно-бентосні види – 94 вид, далі йшли планктонні – 71 та бентосні – 44. Частка епіфітних водоростей складала всього 1%. Із планктонно-бентосних часто зустрічались *M. irregulare*, *Ch. reinhardtii*, *C. kuetzingiana*, *A. distans*, *A. granulata* f. *granulata*, *M. varians*, *M. pulvereae*, *O. geminata*, *D. communis*, *T. triangulare*.

По відношенню до солоності води фітопланктон характеризувався як прісноводний – 119 видів (індиференти – 80% та галофоби – 3%). Серед індиферентів часто зустрічались *Chlamydomonas monadina* F. Stein, *A. distans*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *M. pulvereae*, *O. geminata*, *D. communis*, *S. hantzschii*, *S. acus* var. *acus*. Частка галофілів становила 12%, олігогалобів – 3%, а мезогалобів – 2% (*Euglena caudata* Hüb., *E. viridis*, *T. tabulata*).

Індикатори активної реакції середовища (рН) були представлені 88 видами водоростей, з яких найбільшу частку складали індиференти (48%) та алкаліфіли (43%). Також у фітопланктоні були присутні представники ацидофілів (близько 6%): *Closterium gracile* Bréb., *E. elginense*,

C. quadrata, *Eunotia bilunaris* (Ehrenb.) Mills, *A. distans* та алкалобійонти (близько 3%): *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. et God., *S. rotula*, *S. acus* var. *acus*.

Серед 130 видів-індикаторів реофільності значну частку (77%) складали представники повільнотекучих вод: *M. irregulare*, *Ch. reinhardtii*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *M. varians*, *D. communis*, *S. acus* var. *acus*, *T. triangulare*. Частка видів-індикаторів стоячих вод становила 20%, а швидкотекучих – лише 3%.

Встановлено, що лише 32 види водоростей є індикаторами температурного режиму. На досліджуваній ділянці переважала група індіферентів, серед яких часто зустрічались *C. kuetzingiana*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *M. varians*, *S. hantzschii*. Меншою кількістю характеризувались евритермні (6), холодолюбні (3) та теплолюбні (2) види.

Таким чином, фітопланктон в лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища характеризувався як зелено-діатомовий із субдомінуванням синьозелених водоростей. Ядро флористичного спектру формували два таксономічно значимі класи (Chlorophyceae, Bacillariophyceae), три порядки (Chlorococcales, Chroococcales, Cymbellales) та 29 родів.

Значна частина фітопланктону була представлена видами з низькою частотою трапляння. У той же час зареєстровано 10 видів, які зустрічалися досить часто (*C. kuetzingiana*, *D. communis*, *A. granulata* f. *granulata*, *A. granulata* f. *curvata*, *Ch. reinhardtii*, *S. hantzschii*, *A. distans*, *M. pulvereae*, *S. acus* var. *acus* та *M. irregulare*).

В цілому, основу фітопланктону в лентичних умовах формували прісноводні, планктонно-бентосні, широко розповсюджені види водоростей, представники повільнотекучих вод, індіферентних по відношенню до рН середовища і температури води.

4.3. Загальна характеристика фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища

Оцінка видового складу планктонних водоростей за допомогою залежності Вілліса, показала, що крива розподілу знайдених видів серед родів в досліджуваних умовах наближується до гіперболи (рис. 4.3). Це дозволяє стверджувати, що видове багатство фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних та лентичних умовах вивчено якісно та достатньо повно, що дає змогу провести їх узагальнюючий флористичний аналіз та отримати репрезентативні дані.

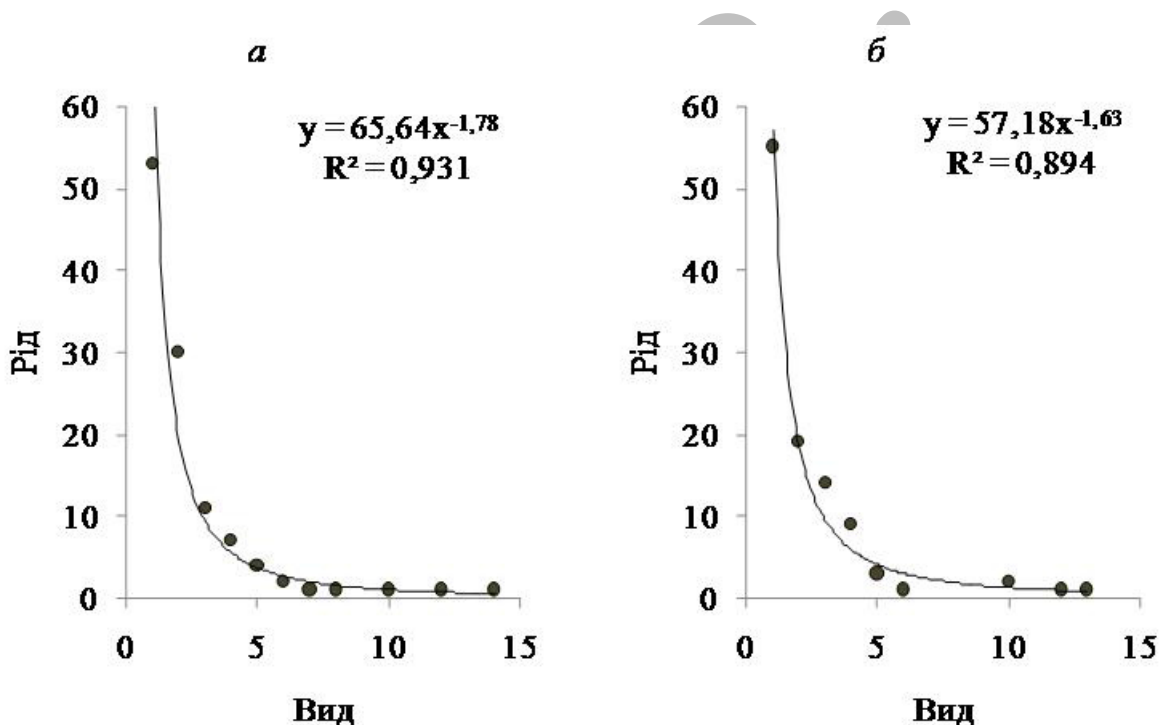


Рис. 4.3. Залежність Вілліса для фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища: *а* – лотичні умови, *б* – лентичні умови.

Ретроспективний аналіз літературних джерел по фітопланктону до початку створення дніпровського каскаду, зарегулювання Канівського водосховища, в період його наповнення – становлення, стабілізації із нашими

даними за 2010–2012 рр. показав певні зміни на рівні домінуючих відділів водоростей (рис. 4.4).

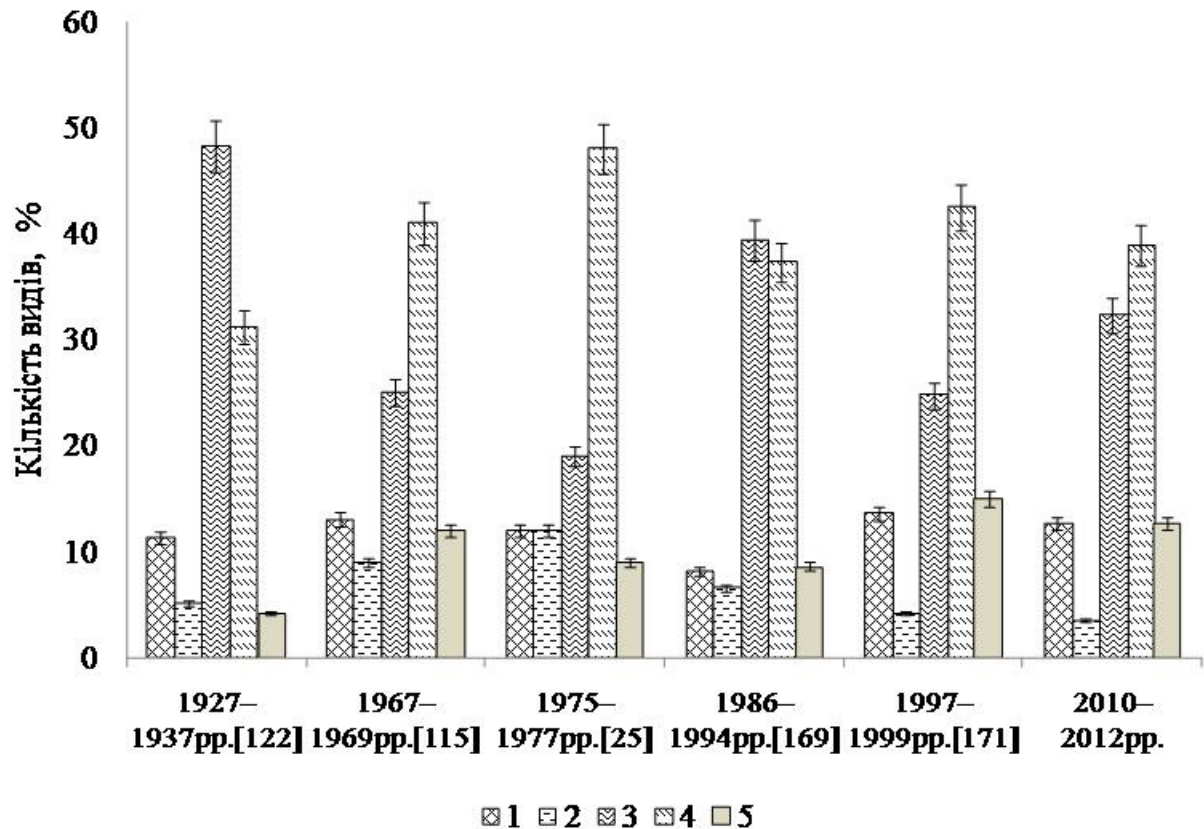


Рис. 4.4. Флористичний спектр фітопланктону в різні періоди існування Канівського водосховища: 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Bacillariophyta, 4 – Chlorophyta, 5 – водорості інших відділів.

Різноманіття фітопланктону в умовах незарегульованого Дніпра на ділянці майбутнього Канівського водосховища становило близько 336 видів та визначалося діатомовими, зеленими, менше синьозеленими та евгленовими водоростями [122].

Початок гідротехнічного будівництва на Дніпрі та побудова київської греблі зумовили значне збіднення видового багатства планктонних водоростей (до 244 видів) [115]. У флористичній структурі відмічалось збільшення частки зелених водоростей та зменшення – діатомових.

У перші роки становлення Канівського водосховища фітопланктон нараховував 392 види [25] з перевагою зелених, діатомових, синьозелених і евгленових водоростей.

Період стабілізації Канівського водосховища характеризувався високим видовим багатством фітопланктону (близько 490 видів та внутрішньовидових таксонів) і флористичною структурою, яка визначалась відносно рівними частинами зелених та діатомових водоростей, меншими синьозелених та евгленових [169].

Останні альгологічні дослідження, які проводились у верхній частині Канівського водосховища в кінці XX ст. встановили [171], що видове багатство фітопланктону нараховувало близько 287 видів, провідними з яких були зелені, діатомові та синьозелені водорості.

На основі оригінальних досліджень (2010–2012 рр.) у складі фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища виявлено 235 видів, представлених 316 в. в. т. (список водоростей приведено у Додатку А) із 124 родів, 32 порядків, 13 класів та 8 відділів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Таксономічна структура фітопланктону верхньої частини
Канівського водосховища**

Відділ	Клас	Порядок	Рід	Вид (в. в. т.)
Cyanophyta	Chroococcophyceae	Chroococcales	9	18 (18)
	Hormogoniophyceae	Oscillatoriales	3	15 (15)
		Nostocales	2	7 (7)
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	2	9 (10)
		Peranematales	1	1 (1)
Dinophyta	Dinophyceae	Gymnodiniales	1	1 (1)
		Gonyaulacales	1	1 (1)
		Peridinales	4	11 (11)

Продовж. табл. 4.3

Відділ	Клас	Порядок	Рід	Вид (в. в. т.)
Cryptophyta	Cryptomonadophyceae	Cryptomonadales	2	5 (5)
Chrysophyta	Chrysophyceae	Chromulinales	2	2 (2)
		Ochromonadales	5	15 (15)
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Thalassiosirales	4	6 (6)
		Melosirales	1	1 (1)
		Aulacoseirales	1	3 (4)
	Fragilariophyceae	Fragilariales	7	12 (18)
	Bacillariophyceae	Eunotiales	1	1 (1)
		Mastogloiales	1	1 (1)
		Cymbellales	6	15 (16)
		Achnanthales	4	7 (7)
		Naviculales	9	26 (27)
		Thalassiophysales	1	2 (2)
		Bacillariales	3	15 (16)
		Rhopalodiales	1	1 (1)
		Surirellales	2	2 (2)
Xanthophyta	Xanthophyceae	Mischococcales	1	2 (2)
		Ophiocytals	2	3 (3)
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	4	8 (8)
		Volvocales	2	3 (3)
		Chlorococcales	33	93 (99)
	Ulvophyceae	Ulotrichales	5	5 (5)
	Zygnematophyceae	Zygnematales	1	1 (1)
		Desmidiales	3	6 (7)

Найбільш різноманітно були представлені зелені (39% загальної кількості видів) та діатомові (32%), менше синьозелені водорості (13%). Частка решти відділів (Xanthophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta) складала 2–5% від загальної кількості видів.

Порівняльний аналіз видового багатства фітопланктону за допомогою коефіцієнту флористичної спільності Серенсена встановив подібність фітопланктону в лотичних та лентичних умовах ($K_s=0,72$), що, ймовірно, зумовлено гідрологічними особливостями екосистеми верхньої частини Канівського водосховища [135].

Провідне місце за кількістю видів, різновидів та форм водоростей займали відділи Chlorophyta, Bacillariophyta та Cyanophyta. При цьому в лотичних умовах рівними частками були представлені зелені та діатомові водорості. У той же час, в лентичних – відмічалось збільшення частки Chlorophyta та зменшення Bacillariophyta (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Таксономічна структура фітопланктону в лотичних та лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища

Відділ	Лотичні умови, таксони	Лентичні умови, таксони	Спільні таксони	Всього таксонів
Cyanophyta	30	35	25	40
Euglenophyta	6	8	3	11
Dinophyta	10	11	8	13
Cryptophyta	4	5	4	5
Chrysophyta	13	14	10	17
Bacillariophyta	85	76	59	102
Xanthophyta	5	4	4	5
Chlorophyta	85	104	67	123
Σ	238	257	180	316

Виявлено 180 в. в. т. водоростей, які були спільними для лотичних та лентичних умов верхньої частини Канівського водосховища, серед яких найбільшу частку складали представники зелених (37% загальної кількості виявлених видів), діатомових (33%) та синьозелених водоростей (14%). Такий високий ступінь спорідненості видового складу водоростей лотичної та лентичної екосистем, очевидно, пов'язаний із водобмінними процесами між придатковою мережею та основним руслом Дніпра внаслідок внутрішньодобових попусків Київської ГЕС.

Аналіз таксономічної структури водоростей на рівні класів показав, що фітопланктон в лотичних умовах, на відміну від лентичних, окрім *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Hormogoniophyceae*, *Chroococcophyceae* та *Chrysophyceae* був представлений і класом *Fragilariophyceae*.

Порівняння видового складу фітопланктону за коефіцієнтом рангової кореляції Кендела засвідчив високу подібність ($\tau = 0,88$) провідних порядків водоростей у лентичних та лотичних умовах. Спільними були *Chlorococcales*, *Chroococcales*, *Cymbellales*, *Naviculales*, *Bacillariales*, *Oscillatoriales*, *Ochromonadales*, *Fragilariales*, *Peridinales*. При цьому у фітопланктоні в лотичних умовах, у порівнянні із лентичними, частка *Naviculales* і *Fragilariales* була більшою, а *Chlorococcales* та *Chroococcales*, навпаки, меншою.

Подібним ($\tau = 0,57$) виявився також спектр родів фітопланктону в лотичних та лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища. Провідними були роди *Nitzschia* (по 10 та 12 видів відповідно), *Oscillatoria* (10 і 10) і *Desmodesmus* (12 і 14).

В той же час, аналіз флористичної структури фітопланктону виявив зниження частки родів *Navicula*, *Acutodesmus*, *Monoraphidium*, *Diatoma*, *Mallomonas*, *Tetrastrum*, *Fragilaria*, *Peridiniopsis* та зростання частки таких родів як *Scenedesmus*, *Gomphonema*, *Euglena*, *Peridinium* і *Closterium* у лентичних умовах, порівняно із лотичними (рис.4.5).

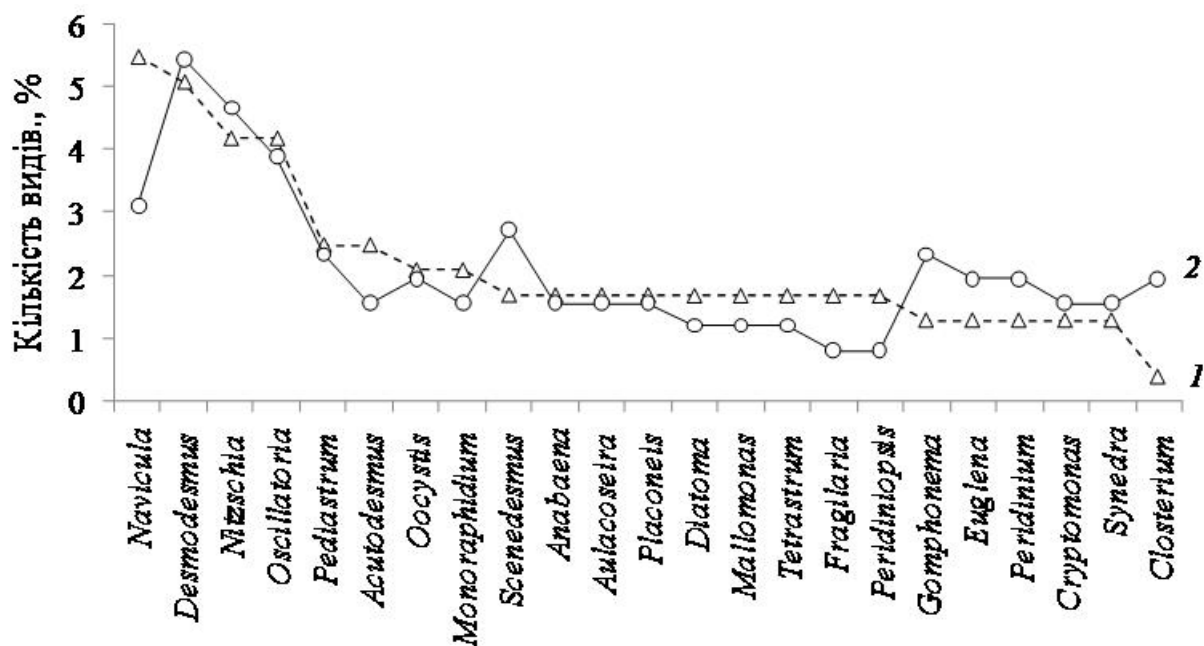


Рис. 4.5. Флористичний спектр фітопланктону на рівні родів:
1 – лотичні умови, 2 – лентичні умови.

Встановлено, що розподіл видового складу водоростей за класами частоти трапляння мав характер зворотної залежності: зі зниженням класу – зростала кількість видів (рис. 4.6).

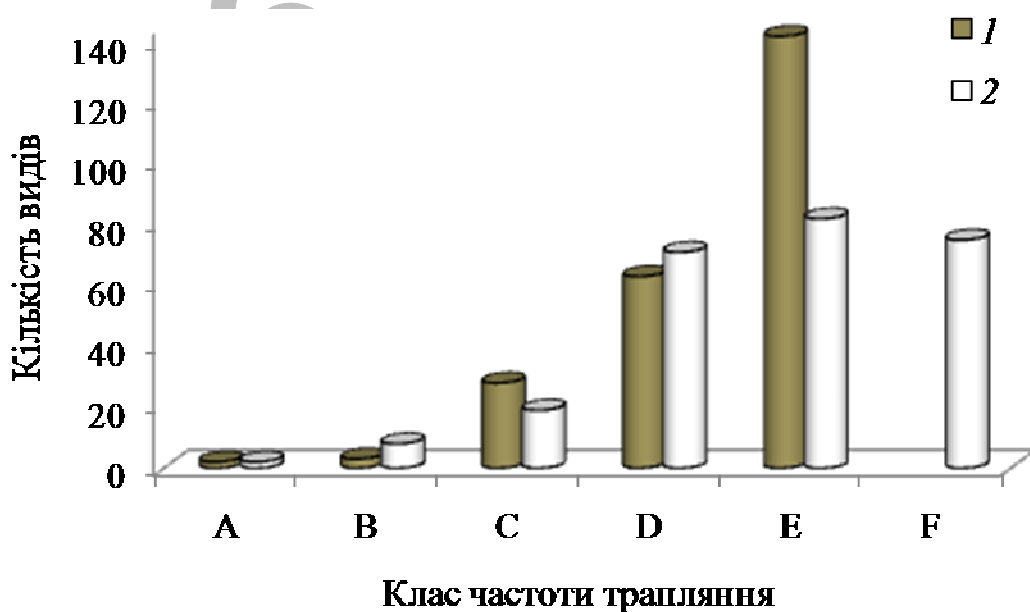


Рис. 4.6. Розподіл видів фітопланктону за класами частоти трапляння:
1 – лотичні умови, 2 – лентичні умови.

Результати проведених нами досліджень свідчать, що фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища формується видами з низькою частотою трапляння. У лотичних умовах вони складають – 86% від загальної кількості видів, а в лентичних – 90%. Зокрема, основу фітопланктону в лентичних умовах формували види із класів Е («зрідка»), F («поодинокі») та D («нечасто»), які становили 32% , 29% і 28% відповідно, тоді як у лотичних – представники класів Е (60%) та D (26%), а «поодинокі» видів (клас F) взагалі не було виявлено. Такий розподіл видового складу фітопланктону свідчить про своєрідність (унікальність) альгоугруповань досліджуваних біотопів.

Аналіз видів фітопланктону з високою частотою трапляння (класи А та В) в лотичних та лентичних умовах виявив їх подібність: *C. kuetzingiana*, *D. communis*, *A. granulata* f. *granulata*, *Ch. reinhardtii*, *S. hantzschii*. Це види із широким екологічним спектром, які належать до провідних відділів водоростей, а також входять до домінуючого комплексу фітопланктону в різні сезони року [200, 201].

Отримані дані щодо екологічного аналізу фітопланктону виявив подібність домінуючих груп водоростей в лотичних та лентичних умовах (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Екологічна характеристика фітопланктону верхньої частини
Канівського водосховища**

Екологічні характеристики		Кількість видів, %	
		Лотичні умови	Лентичні умови
Біотопічна приуроченість	Планктонні	34	33
	Бентосні	23	21
	Планктонно-бентосні	43	44
	Епіфітні	< 1	1

Продовж. табл. 4.5

Екологічні характеристики		Кількість видів, %	
		Лотичні умови	Лентичні умови
Галобність	Галофоби	2	3
	Галофіли	16	12
	Індиференти	77	80
	Мезогалоби	3	2
	Олігогалоби	2	3
Ацидифікація	Ацидофіли	6	6
	Алкалобіонти	2	3
	Алкаліфіли	46	43
	Індиференти	46	48
Реофільність	Швидкотекучі	3	3
	Повільнотекучі	74	77
	Стоячі	23	20
Температурна приуроченість	Евритермні	19	19
	Помірні	67	66
	Холодолюбні	7	9
	Теплолюбні	7	6

Фітопланктон як в лентичних, так і лотичних умовах формували види, які згідно біоіндикаційних характеристик належать до прісноводних, планктонно-бентосних видів, мешканців повільнотекучих вод, індиферентних по відношенню до рН та температури води.

* * *

Отже, за результатами проведених досліджень встановлено, що фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища представлений 235 видами водоростей, представленими 316 внутрішньовидовими таксонами (з номенклатурним типом виду включно) із 124 родів, 32 порядків, 13 класів

та 8 відділів, а його структура на рівні провідних відділів з кінця XX ст. не зазнала суттєвих змін: 1-ше місце належить відділу Chlorophyta, 2-ге – Bacillariophyta, 3-тє – Cyanophyta.

Видове багатство фітопланктону в лентичних умовах вище, ніж у лотичних. Порівняльний аналіз флористичної структури фітопланктону в лотичних та лентичних умовах на рівні провідних класів, значимих порядків та родів виявив їх значну подібність, що вказує на просторову континуальність, яка обумовлена водообмінними процесами у верхній частині Канівського водосховища між руслом Дніпра та його придатковою мережею.

У той же час, виявлено відмінності у співвідношенні таксономічно значимих відділів, класів, порядків та родів. Зокрема, у видовому складі в лотичних умовах практично однаковими частками були представлені зелені та діатомові водорості, тоді як в лентичних – провідне положення займали зелені, а частка Bacillariophyta була меншою. Порівняльний аналіз фітопланктону виявив 180 спільних видів водоростей.

В цілому, фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища формують прісноводні, планктонно-бентосні види, мешканці повільнотекучих вод, індиференти по відношенню до рН і температури води та з низькою частотою трапляння.

РОЗДІЛ 5

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛОТИЧНИХ УМОВАХ

Характерною особливістю розвитку планктонних водоростей у лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища є його сезонна динаміка. Під сезонною динамікою фітопланктону розуміємо його розвиток, який зумовлений періодичним домінуванням різних видів водоростей протягом року.

5.1. Видове багатство фітопланктону

Кількість виявлених видів водоростей у досліджувані роки відрізнялась. Так, в 2010 р. у фітопланктоні було знайдено 164 видів (176 в. в. т.), в 2011 р. – 143 (151), а у 2012 р. – всього 95 (104) (рис. 5.1).

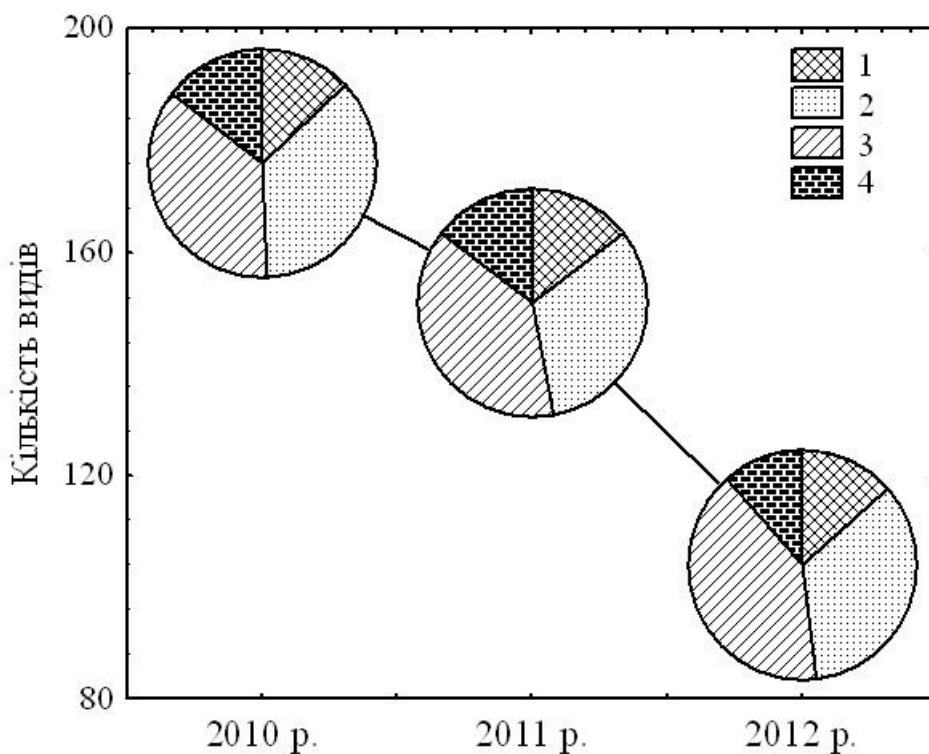


Рис. 5.1. Видове багатство фітопланктону в лотичних умовах у досліджувані роки: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

Провідне місце у видовому складі фітопланктону в лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища займали зелені та діатомові водорості. Так, Chlorophyta значніше представлені в період відкритої води та досягають максимального видового багатства у літній період за рахунок масового розвитку хлорококкових водоростей, які складають близько 83% загальної кількості видів Chlorophyta. Діатомові водорості представлені у фітопланктоні протягом усіх сезонів року. Особливе місце займають центричні діатомеї *S. hantzschii* (особливо весною і восени) та *A. granulata* f. *granulata* (влітку), значні біомаси яких згідно літературних даних [161] можна вважати «цвітінням» води. Синьозелені водорості менш різноманітні у видовому відношенні, але здатні досягати чисельності у десятки і сотні мільйонів клітин за рахунок активної вегетації дрібноклітинних представників родів *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*. Решта відділів у різні сезони року представлені бідно.

Аналіз фітопланктону на основі коефіцієнта Серенсена показав значну подібність ($K_S = 0,68$) водоростей в 2011 та 2012 рр. В окремий кластер виділений фітопланктон 2010 р. (рис. 5.2).

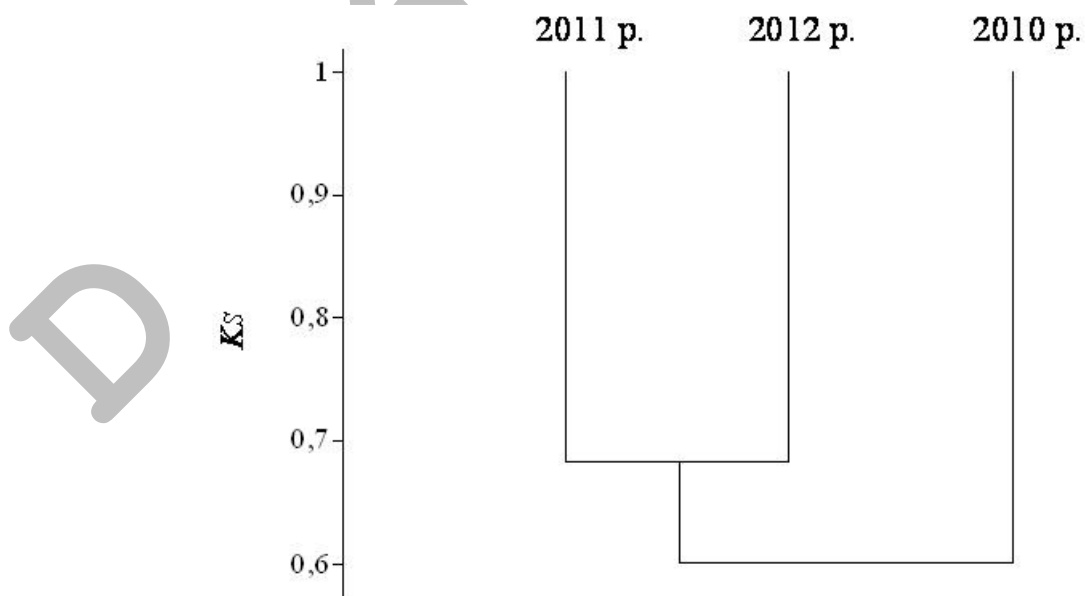


Рис. 5.2. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону в лотичних умовах (2010–2012 рр.).

Найбільш подібним видовим складом у період наших досліджень характеризувалися синьозелені ($K_S = 0,65–0,72$) та зелені водорості ($K_S = 0,63–0,74$), тоді як найнижчі показники подібності виявлені для діатомових водоростей у 2010 р. порівняно із 2011–2012 рр. (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Коефіцієнти флористичної спільності Серенсена для водоростей верхньої частини Канівського водосховища у різні роки

Відділи		2010 р.			2011 р.			2012 р.		
		Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta
2010 р.	Cyanophyta	1			0,71			0,65		
	Bacillariophyta		1		0,57				0,56	
	Chlorophyta			1			0,63			0,69
2011 р.	Cyanophyta				1			0,72		
	Bacillariophyta					1			0,63	
	Chlorophyta						1			0,74
2012 р.	Cyanophyta							1		
	Bacillariophyta								1	
	Chlorophyta									1

В цілому, найвищі показники коефіцієнту спільності зареєстровані для зелених водоростей 2011 та 2012 рр., а найнижчі – для діатомових водоростей 2010 та 2012 рр.

Порівняльний аналіз водоростевих угруповань у різні роки за коефіцієнтом Кендела показав високу подібність фітопланктону між 2011 та 2012 рр. на рівні порядків ($\tau = 0,88$) та родів ($\tau = 0,70$). Флористична структура фітопланктону 2010 р. характеризувалася меншою подібністю з

такою в 2011 та 2012 рр. на рівні порядків: $\tau = 0,84$ та $\tau = 0,79$ відповідно, а також родів – по $\tau = 0,57$.

Відомо [144], що сезонна динаміка є одним із важливих показників стійкості планктонного угруповання та ступеню його пристосування до умов середовища існування. Для отримання репрезентативних даних ми провели узагальнення видового багатства водоростей за трьохлітній період.

Показано, що в зимовий період кількість видів була найменшою (від 11 до 24) та формувались в основному діатомовими водоростями (54–76% загальної кількості видів). Також у фітопланктоні були наявні представники золотистих, зелених, криптофітових та синьозелених водоростей.

З початком весняного прогрівання води кількість видів у альгологічних пробах збільшувалась, досягаючи максимальних значень у травні (близько 33–37). Видове багатство фітопланктону у досліджувані роки визначали діатомові (32–46%) та зелені водорості (29–33%), менше – синьозелені (12–20%).

Кількість видів літнього фітопланктону досягала найбільших значень в липні та визначалась переважно зеленими водоростями (48–52%), менше – діатомовими (19–27%) та синьозеленими (14–18%).

Встановлено, що за аномально високих температур води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) видове багатство фітопланктону зменшувалось. Так, в літній сезон 2010 р. максимум кількості видів (53–57) був зареєстрований за температури води близько $22,0\text{--}23,0^{\circ}\text{C}$. Підвищення температури води до аномально високих значень для даної водойми (до $28,1^{\circ}\text{C}$) супроводжувалось зменшенням вказаного показника вдвічі (до 23–25). При цьому частка діатомових та зелених водоростей у флористичному різноманітті фітопланктону зменшилась, тоді як синьозелених, навпаки, зросла.

Початок осіннього охолодження водних мас у верхній частині Канівського водосховища супроводжувався зниженням кількості видів до

15–17 (у жовтні). Основу фітопланктону складали діатомові (30–43%) і зелені водорості (33–38%), менше – динофітові та синьозелені.

У той же час, в листопаді 2010 р. зареєстровано збільшення видового багатства фітопланктону до 27–31 видів, що, на нашу думку, пов'язано з аномальними температурами води на ділянці в цей період, які перевищували середні багаторічні дані більш ніж на $4,0^{\circ}\text{C}$ [44]. При цьому частка діатомових у загальній кількості видів водоростей зросла до 61–64%, а зелених складала 28–31%.

В цілому, фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах в досліджувані роки характеризувався як діатомово-зелений. Встановлено видову подібність фітопланктону на рівні родів, порядків та відділів у 2011–2012 рр. та його відмінність порівняно із 2010 р. Сезонна динаміка видового багатства планктонних водоростей була схожою по роках та характеризувалась низькою кількістю видів у зимовий період, їх збільшенням навесні з максимальними значеннями влітку та поступовим зменшенням – восени.

Показано, що за аномально високих літніх температур води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) видове багатство фітопланктону в лотичних умовах зменшувалось вдвічі, тоді як перевищення температури води середніх багаторічних даних у пізньоосінній період супроводжувались зростанням кількості видів водоростей.

5.2. Кількісні показники розвитку фітопланктону та його домінуючий комплекс видів

Середні значення чисельності фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах коливались від 3806 ± 677 (в 2011 р.) до 19583 ± 1095 тис. кл/дм³ (2010 р.) та біомаси – від $1,02 \pm 0,23$ (2012 р.) до $2,65 \pm 0,96$ мг/дм³ (2010 р.).

Встановлено суттєві відмінності у структурі кількісного розвитку фітопланктону за трьохлітній період. Так, основу чисельності фітопланктону в 2010 та 2012 рр. визначали переважно синьозелені водорості (82–91% загальної чисельності), тоді як у 2011 р. – синьозелені (42%), діатомові (36%) та зелені (20%) (рис. 5.3).

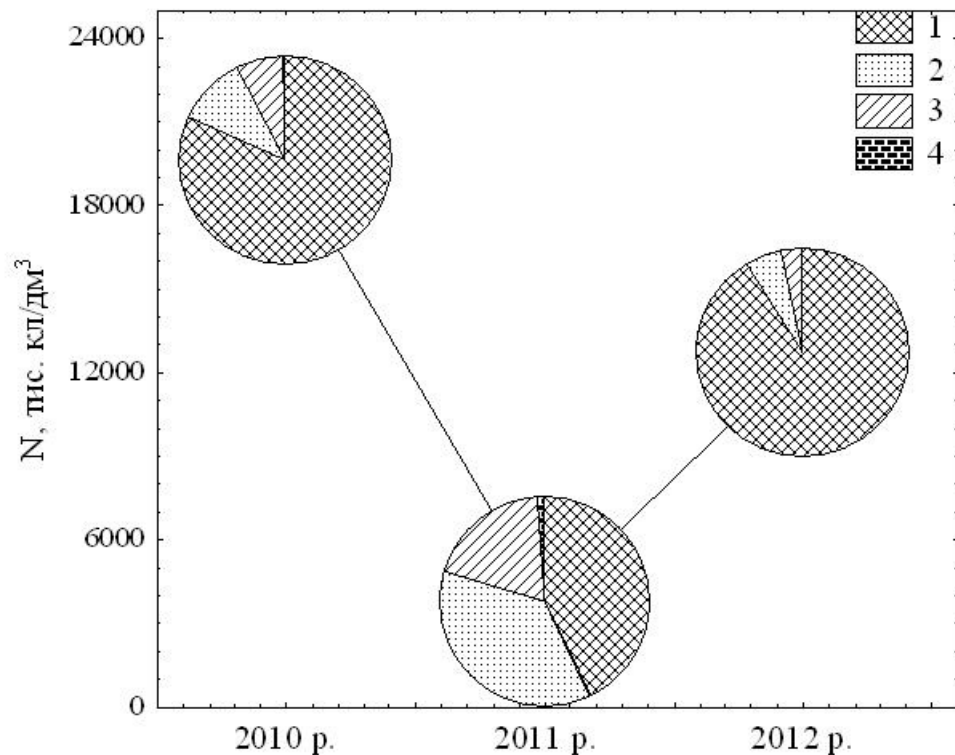


Рис. 5.3. Міжрічна динаміка чисельності (N) фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

Узагальнення отриманих даних щодо біомаси планктонних водоростей показали, що її основу в 2010 та 2012 рр. формували синьозелені (38–47% загальної біомаси) та діатомові водорості (38–39%), тоді як у 2011 р. – переважно діатомові (близько 70%) зі значною часткою зелених (20%) (рис. 5.4).

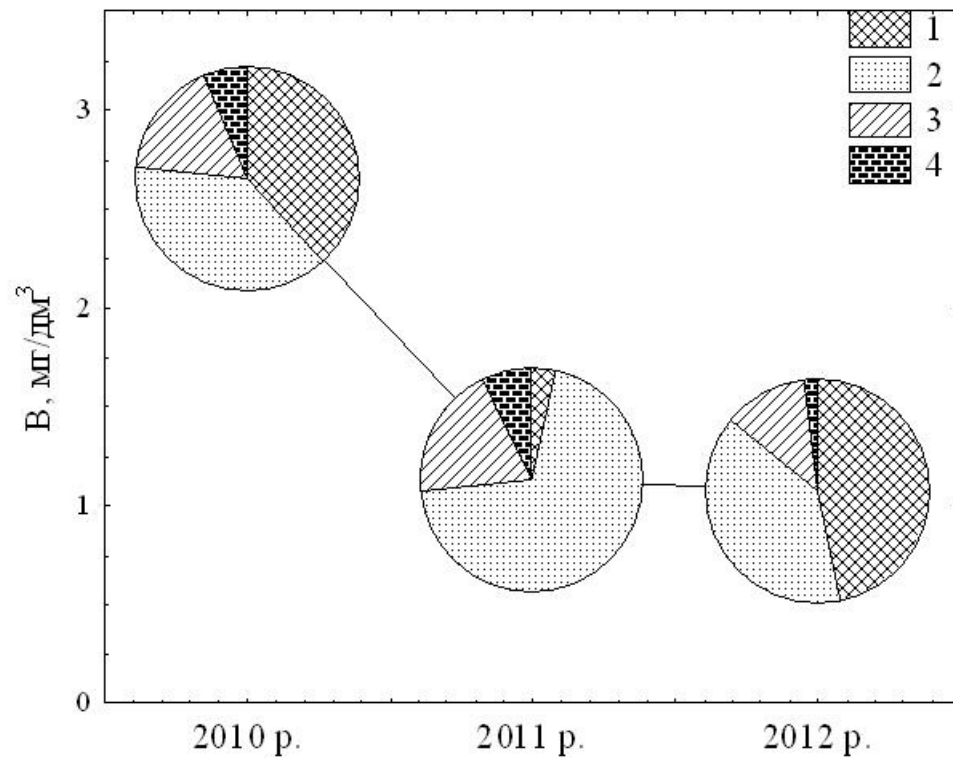


Рис. 5.4. Міжрічна динаміка біомаси (B) фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

В цілому зареєстровані нами відмінності як у структурі чисельності, так і біомаси фітопланктону в лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища, на нашу думку, обумовлені особливостями розвитку мікрowodоростей та домінуючим комплексом видів. Тому, вважаємо за доцільне розглянути сезонну динаміку фітопланктону кожного із досліджуваних років окремо.

Аналіз отриманих даних щодо кількісних показників та інформаційного різноманіття фітопланктону в 2010 р. дозволив виявити декілька піків вегетації (по біомасі) планктонних водоростей, які відрізнялися за кількісним розвитком, домінуючим комплексом видів та внеском провідних таксономічних відділів водоростей у структуру біомаси (рис. 5.5).

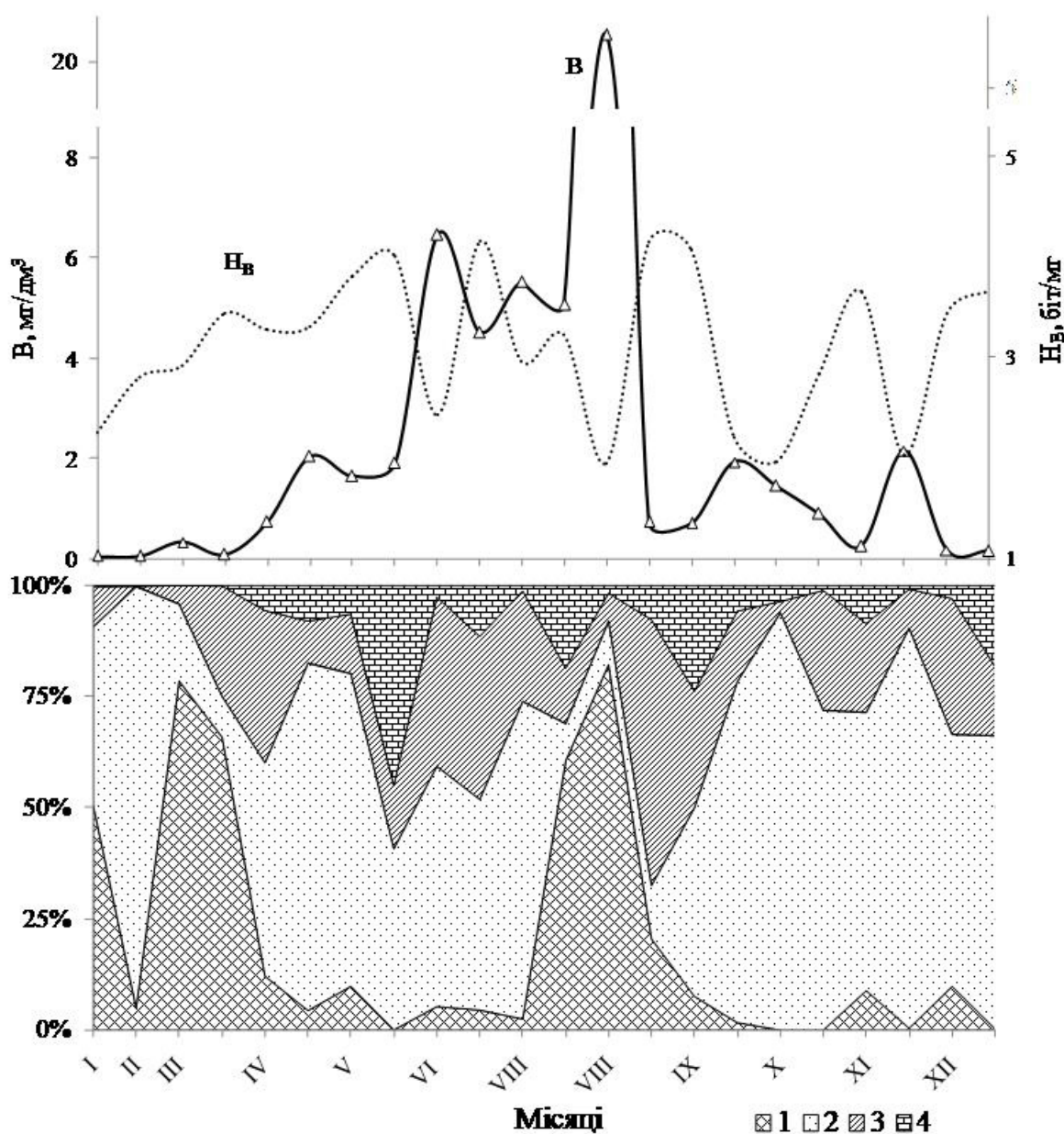


Рис. 5.5. Сезонна динаміка інформаційного різноманіття (H_B), біомаси фітопланктону (B) та співвідношення основних відділів водоростей в лотичних умовах (2010 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

Найменші кількісні показники розвитку фітопланктону спостерігались з січня по лютий (442–470 тис. кл/дм³ та 0,07–0,08 мг/дм³). Абсолютними домінантами за чисельністю у фітопланктоні були синьозелені водорості

родів *Oscillatoria* та *Spirulina* Thurp. ex Gom. (57–86% від загальної чисельності). При цьому основу біомаси планктонних водоростей формували діатомові родів *Nitzschia* і *Navicula* (41–95% від загальної біомаси).

У середині березня нами було відмічено значне збільшення частки синьозелених водоростей у фітопланктоні (до 99% загальної чисельності та 79% біомаси) викликане вегетацією *Oscillatoria amphibia* Agadi, *O. agardhii* та *Spirulina* sp., які згідно літературних даних [126] у зимовий-ранньовесняний період, зазвичай, локалізуються у придонних водних горизонтах.

Отримані результати досліджень узгоджуються із літературними даними, отриманими на Київському водосховищі за цей же період іншими дослідниками [174], що, очевидно, пов'язано зі значним скидом водних мас Київською ГЕС внаслідок спрацювання майже до «мертвого» рівня. Адже, відомо [166], що при максимальних скидах водних мас Київською ГЕС до Канівського водосховища надходить вода із придонних горизонтів.

Перший підйом чисельності (до 8150 тис. кл/дм³) та біомаси фітопланктону (до 2,05 мг/дм³) реєструвався у кінці квітня. Чисельність мікроводоростей визначали діатомові (близько 56%), менше синьозелені водорості (36%), а біомасу – лише діатомові (78%). До складу домінуючого комплексу видів (за біомасою) входили: *S. hantzschii*, *C. kuetzingiana* та *A. formosa*. Субдомінантами при цьому були *A. granulata* f. *granulata*, *Fragilaria capucina* Desm. var. *capucina* і *Trachelomonas volvocina* Ehrenb. var. *volvocina*.

На початку червня нами був відмічений другий підйом кількісних показників розвитку фітопланктону (9825 тис. кл/дм³ та 6,45 мг/дм³), основу яких також формували діатомові (59% чисельності та 54% біомаси відповідно) та зелені водорості (24% і 38%). Абсолютним домінантом як чисельністю, так і за біомасою була центрична діатомея *A. granulata* f. *granulata*.

Встановлено, що максимальні показники кількісного розвитку фітопланктону (244416 тис. кл/дм³ та 21,19 мг/дм³) спостерігались при інтенсивному «цвітінні» води (початок серпня) за рахунок вегетації синьозелених водоростей (97% чисельності та 82% біомаси). До складу домінуючого комплексу видів входили *M. aeruginosa* (65% біомаси) та *A. flos-aquae* (13%).

Подальший розвиток мікроводоростей супроводжувався різким зменшенням біомаси до 0,72–0,75 мг/дм³. При цьому в домінуючому комплексі фітопланктону відбулися певні зміни: монодомінантний синьозелений комплекс видів змінився на полідомінантний: *Pediastrum simplex* Meyen, *P. duplex* var. *duplex*, *Desmodesmus denticulatus* (Lagerh.) An, Friedl et Hegew., *M. aeruginosa*, *T. volvocina* var. *volvocina*.

В осінній період 2010 р. були відмічені два підйоми рясності фітопланктону, викликані інтенсифікацією розвитку центричних діатомових водоростей. Так, в кінці вересня чисельність та біомаса фітопланктону сягала 6888 тис. кл/дм³ та 1,93 мг/дм³ відповідно. Монодомінантом була *A. granulata* f. *granulata*, яка складала 48% загальної чисельності та 76% біомаси водоростей. Після значного зниження вегетації мікроводоростей у жовтні (до 834 тис. кл/дм³ та до 0,28 мг/дм³), зареєстровано збільшення рясності фітопланктону в кінці листопада (до 3528 тис. кл/дм³ і 2,16 мг/дм³). Чисельність та біомасу фітопланктону формували діатомові водорості – 68% та 90% відповідно. Інтенсивно вегетував *S. hantzschii* (40% чисельності та 70% біомаси). Такий значний кількісний розвиток фітопланктону в пізньоосінній період, на наш погляд, зумовлені аномально високою температурою води (6,0–7,7°C), яка реєструвалась на досліджуваній ділянці та згідно літературних даних [1] у даний період року, значно нижча. Різке зниження температурних показників на початку грудня супроводжувалось зниженням вегетації фітопланктону до 810 тис. кл/дм³ та 0,19 мг/дм³.

Динаміка розвитку фітопланктону в 2011 р. також характеризувалась декількома піками його вегетації (рис. 5.6).

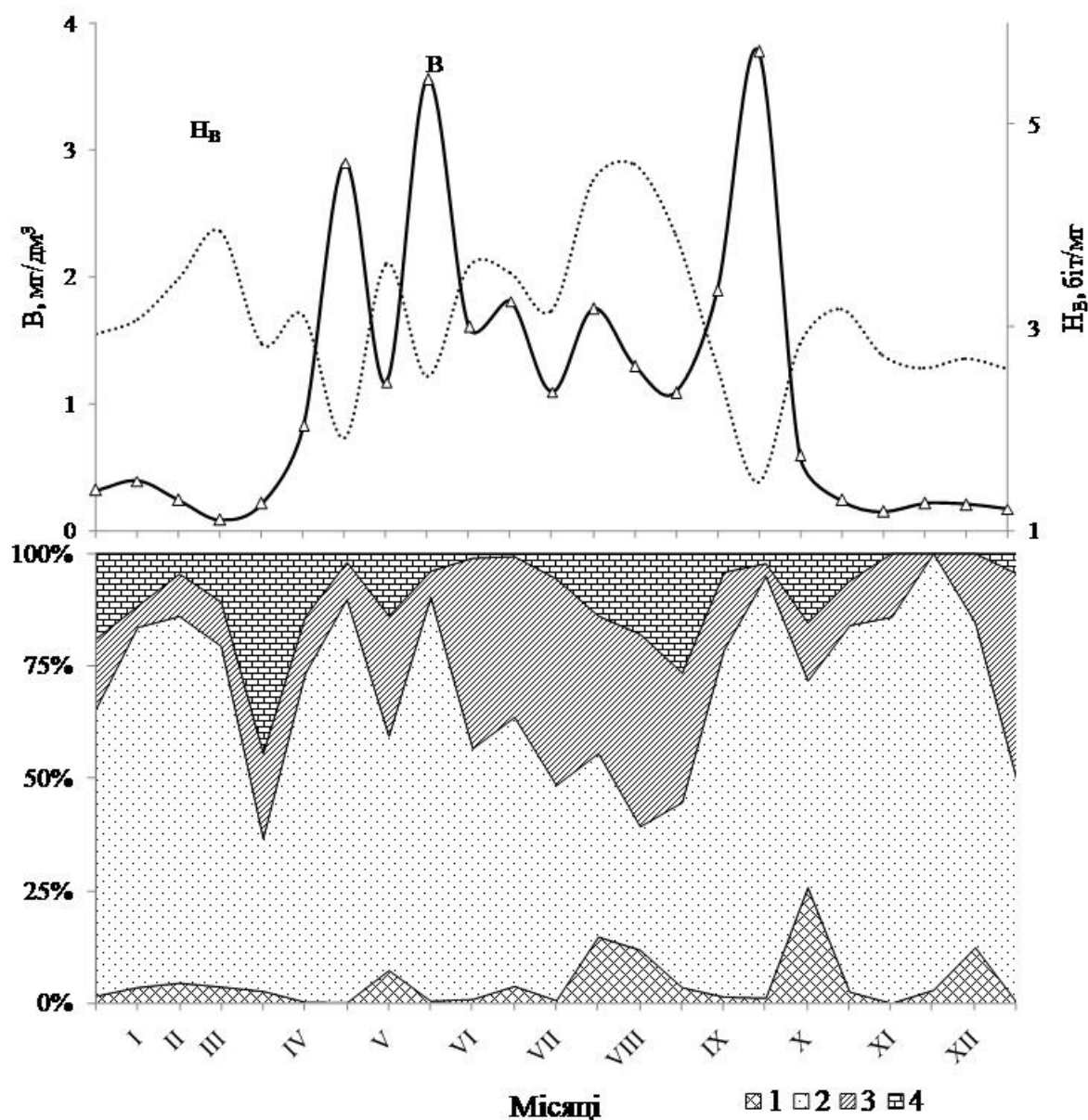


Рис. 5.6. Сезонна динаміка інформаційного різноманіття (H_B), біомаси фітопланктону (B) та співвідношення основних відділів водоростей в лотичних умовах (2011 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – водорості інших відділів.

Найнижчі кількісні показники розвитку фітопланктону реєструвались у зимовий період, коли його чисельність складала близько 371–726 тис. кл/дм³, а біомаса – 0,09–0,22 мг/дм³. Основу біомаси мікрowodоростей визначали

діатомові (55%), золотисті (21%) та зелені водорості (15%), а чисельності – синьозелені (57%), діатомові (23%) і зелені (13%).

Перший підйом кількісних показників фітопланктону (до 4164 тис. кл/дм³ та 2,90 мг/дм³) спостерігався наприкінці квітня. Чисельність фітопланктону формували діатомові (56%) та синьозелені водорості (36%), а біомасу – лише діатомові (90%). В домінуючий комплекс видів як за чисельністю, так і за біомасою входили *S. hantzschii* та *S. acus* var. *acus*.

Дещо більший підйом чисельності (6890 тис. кл/дм³) та біомаси (3,55 мг/дм³) фітопланктону відмічався наприкінці травня. Основу чисельності формували діатомові (59%), зелені (24%) і в меншій мірі – синьозелені (15%), тоді як біомасу визначали діатомові водорості (90%) з домінуванням центричних діатомей *A. granulata* f. *granulata* та *S. hantzschii*.

В літній період зареєстровано два відносно невеликих підйоми біомаси фітопланктону. Так, перший із них (1,81 мг/дм³) спостерігався в середині червня та був викликаний розвитком діатомових (60% біомаси) і зелених (36%) водоростей, тоді як другий (1,75 мг/дм³) – в середині липня, коли переважали діатомові (41%), зелені (30%), а також синьозелені та динофітові водорості – 15% та 13% відповідно.

Максимальні за рік показники розвитку фітопланктону (11551 тис. кл/дм³ та 3,77 мг/дм³) відмічені нами на початку вересня, коли його чисельність визначали діатомові (46%) та синьозелені (47%) водорості, а біомасу – лише діатомові (94%). Домінантами були центричні діатомей: *A. granulata* f. *granulata* та *S. potamos*. Подальший розвиток планктонних водоростей характеризувався зниженням кількісних показників фітопланктону до низьких значень (742 тис. кл/дм³ та 0,16 мг/дм³) у кінці жовтня.

Дещо відмінною була сезонна динаміка фітопланктону в 2012 р., яка характеризувалась двома чітко вираженими підйомами біомаси (рис. 5.7).

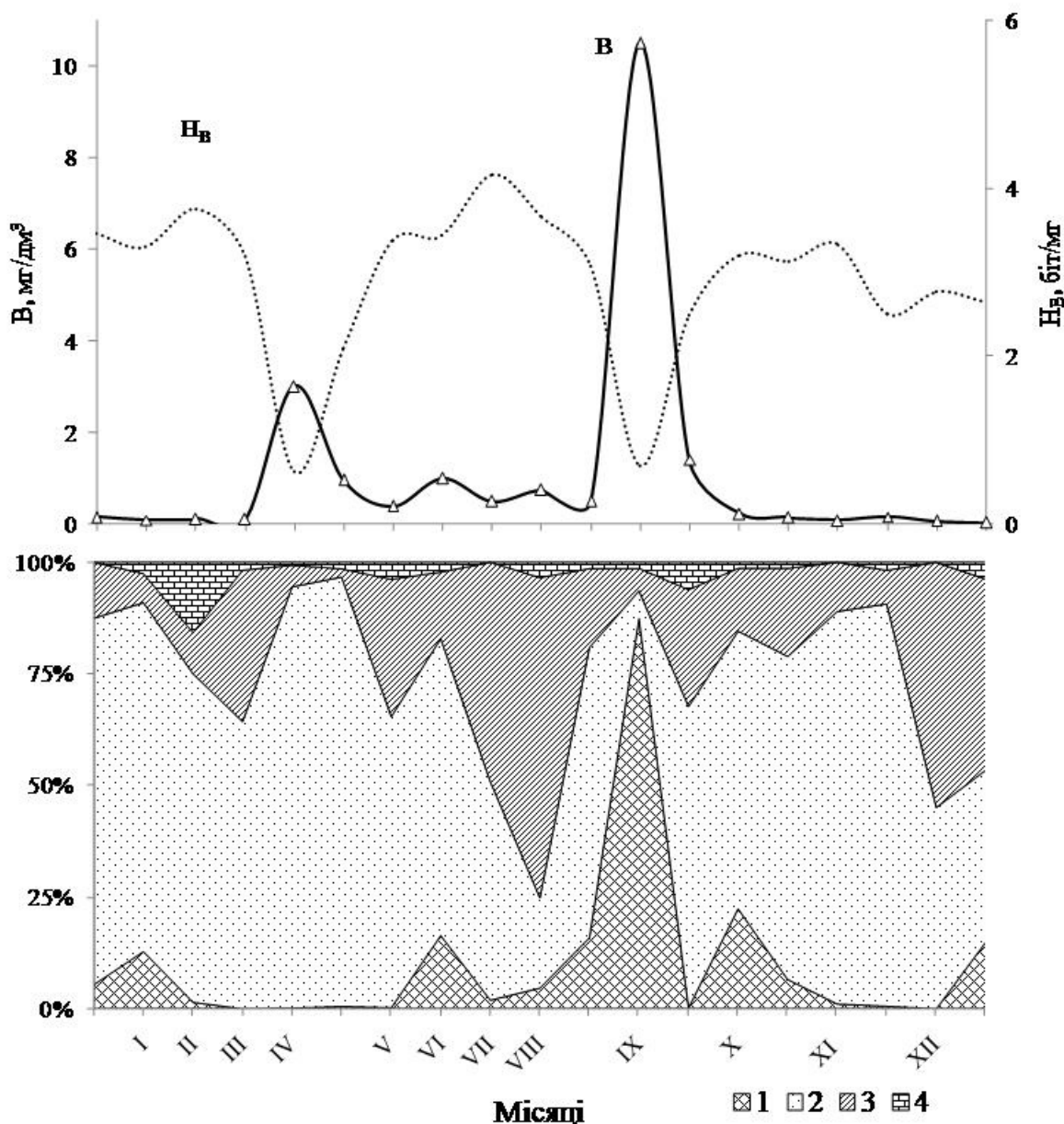


Рис. 5.7. Сезонна динаміка інформаційного різноманіття (H_B), біомаси фітопланктону (B) та співвідношення основних відділів водоростей в лотичних умовах (2012 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

Так, значний підйом кількісних показників (5474 тис. кл/дм³ і $3,01$ мг/дм³) зареєстровано на початку квітня. Він був зумовлений розвитком центричної діатомеї *S. hantzschii*. Основу чисельності та біомаси

фітопланктону формували діатомові водорості, які складали близько 87% та 97% відповідно.

У літній період склад біомаси фітопланктону змінювався від діатомового (67% загальної біомаси) у червні до діатомово-зеленого (по 49% відповідно) у липні та зеленого (72%) у серпні.

Максимальний за рік пік біомаси планктонних водоростей ($10,49 \text{ мг/дм}^3$) спостерігався на початку вересня. Абсолютними домінантами як за чисельністю, так і за біомасою були синьозелені водорості (98% і 93% відповідно) за рахунок інтенсивної вегетації *M. aeruginosa*. Значне зниження біомаси планктонних водоростей (до $0,23 \text{ мг/дм}^3$) відмічалось вже на початку жовтня, а мінімальні її величини ($0,05\text{--}0,08 \text{ мг/дм}^3$) виявлено у грудні.

В цілому, незважаючи на особливості розвитку фітопланктону протягом 2010–2012 рр., спільним для них є те, що максимальним величинам біомаси відповідають мінімальні значення індексу Шеннона. Це дозволяє стверджувати, що формування максимумів біомаси фітопланктону відбувається за рахунок інтенсивного розвитку одного, рідше двох-трьох видів, тоді як менші величини біомаси характеризуються максимальними значеннями індексу Шеннона.

Таким чином, значні коливання біомаси фітопланктону та індексу Шеннона можна розглядати як стійкість водоростевих угруповань до впливу різних екологічних чинників, який навіть у межах трьохлітнього періоду суттєво змінюється.

Наведені дані свідчать, що динаміка кількісних показників планктонних водоростей визначається розвитком домінуючих видів фітопланктону в той чи інший сезон року. Тому, вважаємо за доцільне розглянути розвиток основних керівних (провідних) видів фітопланктону.

Для фітопланктону в лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища виявлено 73 провідні види водоростей, із яких найбільшу частку складали діатомові (37%), зелені (30%) та синьозелені (18%).

Зокрема, сезонна динаміка діатомових водоростей характеризувалась максимумом розвитку *S. hantzschii* та *C. kuetzingiana* у квітні (рис. 5.8).

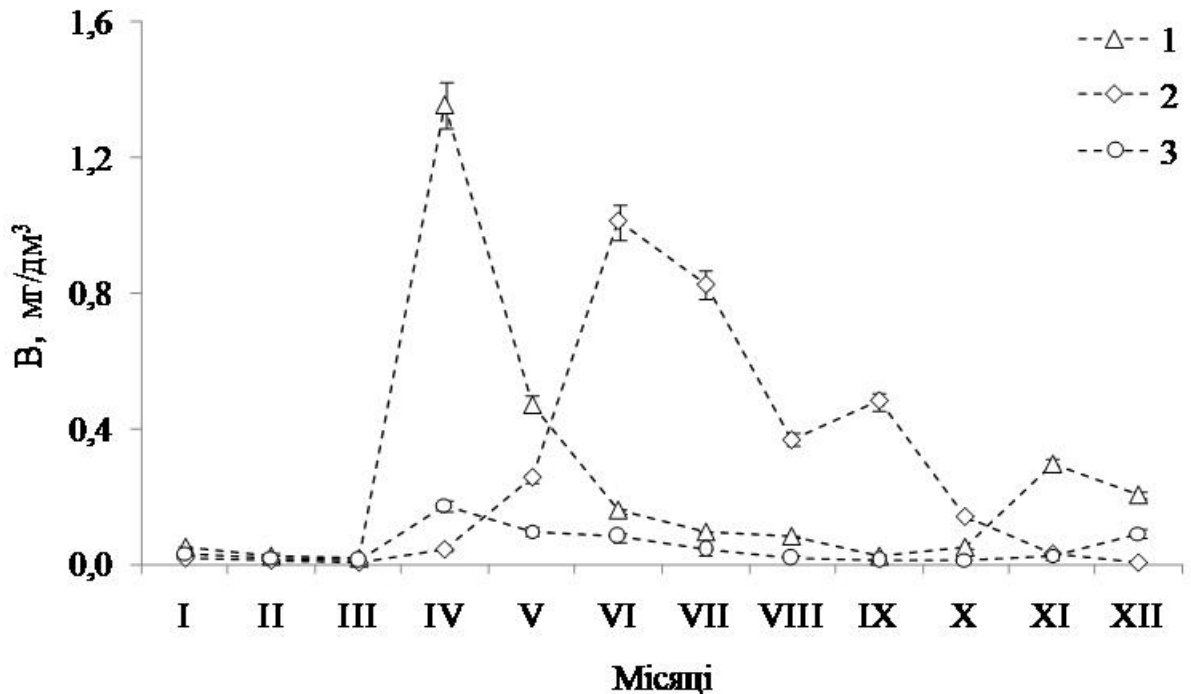


Рис. 5.8. Сезонна динаміка біомаси (В) провідних видів діатомових водоростей (2010–2012 рр.): 1 – *S. hantzschii*, 2 – *A. granulata* f. *granulata*, 3 – *C. kuetzingiana*.

З настанням літніх температур води кількісні показники обох діатомей зменшувалися, тоді як масового розвитку у фітопланктоні досягала більш теплолюбна *A. granulata* f. *granulata*. Показано, що за максимальних температур води, які реєструвалися в літній період біомаса *A. granulata* f. *granulata* знижувалась та із початком охолодження водних мас восени – зростала. Подальше осіннє зниження температури води на ділянці зумовлювало повернення у домінуючий комплекс фітопланктону *S. hantzschii* та *C. kuetzingiana*.

Для зелених водоростей показано інтенсивний розвиток провідних видів із квітня по серпень (рис. 5.9). При цьому *Ch. reinhardtii* характеризувався відносно рівномірним розвитком протягом цього

періоду, тоді як *D. communis* та *P. boryanum* var. *boryanum* досягали максимального кількісного розвитку в липні-серпні. З початком осіннього періоду біомаса зелених водоростей зменшувалася і досягала мінімальних значень взимку.

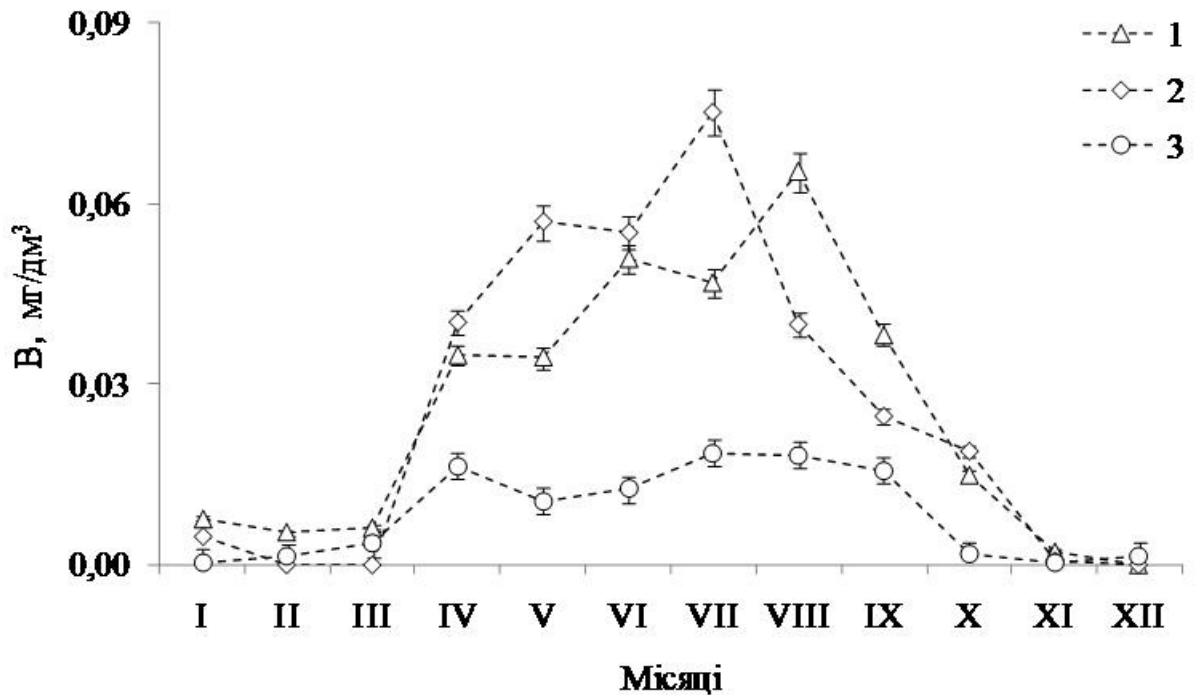


Рис. 5.9. Сезонна динаміка біомаси (В) провідних видів зелених водоростей (2010–2012 pp.): 1 – *D. communis*, 2 – *P. boryanum* var. *boryanum*, 3 – *Ch. reinhardtii*.

Провідні види синьозелених водоростей у лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища активно вегетували у фітопланктоні в літній період (рис. 5.10). Зокрема, найбільшими кількісними показниками розвитку серед виявлених провідних видів водоростей характеризувався *M. aeruginosa*, значні біомаси якого за високих температур зумовлювали «цвітіння» води. Меншими кількісними показниками характеризувались *Anabaena flos-aquae* та *Aphanizomenon flos-aquae*.

В цілому, решту року провідні види синьозелених водоростей епізодично з'являлися у планктоні та не відігравали суттєвої ролі у

формуванні загальної біомаси фітопланктону в лотичних умовах верхньої частини Канівського водосховища.

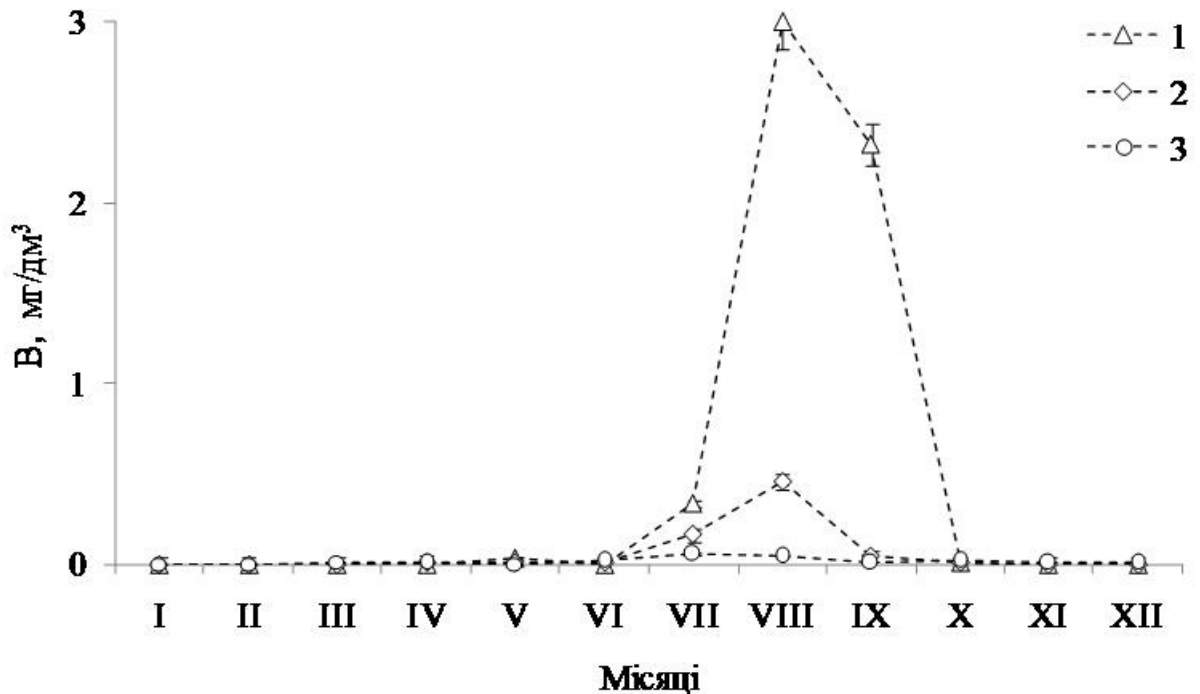


Рис. 5.10. Сезонна динаміка біомаси (В) провідних видів синьо-зелених водоростей (2010–2012 рр.):
1 – *M. aeruginosa*, 2 – *Anabaena flos-aquae*, 3 – *Aphanizomenon flos-aquae*.

Ретроспективний аналіз літературних даних щодо сезонної динаміки фітопланктону у різні періоди існування Канівського водосховища показав значні відмінності між ними. Так, в умовах незарегульованого Дніпра на ділянці майбутнього Канівського водосховища динаміка кількісних показників розвитку планктонних водоростей описувалась одновершинною кривою з максимумом у липні-серпні [122]. На жаль, склад домінуючого комплексу видів авторами не наведений.

Дослідження, проведені у перші десятиліття гідробудівництва на Дніпрі показали, що до побудови греблі Київської ГЕС [115] максимум біомаси фітопланктону, як і раніше, спостерігався у липні-серпні, а основу

домінуючого комплексу формували діатомові водорості (*A. granulata* f. *granulata*, *A. italica*), також у планктоні були присутні види роду *Anabaena*.

Результати досліджень А.Д. Приймаченко [116] показали, що після будівництва греблі Київської ГЕС відбувся певний перерозподіл кількісних показників біомаси фітопланктону по сезонах: збільшення у весняні та літні місяці, зменшення – восени. Максимальні величини біомаси реєструвалися в серпні за рахунок інтенсивного розвитку синьозелених водоростей. Меншою часткою у загальній біомасі були представлені діатомові. Встановлено, що в домінуючому комплексі видів замість представників роду *Anabaena*, з'явилися види *Aph. flos-aquae* та *M. aeruginosa*. Також автором було відмічено збільшення періду вегетації представників роду *Aulacoseira* з травня по жовтень включно.

В період становлення Канівського водосховища у сезонній динаміці кількісних показників фітопланктону виявлено три піки зростання біомаси, які були зумовлені діатомовими водоростями весною і восени та синьозеленими – влітку [25].

Сезонна динаміка біомаси фітопланктону в період стабілізації Канівського водосховища визначалась одновершинною кривою з максимумом у літній період (липень-серпень). Домінуючий комплекс видів формували *A. granulata* f. *granulata*, *M. aeruginosa*, *M. pulvereae* [162, 171]

Узагальнення оригінальних даних щодо динаміки кількісних показників фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища за трьохлітній період (2010–2012 рр.) засвідчило декілька піків (підйомів) його біомаси, які реєструвалися у різних діапазонах температури води (рис. 5.11).

Так, перший пік розвитку фітопланктону реєструвався у весняний період за температур води близько 8,0–12,0°C. Основу біомаси фітопланктону формували діатомові водорості, а субдомінантами виступали зелені, золотисті та криптофітові. Домінуючий комплекс видів характеризувався як полідомінантний діатомовий: *A. formosa*, *S. hantzschii*, *C. kuetzingiana* та *S. acus* var. *acus*.

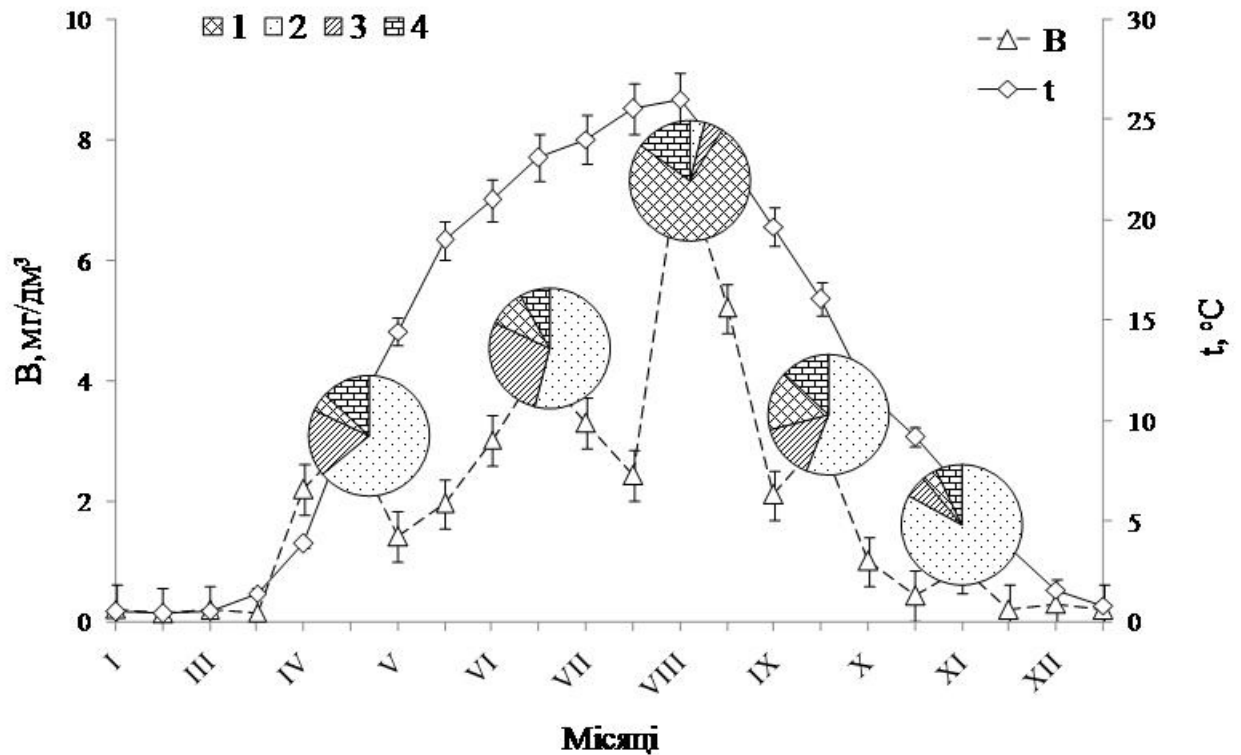


Рис. 5.11. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону (B) та структура її піків за різної температури води (t) (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – водорості інших відділів.

Для літнього сезону характерно два піки біомаси фітопланктону. Перший – відмічений за температури води близько 20,0–23,0°C і був зумовлений розвитком діатомових водоростей зі значною часткою зелених. Домінувала при цьому центрична діатомея *A. granulata* f. *granulata*. Другий пік зареєстровано за температури води близько 25,0°C та вище. Формувався він за рахунок активної вегетації синьозелених водоростей. Домінуючий комплекс видів був олігодомінантним: *M. aeruginosa*, *A. flos-aquae*.

У осінній період за температур води 12,0–16,0°C теж зареєстровано пік біомаси фітопланктону, яку формували діатомові, а субдомінантами виступали зелені, динофітові та синьозелені водорості. До домінуючого комплексу видів входили *A. granulata* f. *granulata* та *S. potamos*.

За температури води верхньої частини Канівського водосховища у пізньоосінній період (до 6,2–7,7°C) пік біомаси фітопланктону був викликаний розвитком діатомових водоростей, зокрема *S. hantzschii*.

Таким чином, отримані дані дозволяють констатувати збільшення тривалості літнього та осіннього вегетаційного періодів водоростей. При цьому відгуком фітопланктону було декілька піків його розвитку, які реєструвалися у певних діапазонах температур води та характеризувалися різним складом біомаси та домінуючим комплексом видів.

В цілому, розвиток фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища протягом року, на наш погляд, в значній мірі визначається впливом сучасних регіональних змін клімату. Зокрема, згідно [59] на сьогодні статистично встановлено:

- ❖ підвищення на 4–7% тривалості сонячного сяйва в усі сезони року з 1986 по 2005 р.;
- ❖ підвищення на 0,8–1,0°C середньої температури повітря в м. Києві наприкінці XX – початку XXI ст. порівняно з кліматичною стандартною нормою (1961–1990 рр.);
- ❖ зменшення кількості опадів за 2001–2008 рр. в холодний період на 36 мм та збільшення на 21 мм в теплий, що свідчить про зменшення середньорічних значень на 15 мм;
- ❖ зменшення найбільшої висоти снігового покриву з 70-х років XX ст. і до сьогодні;
- ❖ зменшення тривалості зимового сезону з середини XX ст. внаслідок більш раннього настання прогріву повітря навесні та пізнього переходу температури повітря через 0°C восени;
- ❖ збільшення тривалості літнього та осіннього періодів за рахунок швидкого зростання середньодобових температур повітря навесні, аномально високих їх значень влітку та восени.

Відповідно для термічного режиму Канівського водосховища за період 1999–2007 рр. [17] показано:

- ❖ збільшення кількості випадків раннього початку періоду весняного нагрівання та переходу температури води через 0,2°C, 4,0°C, 10,0°C;
- ❖ зростання максимальної температури води на водосховищі до 28,2°C у порівнянні з першим десятиліттям існування водосховища (22,1–25,3°C);
- ❖ уповільнення охолодження водної поверхні восени, та, як наслідок, зменшення тривалості льодоставу.

* * *

Отже, фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах характеризувався як діатомово-зелений. Показано видову подібність фітопланктону на рівні родів, порядків, відділів в 2011–2012 рр. та їх відмінність у порівнянні з 2010 р. Сезонна динаміка видового багатства визначалась низьким розвитком водоростей у зимовий сезон, збільшенням кількості видів навесні з максимальними значеннями влітку та поступовим зменшенням – восени.

Встановлено декілька піків кількісних показників розвитку фітопланктону протягом року, які відрізнялись за складом біомаси та домінуючим комплексом видів. Провідні види діатомових та зелених водоростей масово вегетують з квітня по жовтень, тоді як синьозелених – в серпні-початок вересня. Показано зростання тривалості літнього та осіннього вегетаційного періодів фітопланктону у порівнянні з літературними даними за минуле століття.

У періоди з аномально високими літніми температурами води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) видове багатство фітопланктону зменшувалось вдвічі, тоді як перевищення температури води середніх багаторічних даних у пізньоосінній період супроводжувались зростанням кількості видів. Водночас,

для кількісних показників (чисельність та біомаса) фітопланктону встановлено зростання їх значень у літній період за рахунок інтенсивного розвитку Cyanophyta, а у пізньоосінній – Bacillariophyta.

В цілому, отримані дані щодо сезонної динаміки видового складу та кількісних показників розвитку фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних умовах узгоджуються із регіональними кліматичними та гідрологічними змінами, які все частіше реєструються в останні десятиліття.

РОЗДІЛ 6

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛЕНТИЧНИХ УМОВАХ

Однією із характерних особливостей розвитку фітопланктону в лентичних умовах є вертикальний розподіл його якісних і кількісних показників у різні сезони року.

6.1. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону

Видове багатство фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах за роки досліджень нараховувало у 2010 р. – 198 видів (216 в. в. т.), у 2011 р. – 124 (137), а у 2012 р. – 106 (118) (рис. 6.1).

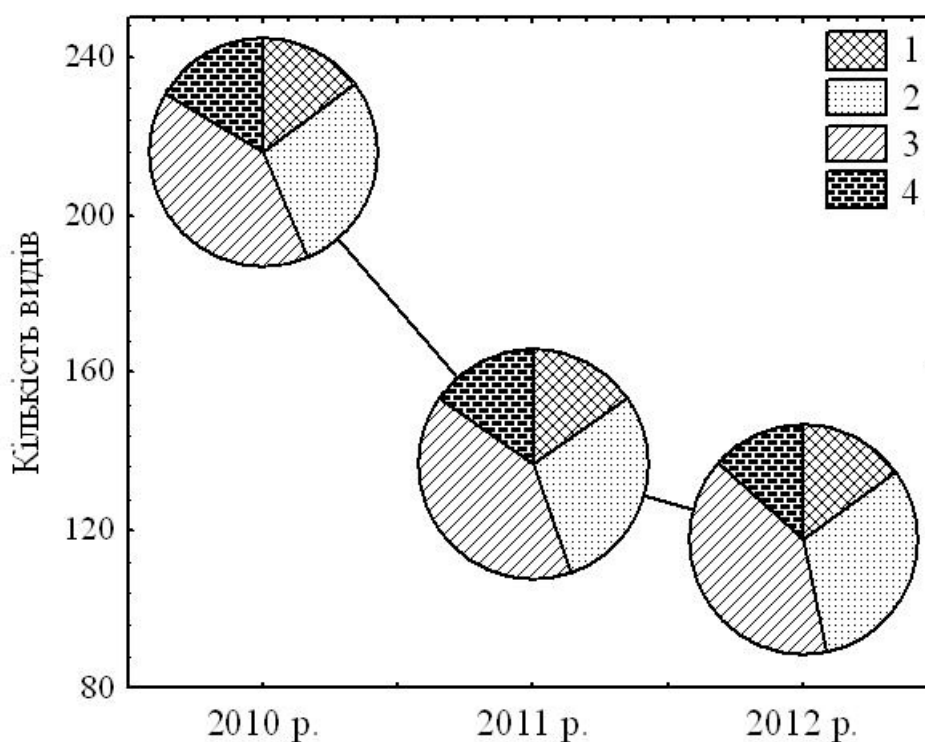


Рис. 6.1. Видове багатство фітопланктону в лентичних умовах у досліджувані роки: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

Основу видового багатства фітопланктону формували Chlorophyta (39–40% загальної кількості видів) та Bacillariophyta (29–31%), в меншій мірі – Cyanophyta (14–15%). Аналіз видового складу водоростей з використанням коефіцієнта видової подібності Серенсена дозволив виділити два кластери (рис. 6.2).

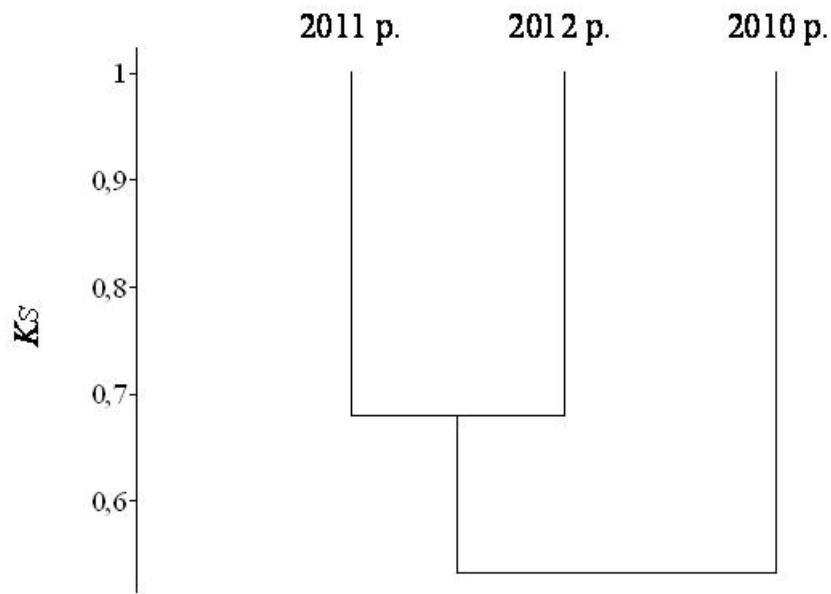


Рис. 6.2. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону в лентичних умовах (2010–2012 рр.).

Перший кластер об'єднує видовий склад фітопланктону 2011 та 2012 рр. ($K_S = 0,71$). Окремий кластер складає фітопланктон 2010 р., видове багатство якого відрізнялося від 2011 р. ($K_S = 0,41$) та 2012 р. ($K_S = 0,44$).

Встановлено, що фітопланктон у 2011 та 2012 рр. характеризувався високим рівнем подібності за провідними таксономічними відділами (табл. 6.1). У той же час, менш схожим виявився видовий склад діатомових водоростей 2010 р. та 2011 р., а також 2010 р. та 2012 р. Найменший показник подібності фітопланктону встановлений для зелених водоростей 2010 р., які відрізнялися за видовим складом від 2011 р. ($K_S = 0,45$) і 2012 р. ($K_S = 0,48$).

Таблиця 6.1

Коефіцієнти флористичної спільності Серенсена для водоростей верхньої частини Канівського водосховища у різні роки

Відділи		2010 р.			2011 р.			2012 р.		
		Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta
2010 р.	Cyanophyta	1			0,68			0,68		
	Bacillariophyta		1			0,59			0,58	
	Chlorophyta			1			0,55			0,52
2011 р.	Cyanophyta				1			0,72		
	Bacillariophyta					1			0,76	
	Chlorophyta						1			0,68
2012 р.	Cyanophyta							1		
	Bacillariophyta								1	
	Chlorophyta									1

Порівняння фітопланктону за коефіцієнтом Кендела показало високий рівень подібності фітопланктону у досліджувані роки для провідних порядків ($\tau = 0,77 - 0,90$), тоді як для провідних родів 2010 р. у порівнянні із 2011 та 2012 рр. ці значення були меншими ($\tau = 0,52$ та $\tau = 0,59$ відповідно).

Фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах, на відміну від лотичних умов, характеризується чітко вираженим вертикальним розподілом в усі сезони року. Так, у зимовий період спостерігалась обернена вертикальна стратифікація (рис. 6.3) кількості видів фітопланктону: від 11 (під льодом) до 27 (біля дна). При цьому видовий склад на різних горизонтах формували діатомові (37–43% загальної кількості видів), зелені (20–25%), менше – синьозелені та золотисті.

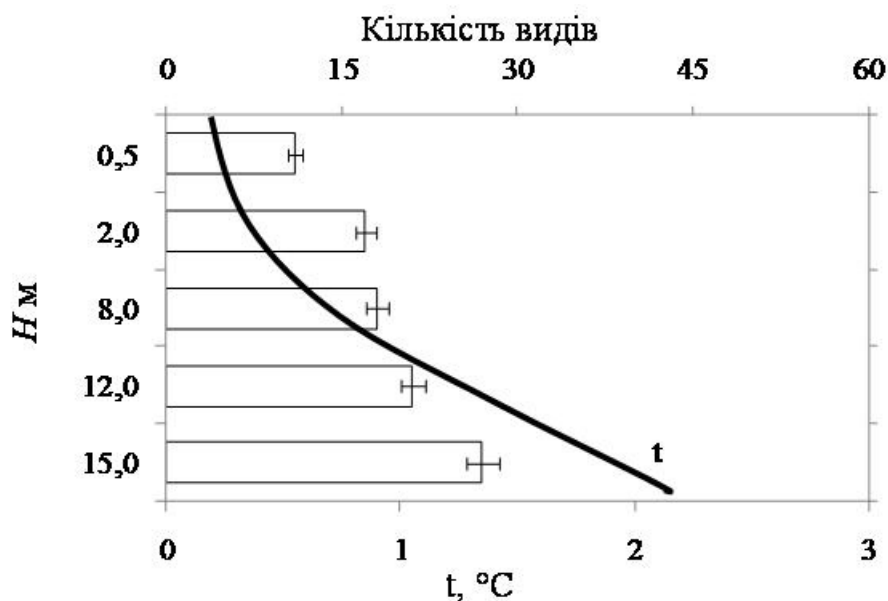


Рис. 6.3. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону та температури води у лентичних умовах в зимовий період.

У весняний період кількість видів фітопланктону розподілялась практично рівномірною по всій водній товщі та становила 25–31 вид у верхніх горизонтах та 20–23 – у нижніх (рис. 6.4).

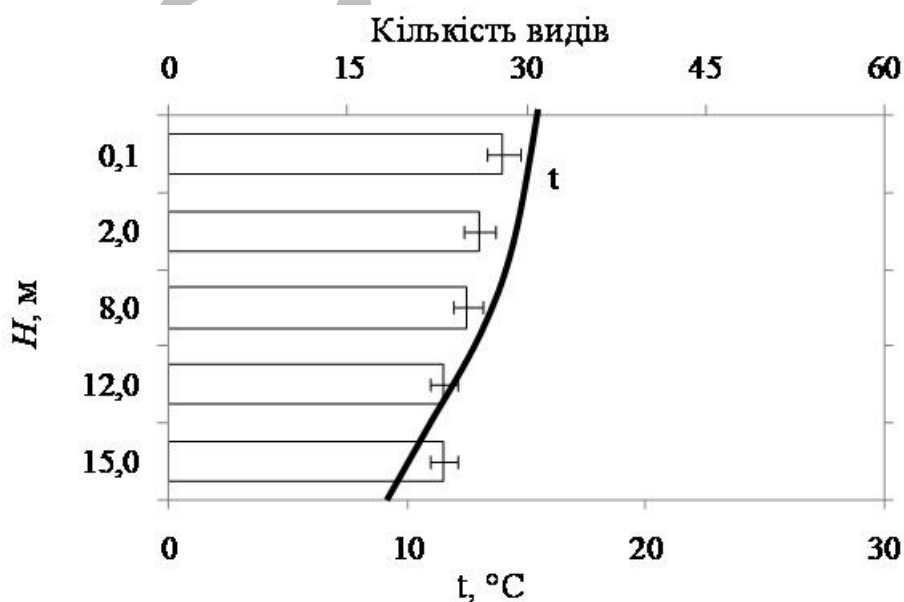


Рис. 6.4. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону та температури води в лентичних умовах у весняний період.

Основу видового багатства на всіх горизонтах формували діатомові (39–58%) та зелені водорості (26–38%). Кількість видів синьозелених водоростей становила 6–12%. Відмітимо, що частка Bacillariophyta у видовому складі фітопланктону збільшувалася із глибиною, тоді як Chlorophyta, навпаки, зменшувалася.

Вертикальний розподіл фітопланктону в літній період характеризувався добре вираженою прямою вертикальною стратифікацією. Найбільша кількість водоростей (близько 53 видів) реєструвалась у поверхневому горизонті (рис. 6.5).

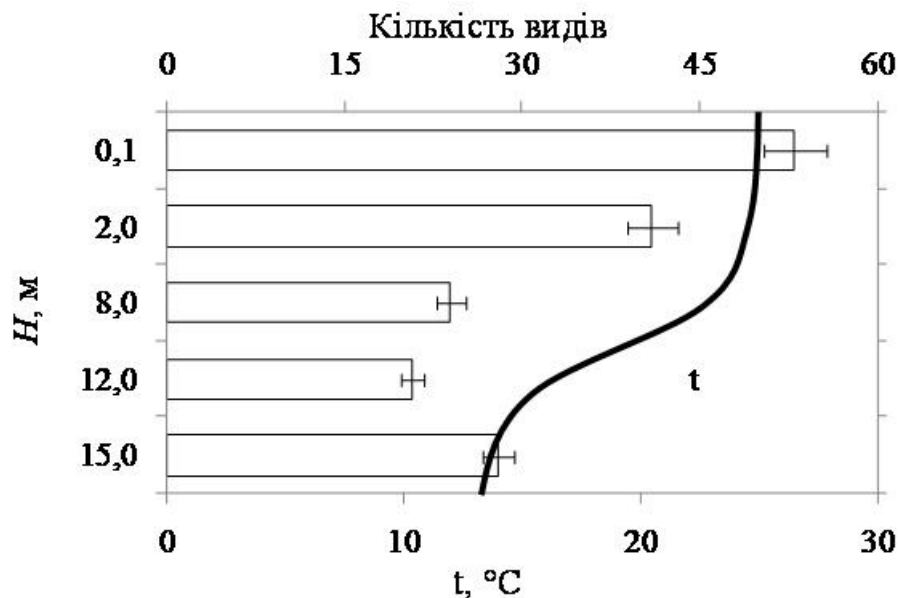


Рис. 6.5. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону та температури води у лентичних умовах в літній період.

Проведені нами дослідження показали, що у випадках, коли температура поверхневого шару води перевищувала середні багаторічні дані та досягала аномально високих значень для даної водойми ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$), видове багатство фітопланктону зменшувалось, а максимальна кількість видів спостерігалась на глибині близько 2,0 м (рис. 6.6).

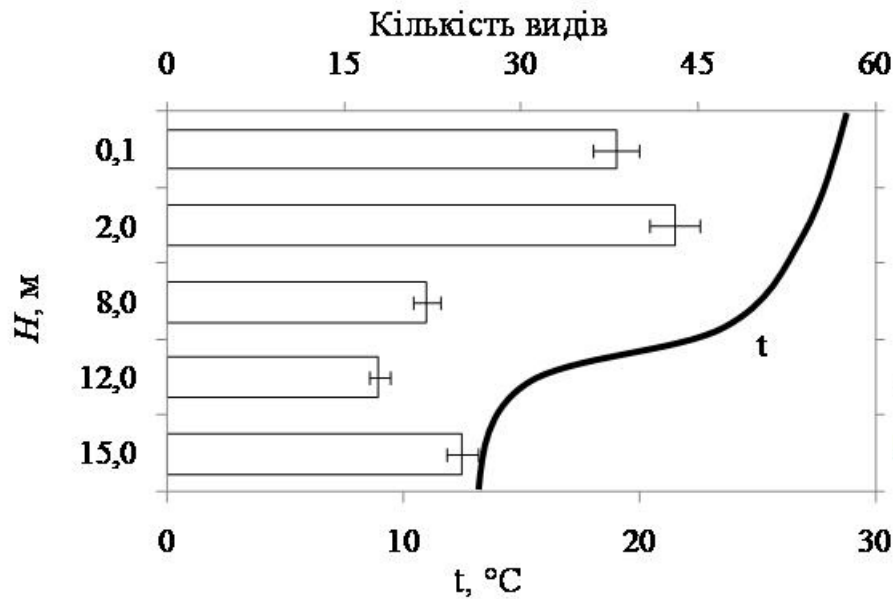


Рис. 6.6. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону у лентичних умовах в літній період за аномально високих температур води.

З глибиною кількість видів водоростей зменшувалась, досягаючи найменших значень в шарі 8,0–12,0 м (до 17 видів), де також відмічалось різке зниження температури води (на 1,4–2,2°C), яке свідчить про наявність у водоймі термокліну. У придонному горизонті реєструвалось збільшення кількості видів фітопланктону (до 29), що, на наш погляд, можна пояснити потраплянням у планктонні проби бентосних форм водоростей.

Видове багатство фітопланктону до глибини 10,0 м формували переважно зелені водорості (42–47% загальної кількості видів на горизонті), глибше переважали представники Bacillariophyta (44–55%). Кількість видів синьозелених водоростей змінювалась від 18% на поверхні до 11% – біля дна.

В осінній період фітопланктон характеризувався відносно рівномірним розподілом по всій водній товщі, нараховуючи 19–32 видів до глибини 8,0 м та 22–36 – у нижніх шарах (рис. 6.7).

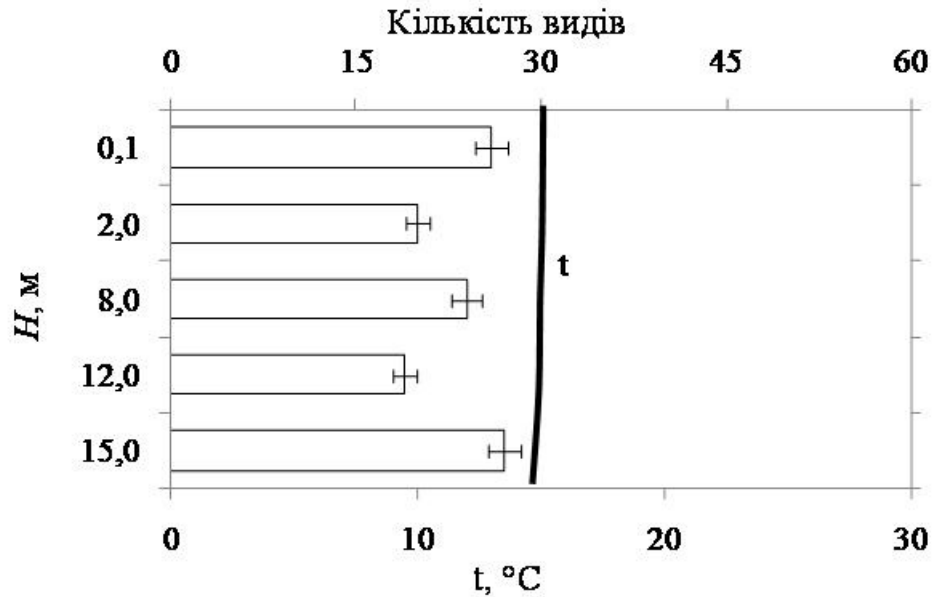


Рис. 6.7. Вертикальний розподіл кількості видів фітопланктону та температури води у лентичних умовах в осінній період.

Основу видового багатства фітопланктону восени визначали діатомові (30–52%) та зелені водорості (30–46%). У приповерхневих горизонтах (0,1–2,0 м) значну частку становили синьозелені водорості (16–18%). Зауважимо, що частка діатомей у фітопланктоні збільшувалася з глибиною, тоді як зелені водорості були представлені більш-менш рівномірно по всій водній товщі.

Таким чином, видове багатство фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах характеризувалось оберненою вертикальною стратифікацією у зимовий період, відносно рівномірним розподілом видів по всій водній товщі навесні та восени і прямою стратифікацією у літній період із максимальною кількістю видів фітопланктону в поверхневому горизонті. Показано, що за аномально високих температур води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) у літній період максимум кількості видів спостерігався на глибині 2,0 м, а не у поверхневому горизонті.

В цілому, видове багатство планктонних водоростей в усі сезони року формується зеленими, діатомовими, менше – синьозеленими водоростями.

Кількість представників Bacillariophyta у фітопланктоні із глибиною збільшувалася, тоді як Chlorophyta, навпаки, зменшувалася.

6.2. Вертикальний розподіл кількісних показників розвитку фітопланктону та його домінуючого комплексу видів

Середня за період відкритої води чисельність фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах коливалась від 6931 ± 739 тис. кл/дм³ (у 2012 р.) до 15192 ± 1496 тис. кл/дм³ (2010 р.) та біомаса – від $1,70 \pm 0,33$ мг/дм³ (2012 р.) до $4,96 \pm 0,81$ мг/дм³ (2010 р.).

Найбільший внесок у загальну середню чисельність фітопланктону складали синьозелені (47–64%), діатомові (24–39%) та зелені водорості (11–20%) (рис. 6.8).

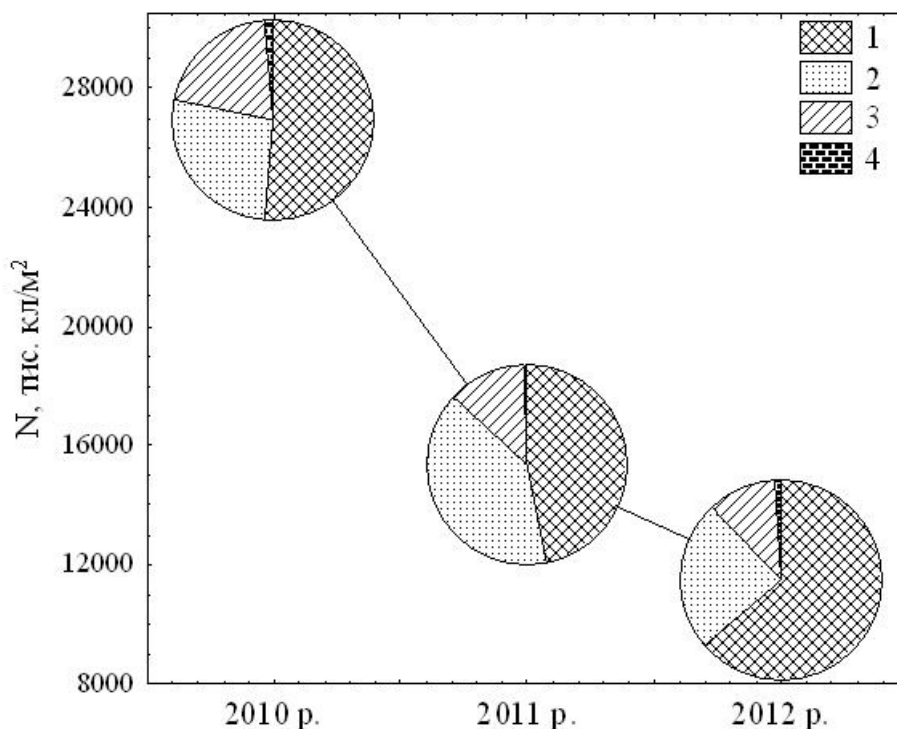


Рис. 6.8. Міжрічна динаміка чисельності (N) фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей.

У той же час, загальну середню біомасу формували діатомові, динофітові⁶ та зелені водорості, складаючи відповідно 44, 22, 21% у 2010 р. та 66–70%, 11–15%, 12–14% – у 2011–2012 рр. (рис. 6.9).

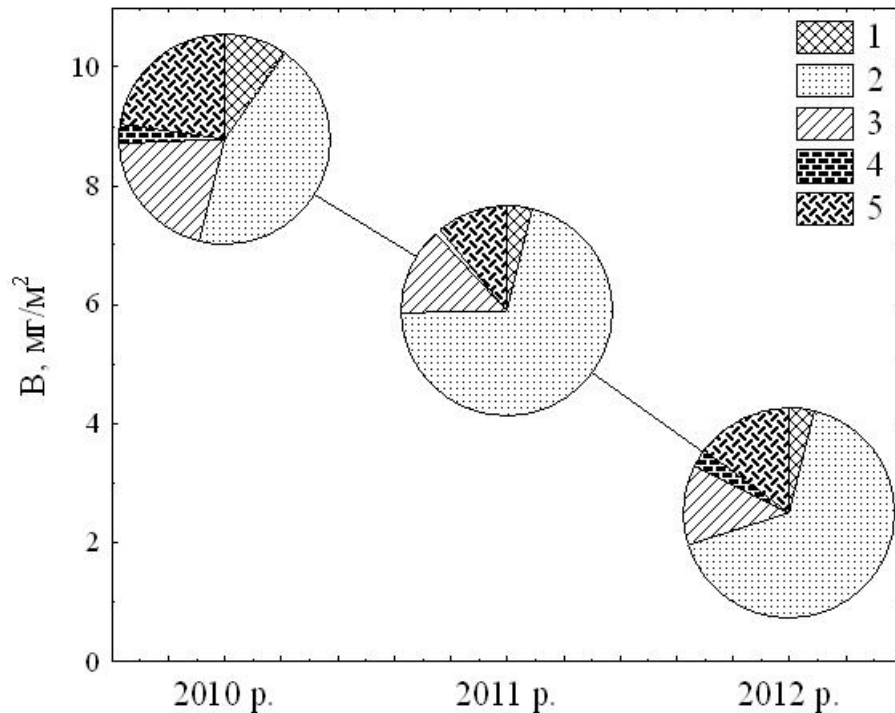


Рис. 6.9. Міжрічна динаміка біомаси (В) фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – інші відділи водоростей, 5 – Dinophyta.

Особливістю міжрічної динаміки фітопланктону було те, що в 2010 р. частка діатомових водоростей у кількісному розвитку водоростей була меншою, ніж у 2011–2012 рр., що, на нашу думку, пов'язано з аномально високими температурами води, які можуть здійснювати інгібуючий вплив на представників Bacillariophyta, що раніше було показано для фітопланктону Каховського водосховища [159].

⁶ Високі відносні (%) значення біомаси динофітових водоростей пояснюються їх представленістю у фітопланктоні крупно клітинними формами (*Ceratium hirundinella*, *Peridinium cinctum*, *P. bipes* та інші).

Проведений аналіз особливостей вертикального розподілу фітопланктону в різні сезони року показав, що в зимовий період планктонні водорості характеризуються низькою біомасою та зворотною вертикальною стратифікацією, становлячи від 0,04 мг/дм³ (під льодом) до 0,32 мг/дм³ (біля дна). Виявлено, що в 2010 р. по всій водній товщі основу чисельності (97%) та біомаси (43%) формували синьозелені водорості (*O. agarghii*, *Spirulina sp.*). Серед домінантів за біомасою значну частку (41%) становили також діатомові, зокрема представники родів *Navicula*, *Nitzschia*, *Cyclotella* та *Cocconeis* Ehrenb.

У 2011–2012 рр., незважаючи на те, що представники Cyanophyta переважали за чисельністю (49–54%), основу біомаси зимового фітопланктону формували діатомові (39%), зелені (20%) та золотисті (16%), в меншій мірі – динофітові водорості (рис. 6.10). Домінуючий комплекс видів характеризувався як полідомінантний, представлений на різних горизонтах *S. hantzschii*, *C. kuetzingiana*, *D. communis*, *Chrysococcus rufescens* G.A. Klebs, *Mallomonas elegans* Lemmerm., *P. bipes* та *Aph. flos-aquae*.

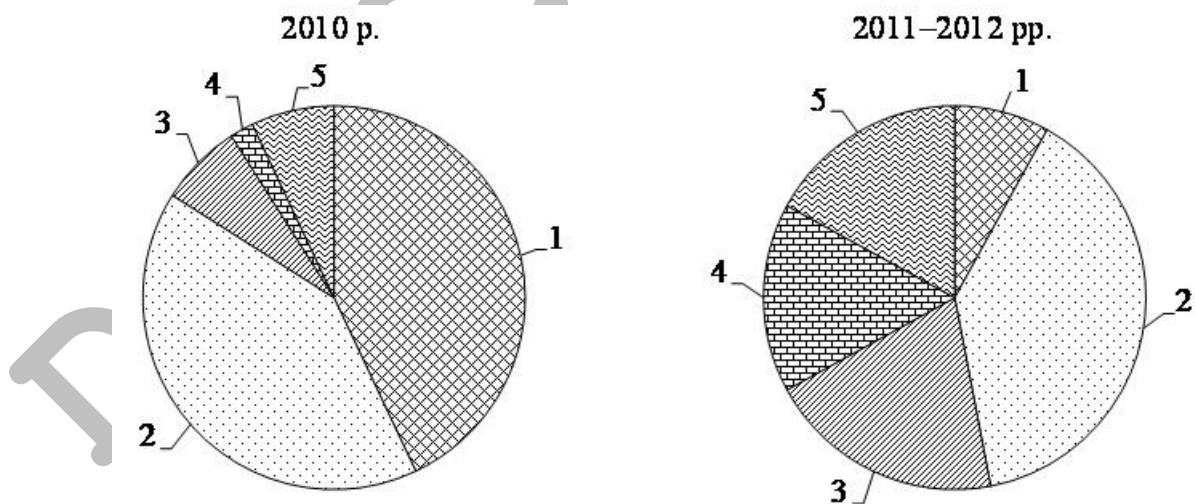


Рис. 6.10. Структура біомаси зимового фітопланктону в лентичних умовах в різні роки: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – Chrysophyta, 5 – інші відділи водоростей

Встановлені відмінності структури фітопланктону в зимовий період 2010 р. зумовлені значним вкладом в чисельність та біомасу дрібноклітинних бентосних форм синьозелених водоростей, здатних до міксотрофного живлення. Таке домінування, на нашу думку, зумовлено складними гідрометеорологічними умовами (відсутність фотосинтезу внаслідок тривалого періоду льодоставу та значного снігового покриву), про що свідчить гострий дефіцит кисню по всій водній товщі (2,12–3,65 мг/дм³ під льодом та 1,46–2,00 мг/дм³ – біля дна). Подібна особливість кількісного розвитку фітопланктону в зимовий період 2010 р. встановлена і для Київського водосховища [174].

Весняний період характеризувався найбільшою чисельністю (4380 тис. кл/дм³) та біомасою (2,28 мг/дм³) фітопланктону в поверхневому горизонті, при цьому значний розвиток водоростей відмічався по всій водній товщі та дещо зменшувався біля дна (до 2669 тис. кл/дм³ та 0,94 мг/дм³). Основу чисельності (65%) та біомаси (84%) формували діатомові водорості.

Видовий склад домінуючого комплексу не мав суттєвих змін від поверхні до дна та характеризувалась як полідомінантний. Значну частку біомаси фітопланктону по всій водній товщі складали: *S. hantzschii* (до 43%), *A. formosa* (до 13%), *Diatoma tenue* C. Agardh (до 12%), *S. acus* var. *acus* (до 12%) та *C. kuetzingiana* (до 33%).

Найбільшим розвитком характеризувався фітопланктон у літній період, досягаючи максимальних значень чисельності та біомаси (до 34189 тис. кл/дм³ та до 9,04 мг/дм³) у поверхневих горизонтах, а мінімальних (до 2117 тис. кл/дм³ та 1,17 мг/дм³) – у зоні найбільшого градієнту температури води (8,0–12,0 м). В придонному горизонті кількість фітопланктону досягала до 7399 тис. кл/дм³ та 2,28 мг/дм³.

Підрахований Т-критерій незалежних вибірок для перевірки достовірності різниці середніх величин фітопланктону на горизонтах з мінімальними кількісними показниками та придонних горизонтах показав, що відмінність цих значень достовірна ($p = 0,001$) та виходить за межі

похибки. Тому таке достовірне збільшення рясності фітопланктону в придонному горизонті можна пояснити технічними складнощами відборів та потраплянням в планктонні проби бентосних форм водоростей.

Структура літнього фітопланктону не відрізнялась по рокам та характеризувалась домінуванням синьозелених водоростей (53%) за чисельністю та діатомових (64%) – за біомасою. У той же час, детальний аналіз отриманих нами даних встановив відмінності у вертикальному розподілі фітопланктону в літній період. Так, за температури води, яка не перевищувала середні багаторічні дані (20,9–21,2°C), максимальні показники чисельності та біомаси фітопланктону реєструвалися у поверхневому горизонті (рис. 6.11).

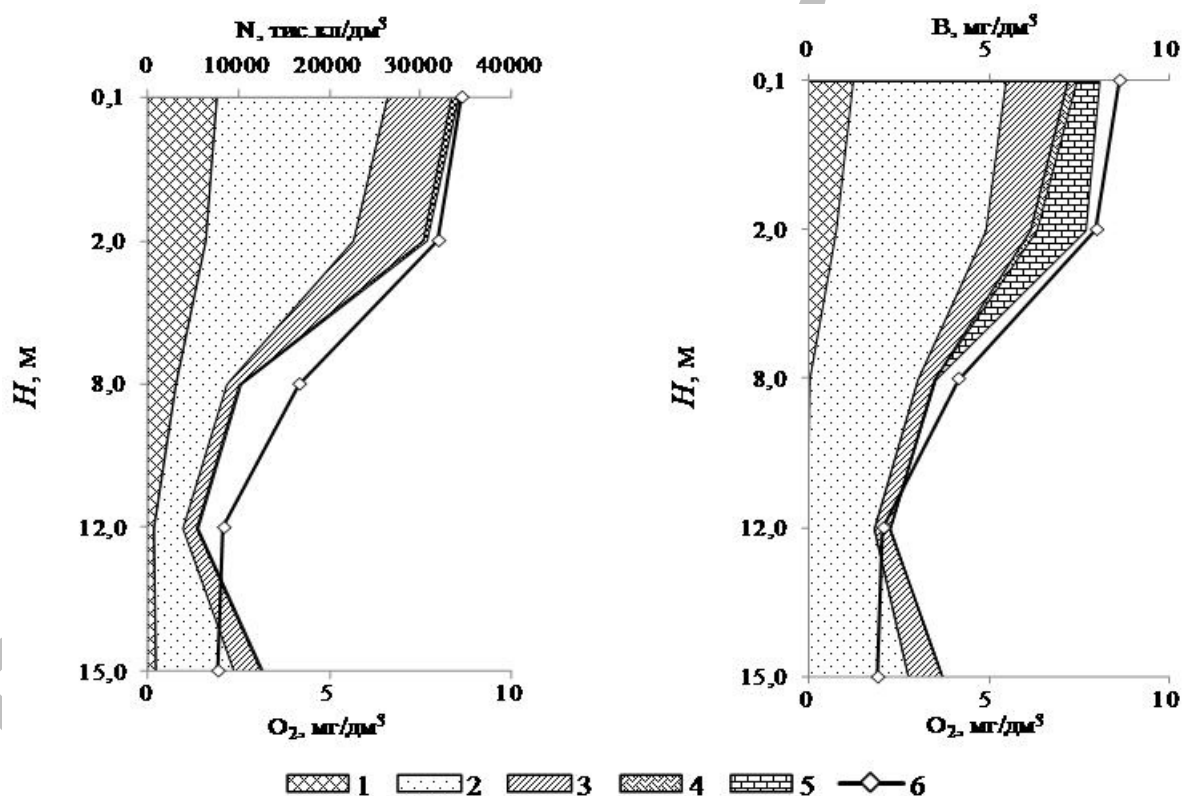


Рис. 6.11. Вертикальний розподіл чисельності (N), біомаси (B) основних відділів фітопланктону та вмісту розчиненого кисню у воді (O_2) в літній період: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – Dinophyta, 5 – інші відділи водоростей, 6 – вміст розчиненого у воді кисню.

При цьому значний розвиток планктонних водоростей спостерігався до глибини 6,0 м, про що свідчить відносний вміст кисню у воді (71%). Основу чисельності (до 56%) та біомаси (до 52%) фітопланктону по всій водній товщі формували діатомові водорості. В поверхневих горизонтах значну частку становили також синьозелені (16–23%) та зелені водорості (21–23%).

У домінуючий комплекс видів фітопланктону до глибини 12,0 м входили: *A. granulata* f. *granulata* (45–76% біомаси на горизонті) та *A. granulata* f. *curvata* (12–14%). Окрім них, на різних горизонтах у якості домінантів були відмічені *Pandorina morum* (O. Müll.) Bory (10%), *Pandorina charkoviensis* Korschikov (17%), *Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Bergh (15%). В придонних горизонтах переважали *A. granulata* f. *granulata* (31–49%), *C. kuetzingiana* (13–37%), *S. hantzschii* (14–15%) та *D. communis* (12%).

Встановлено, що за аномально високих температур води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$), у чисельності фітопланктону збільшувалась частка синьозелених водоростей (до 60%) та вдвічі зменшувалась – діатомових (рис. 6.12). Склад біомаси фітопланктону також характеризувався зменшенням частки діатомей (до 35%) та збільшенням – синьозелених (до 13%) і динофітових водоростей (до 29%).

Фітопланктон концентрувався у приповерхневих горизонтах, де також було зареєстровано перенасичення води киснем (до 144%), тоді як у нижче розташованих горизонтах цей показник був значно нижчим (близько 26%).

Вертикальний розподіл фітопланктону характеризувався максимальною чисельністю в поверхневому горизонті за рахунок активної вегетації синьозелених водоростей родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Anabaena* і *Aphanizomenon*. У той же час, максимальна біомаса реєструвалася на глибині близько 2,0 м та визначалася розвитком динофітових і діатомових водоростей.

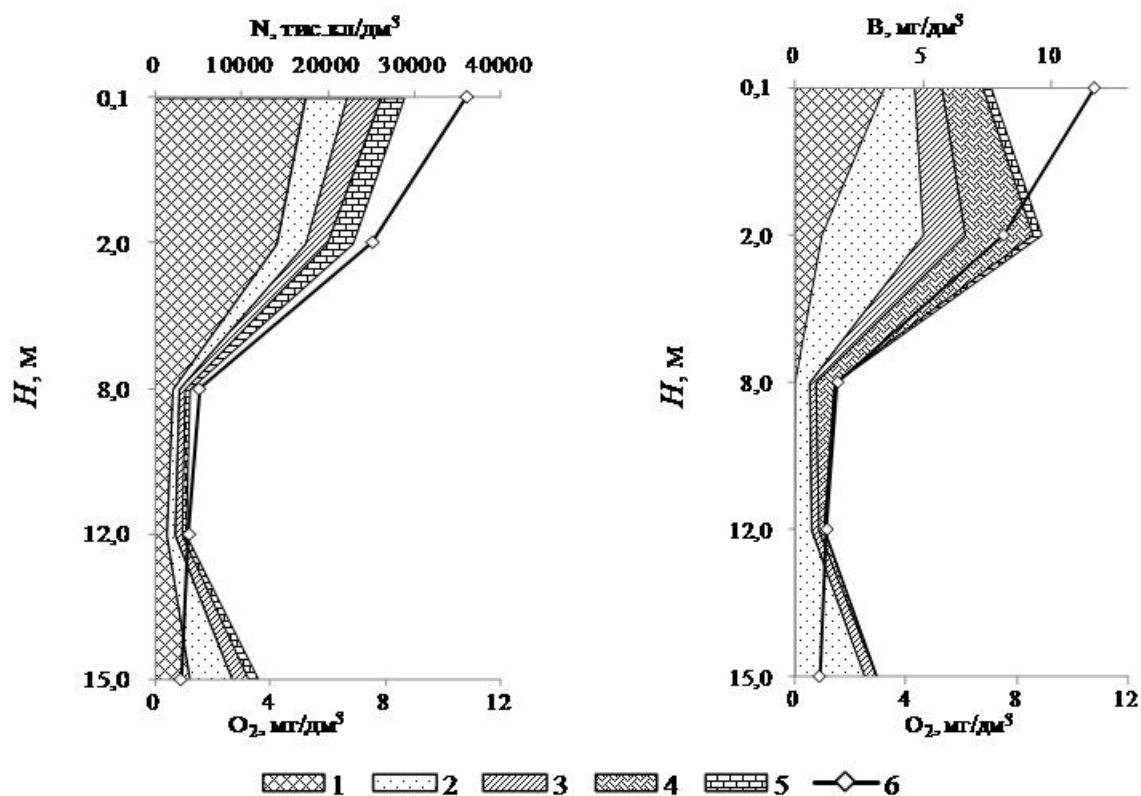


Рис. 6.12. Вертикальний розподіл чисельності (N), біомаси (B) основних відділів фітопланктону та вмісту розчиненого кисню у воді (O_2) в літній період за аномально високих температур води: 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – Dinophyta, 5 – інші відділи, 6 – вміст розчиненого у воді кисню.

Зареєстроване неспівпадіння піків чисельності та біомаси фітопланктону, на нашу думку, пов'язане з відмінними діапазонами оптимальних температур розвитку різних видів фітопланктону, що також підтверджується літературними даними [100].

У домінуючий комплекс видів фітопланктону (за біомасою) на всіх горизонтах входили *C. hirundinella* (до 61%) та *A. granulata* f. *granulata* (до 57%), до яких у поверхневому горизонті приєднувався *M. aeruginosa* (до 28%), а в придонному – *C. kuetzingiana* (до 26%).

Для осіннього періоду показана відсутність чітко вираженої вертикальної стратифікації фітопланктону. Чисельність водоростей

змінювалась від 2749 тис. кл/дм³ – на поверхні до 2538 тис. кл/дм³ – біля дна; біомаси – від 0,68 мг/дм³ до 0,85 мг/дм³ відповідно. Основу чисельності фітопланктону формували синьозелені (47%), діатомові (33%) і зелені (18%) водорості, тоді як біомаси – переважно діатомові (59%).

Домінуючий комплекс видів характеризувався як полідомінантний. Так, у перший рік досліджень домінували: *A. granulata* f. *granulata*, *P. boryanum* var. *boryanum*, *C. hirundanella*; в другий – *S. potamos*, *A. granulata* f. *granulata*, *P. boryanum* var. *boryanum*; а на третій – *Aph. flos-aquae*, *A. italica* і *D. communis*.

В цілому, у лентичних умовах виявлено 139 провідних видів фітопланктону, які належали переважно до діатомових (38%) та зелених (32%), менше – синьозелених водоростей (14%). Аналіз динаміки провідних видів у поверхневому горизонті показав, що навесні активно вегетував *S. hantzschii*, досягаючи максимуму свого розвитку в травні (рис. 6.13).

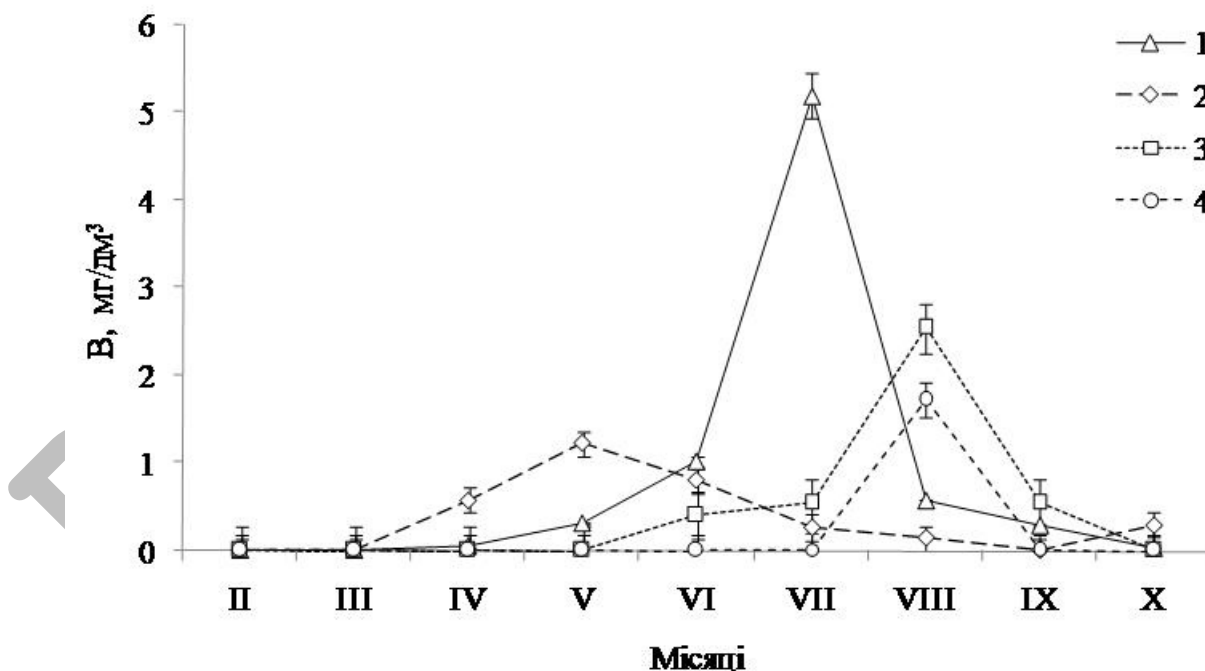


Рис. 6.13. Сезонна динаміка біомаси (В) провідних видів фітопланктону в поверхневому горизонті (2010–2012 рр.): 1 – *A. granulata* f. *granulata*, 2 – *S. hantzschii*, 3 – *C. hirundanella*, 4 – *M. aeruginosa*.

З початком літнього періоду домінуюче положення у фітопланктоні займала *A. granulata* f. *granulata*, яка формує значні біомаси в липні. Показано, що в серпні значного розвитку досягали *M. aeruginosa* та *C. hirundinella*. В осінній період на фоні загального зниження розвитку фітопланктону у поверхневих горизонтах збільшується розвиток *S. hantzschii*.

У придонному горизонті (рис. 6.14) з квітня по липень інтенсивно вегетували *S. hantzschii* та *C. kuetzingiana*. Водночас з початком літнього періоду значно посилився розвиток *A. granulata* f. *granulata*, яка досягала максимальних значень у придонному горизонті на початку осені, що, на нашу думку, можна пояснити осіннім осадженням планктонних водоростей.

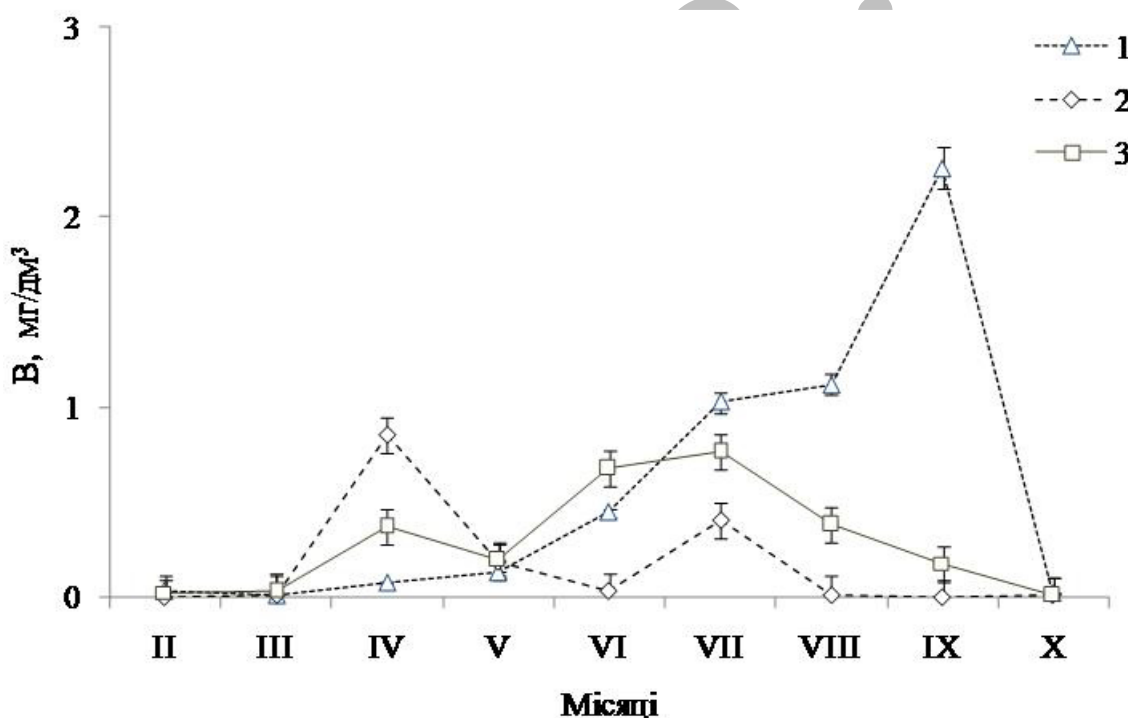


Рис. 6.14. Сезонна динаміка біомаси (В) провідних видів фітопланктону в придонному горизонті (2010–2012 рр.): 1 – *A. granulata* f. *granulata*, 2 – *S. hantzschii*, 3 – *C. kuetzingiana*.

Отже, за досліджуваний період фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах характеризувався відмінною

кількісною представленістю, складом чисельності та біомаси планктонних водоростей на рівні провідних відділів. Показано, що у 2010 р. кількісні показники розвитку фітопланктону були вищими ніж у 2011–2012 рр. При цьому частка діатомових у загальній чисельності та біомасі планктонних водоростей у 2010 р. була меншою, ніж у наступні роки досліджень.

Вертикальний розподіл планктонних водоростей верхньої частини Канівського водосховища в лентичних умовах характеризувався оберненою стратифікацією взимку, прямою – влітку, відносно рівномірним розподілом по всій водній товщі навесні та восени.

За аномально високих температур води ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) зареєстровано неспівпадіння максимумів чисельності та біомаси фітопланктону по глибинам, яке, на нашу думку, визначалося температурними оптимумами домінуючих видів. Так, максимум чисельності спостерігався у поверхневому горизонті та визначався розвитком Cyanophyta, тоді як біомаси – на глибині близько 2,0 м – Bacillariophyta і Dinophyta. Статистично доведено, що мінімальні значення кількісних показників фітопланктону знаходились не в придонному горизонті, а у шарі води 8,0–12,0 м, що можна пояснити наявністю у водоймі термокліну.

Показано, що у поверхневому горизонті навесні активно розвивався *S. hantzschii*, тоді як в літній період – *A. granulata* f. *granulata*. При цьому в серпні на фоні зниження біомаси діатомей активно вегетували синьозелені (*M. aeruginosa*) та динофітові водорості (*C. hirundinella*). Для придонного горизонту в усі сезони року провідними видами були центричні діатомові водорості: *A. granulata* f. *granulata*, *S. hantzschii* та *C. kuetzingiana*.

РОЗДІЛ 7

РОЗВИТОК ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА ДІЇ РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

На основі натурних даних, отриманих під час досліджень у верхній частині Канівського водосховища у лентичних та лотичних умовах, проаналізовано зв'язок структурно-функціональних показників фітопланктону з екологічними чинниками, які здатні впливати прямо чи опосередковано на видовий склад та кількісні показники розвитку планктонних водоростей, а також показано особливості їх динаміки у сезонному аспекті.

Сонячна радіація. Загальновідомо, що з моменту поглинання світла хлорофілом клітини до перетворення світлової енергії в хімічну для побудови органічної речовини, проходить певний період часу. Тому для репрезентативності даних динаміки розвитку фітопланктону було проведено співставлення структурно-функціональних характеристик водоростей в день відбору з величинами сумарної сонячної радіації за попередній відбір і т. д. Відповідно часовий крок складав близько двох тижнів.

Отримані результати показали пряму кореляцію сумарної сонячної радіації з кількістю видів ($r=0,47$; $p=0,0001$; $n=64$), чисельністю ($r=0,28$; $p=0,02$; $n=64$) та біомасою фітопланктону ($r=0,35$; $p=0,004$; $n=64$).

Найбільшій рясності фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища досягав у літній період, коли кількість сумарної сонячної радіації, яка надходила на водну поверхню була максимальною. При цьому для видового багатства фітопланктону показано, що кількість видів зростала зі збільшенням сумарної сонячної радіації, яка надходить на водну поверхню та досягала максимальних значень при Q близько $518 \text{ МДж/м}^2 \times \text{міс}$ (рис. 7.1). Встановлено, що подальше підвищення Q супроводжувалось зменшенням кількості видів, що, ймовірно пов'язано з фотоінгібуванням деяких видів планктонних водоростей.

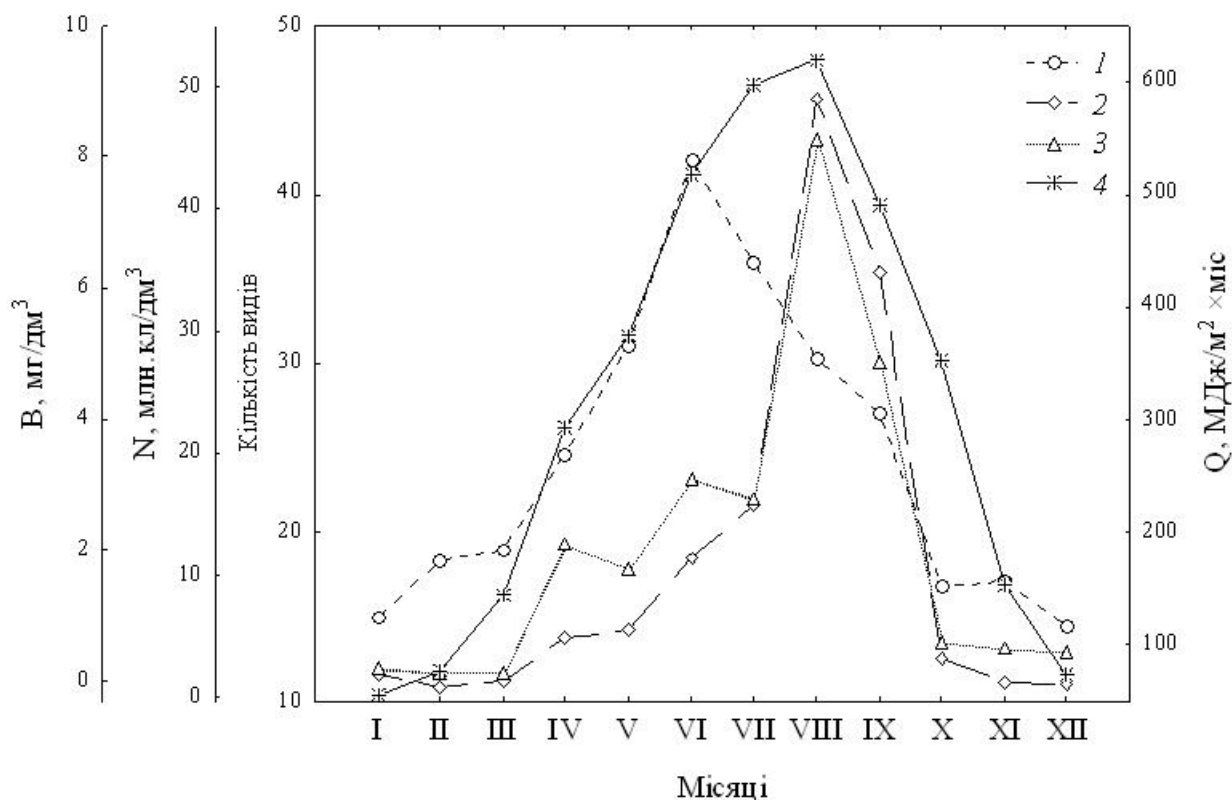


Рис. 7.1. Сезонна динаміка видового багатства (1), чисельності (N, 2), біомаси (B, 3) фітопланктону та сумарної сонячної радіації (Q, 4) (середні значення за 2010–2012 рр.).

Сезонна динаміка кількісних показників розвитку фітопланктону відповідала динаміці сумарної сонячної радіації: збільшувалась від весни до літа та зменшувалась із початком осені, досягаючи мінімальних значень взимку. Проте, на відміну від видового багатства, чисельність та біомаса планктонних водоростей досягала максимуму саме за високих значень Q (близько 619 МДж/м²×міс), що, на нашу думку, пов'язано із здатністю певних видів водоростей із різних систематичних груп витримувати високі значення сонячної радіації.

Аналіз динаміки біомаси провідних відділів фітопланктону та сумарної сонячної радіації, яка надходить на водну поверхню (рис. 7.2) показав, що у весняний період за сумарної сонячної радіації близько 293 МДж/м²×міс інтенсивного розвитку досягали весняні форми діатомей

родів: *Asterionella* Hassal, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Synedra* та ін.

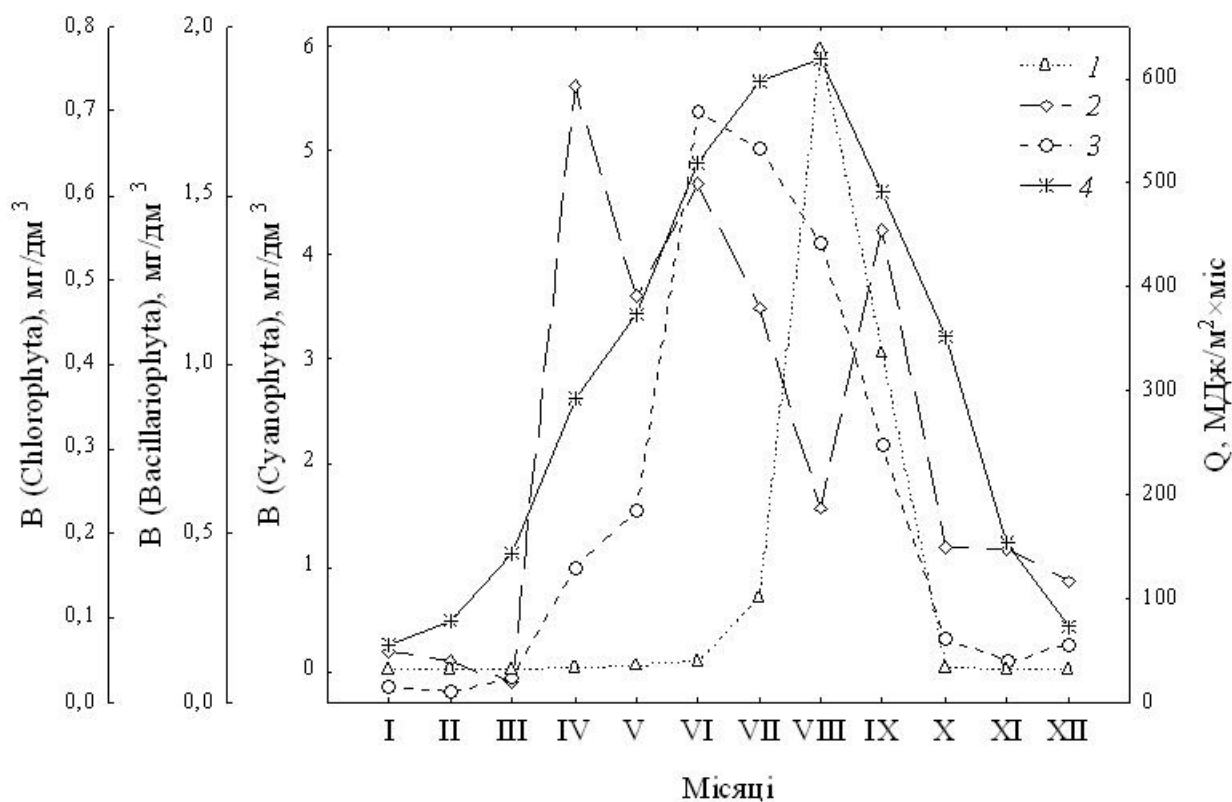


Рис. 7.2. Динаміка біомаси (В) провідних відділів фітопланктону та сумарної сонячної радіації (середні значення за 2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – Q.

Підвищення Q до 518 МДж/м²×міс на початку літа супроводжувалось домінуванням літніх форм діатомових з родів *Aulacoseira* і *Melosira* C. Agardh, а також відмічено активну вегетацію зелених водоростей, біомасу яких формували види родів *Chlamydomonas*, *Closteriopsis* Lemmerm., *Desmodesmus*, *Monoraphidium* та ін.

Встановлено, що за максимальних значень сумарної сонячної радіації, які були зареєстровані в серпні ($Q > 600$ МДж/м²×міс), показники кількісного розвитку зелених та діатомових водоростей різко зменшувалися. У той же

час, за таких умов інтенсивно вегетували синьозелені водорості родів *Anabaena*, *Microcystis* і *Aphanizomenon*.

Осіньне зниження значень Q супроводжувалось зменшенням біомаси синьозелених та зелених водоростей, тоді як для діатомових – відмічалось зростання кількісних показників розвитку, основу яких складали види родів *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Stephanodiscus* та ін.

Отже, за максимальних значень сумарної сонячної радіації видове багатство фітопланктону знижувалось, тоді як біомаса, навпаки, збільшувалась, що, на нашу думку, пов'язано з фотоінгібуванням більшості видів Bacillariophyta та Chlorophyta та, навпаки, здатністю інших, зокрема Cyanophyta, активно розвиватися за високої інтенсивності світла, що також узгоджується з літературними даними [63, 64, 76, 78]. Таким чином, можна вважати, що відгуком фітопланктону на зміни сумарної сонячної радіації є перебудови кількісних показників розвитку як на видовому рівні, так і на рівні систематичних відділів.

Прозорість води визначає поглинання та розсіювання сонячної радіації у водній товщі, тим самим обумовлюючи потужність фотичного шару зі сприятливими умовами для фотосинтезу планктонних водоростей та біологічної продуктивності гідроекосистеми в цілому.

Отримані натурні дані показали, що прозорість води у верхній частині Канівського водосховища змінювалась від 0,8 до 1,7 м. Встановлено статистично достовірну обернену кореляцію кількості видів ($r = -0,58$; $p = 0,01$; $n = 17$), чисельності ($r = -0,50$; $p = 0,03$; $n = 17$) та біомаси фітопланктону ($r = -0,57$; $p = 0,02$; $n = 17$) із прозорістю води.

Аналіз сезонної динаміки біомаси фітопланктону та прозорості води показав, що з початком активного розвитку планктонних водоростей у весняний період прозорість води на досліджуваній ділянці коливалась у межах 1,0–1,5 м. У літній період коли фітопланктон характеризувався найвищим кількісним розвитком відмічалось значне зниження прозорості води до мінімальних її значень (0,8 м), на що вказують лінії трендів (рис. 7.3).

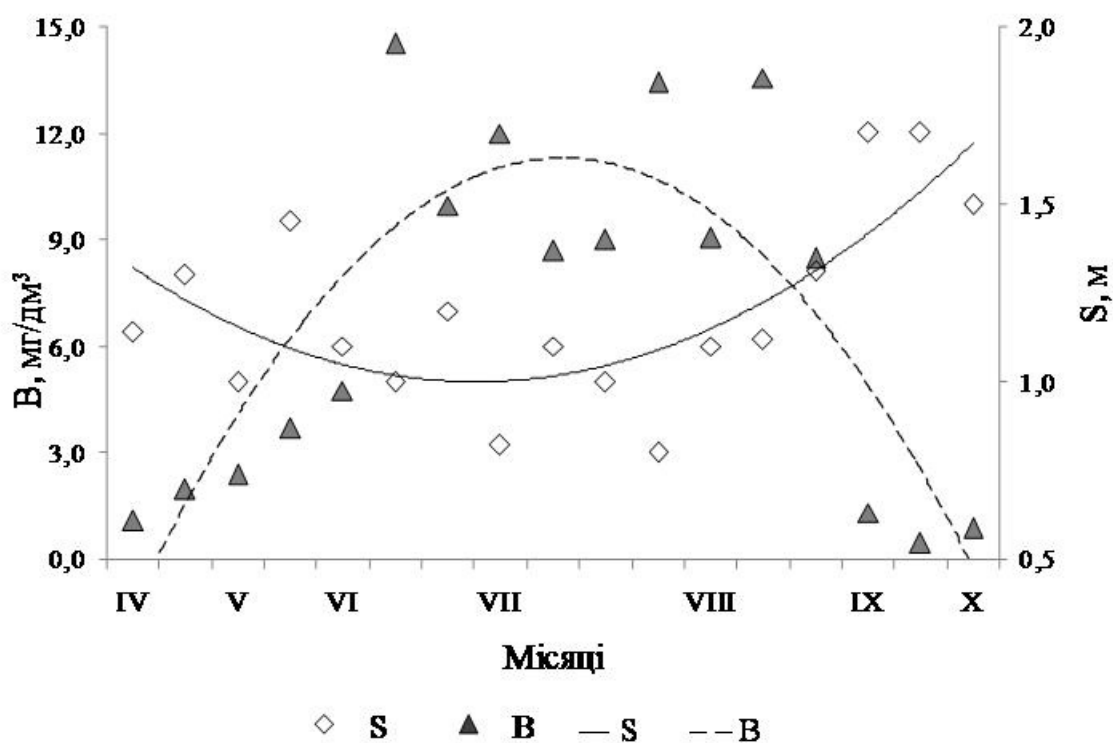


Рис. 7.3. Динаміка біомаси фітопланктону (B) та прозорості води (S). Тут та на рис. 7.6, 7.9, 7.10 суцільною та пунктирною лініями позначені тренди (направлення змін ряду даних).

Зменшення інтенсивності вегетації водоростей планктону в осінній період зумовлювало максимальну прозорість води на ділянці у пізньоосінній період (1,5–1,7 м). В цілому, можна зробити висновок, що прозорість води верхньої частини Канівського водосховища в значній мірі визначалася фітопланктоном та значно знижувалась у періоди його масового розвитку, що також підтверджується встановленим статистично оберненим кореляційним зв'язком.

Температура води – важливий екологічний чинник, який здатен прямо чи опосередковано впливати на розвиток гідробіонтів різних трофічних рівнів та екологічних груп. За досліджуваній період температура води у верхній частині Канівського водосховища коливалась від 0,1 до 28,1°C. Проведений статистичний аналіз всього масиву даних дозволив виявити

прямий кореляційний зв'язок температури води із кількістю видів ($r=0,71$; $p=0,0001$; $n=64$), чисельністю ($r=0,35$; $p=0,004$; $n=64$) та біомасою водоростей ($r=0,42$; $p=0,001$; $n=64$).

У той же час, розподіл цих характеристик фітопланктону в залежності від температури у різні сезони року виявив деякі особливості. Так, з підвищенням температури води кількість видів водоростей зростала та досягала максимальних значень за показників $22,0\text{--}23,0^\circ\text{C}$ (рис. 7.4).

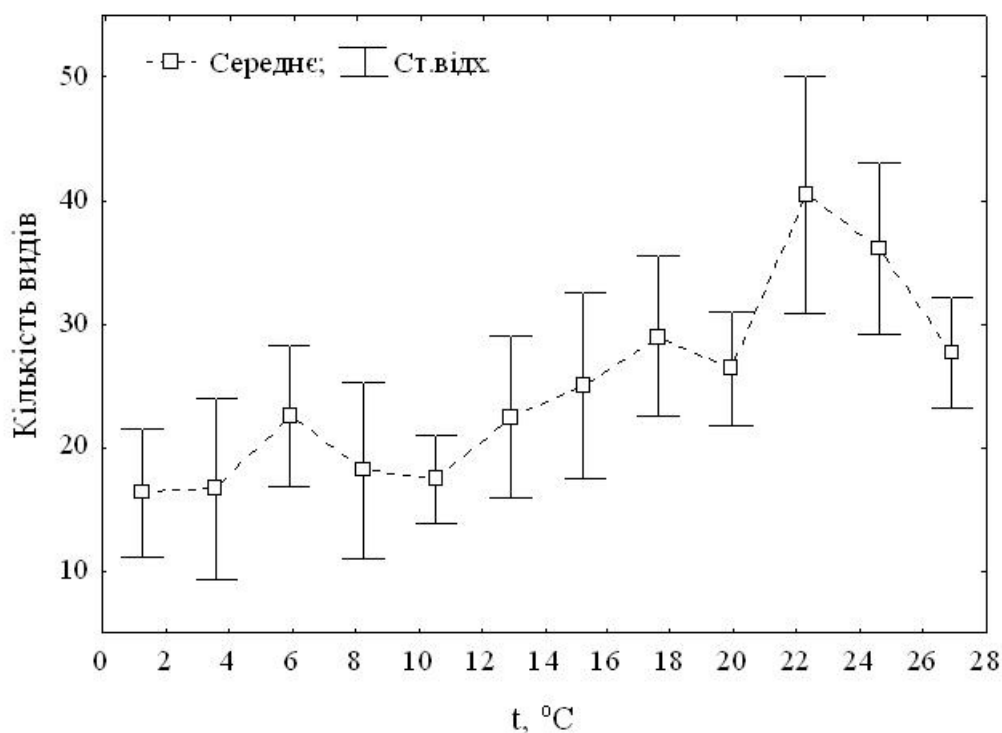


Рис. 7.4.⁷ Розподіл кількості видів фітопланктону за температурою води (2010–2012 рр.).

За аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) спостерігалася тенденція до зниження кількості видів, що, на наш погляд, зумовлено відмінними температурними оптимумами розвитку різних видів водоростей. Для підтвердження даного припущення нами було проведено кластерний аналіз подібності видового складу фітопланктону за коефіцієнтом Серенсена

⁷ Представлений вид графіка дозволяє згрупувати весь масив значень у заданих однакових інтервалах певного параметра.

у діапазоні температур води від 4,0 до 28,1°C. На дендрограмі сформувались декілька кластерів угруповань водоростей, які об'єднуються за певними діапазонами температур (рис. 7.5).

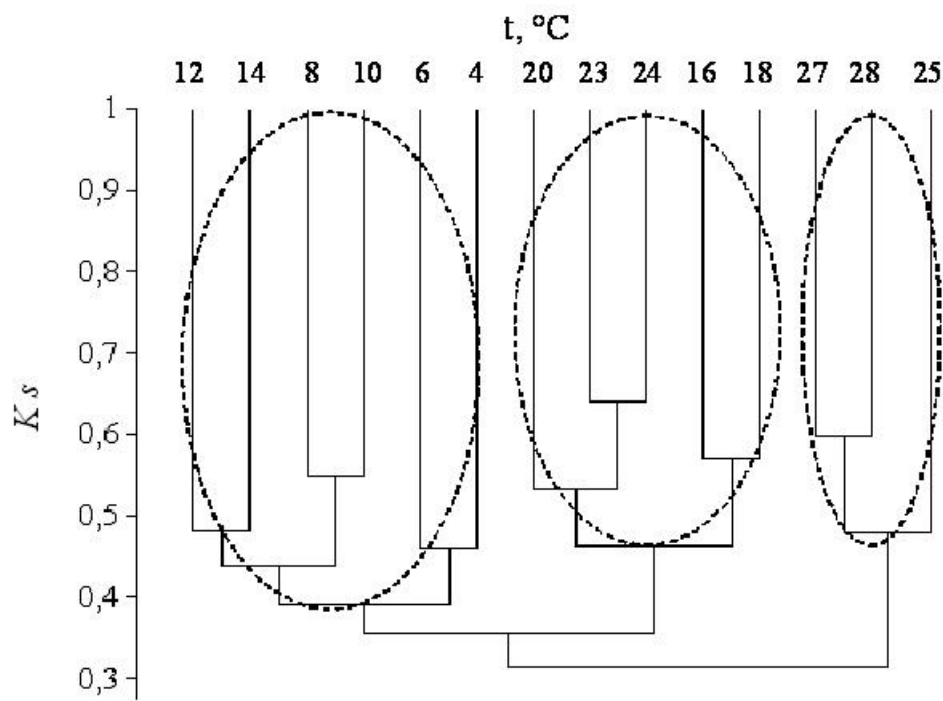


Рис. 7.5. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону за різних температур води (2010–2012 рр.).

Перший кластер формували угруповання водоростей, які розвивалися у діапазоні температур води 4,0–14,0°C. Це були, в основному, представники діатомових (48% загальної кількості видів) і зелених водоростей (30%) із родів: *Aulacoseira*, *Asterionella*, *Chlamydomonas*, *Closteriopsis*, *Cyclotella*, *Desmodesmus*, *Monoraphidium*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus* та *Synedra*.

До другого – відносились види водоростей, які активно вегетували за температур води 16,0–24,0°C. Це переважно зелені (45%), діатомові (30%), менше синьозелені водорості (14%) із родів: *Acutodesmus*, *Aulacoseira*, *Chlamydomonas*, *Crucigenia*, *Desmodesmus*, *Microcystis*, *Monoraphidium*, *Oscillatoria*, *Pediastrum*, *Stephanodiscus* і *Tetrastrum*.

Окремий – третій кластер формували види водоростей, які інтенсивно розвивалися за аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ$). Очевидно, що відгуком фітопланктону на аномальні температури була перебудова його структури. Зокрема, у видовому багатстві фітопланктону зменшилась частка діатомових водоростей (до 21%) та збільшилась – синьозелених (до 23%). Переважали види родів: *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Aulacoseira*, *Chlamydomonas*, *Desmodesmus*, *Actinastrum* Lagerh., *Pandorina*, *Pediastrum* і *Tetrastrum*.

Аналіз кількісних показників розвитку фітопланктону показав, що чисельність і біомаса водоростей зростали з підвищенням температури води, однак, на відміну від видового багатства, вони досягали максимальних значень саме за аномально високих температур (рис. 7.6).

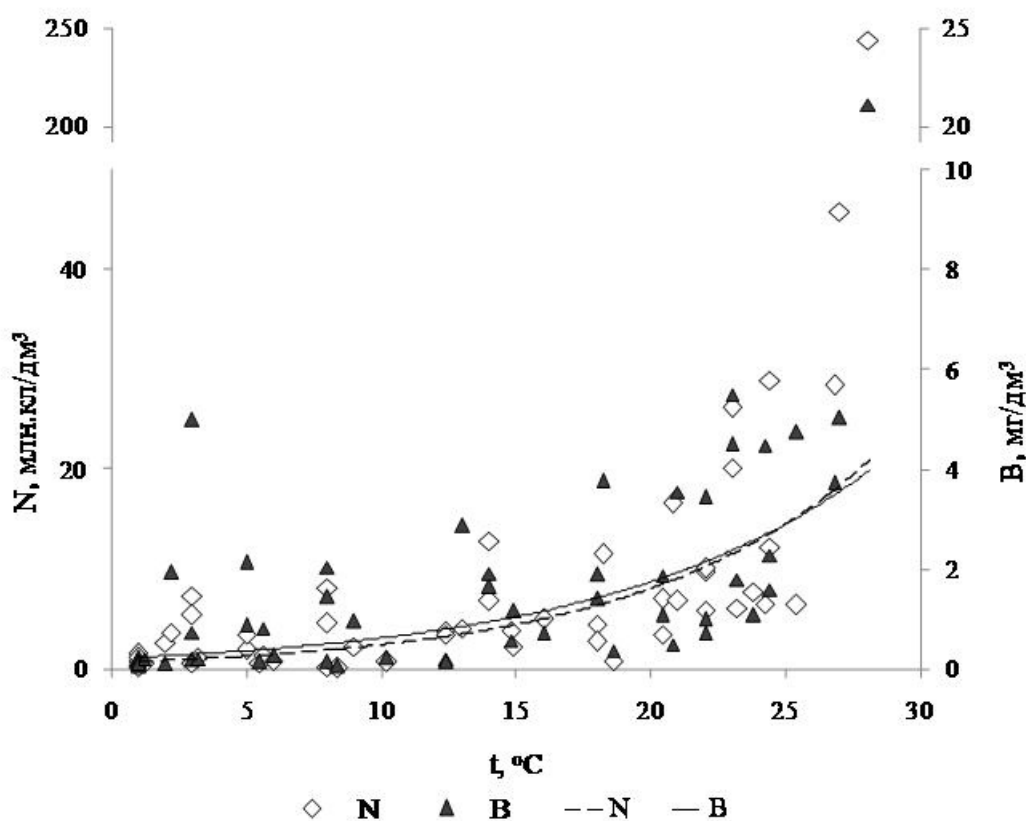


Рис. 7.6. Розподіл чисельності (N) та біомаси (B) фітопланктону за температурою води (2010–2012 рр.).

Таке зростання кількісних показників розвитку фітопланктону, на нашу думку, пов'язане із особливостями вегетації домінуючих видів синьозелених водоростей, які за впливу високих температур води здатні утворювати моно- чи олігодомінантні угруповання зі значними чисельністю та біомасою.

Для підтвердження вище сказаного, нами був проведений розподіл біомаси провідних систематичних відділів фітопланктону (Cyanophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta) за показником температури води. Встановлено, що біомаса діатомових водоростей із підвищенням температури води зростає та досягає максимальних значень в інтервалі температур близько 22,0–23,0°C (рис. 7.7).

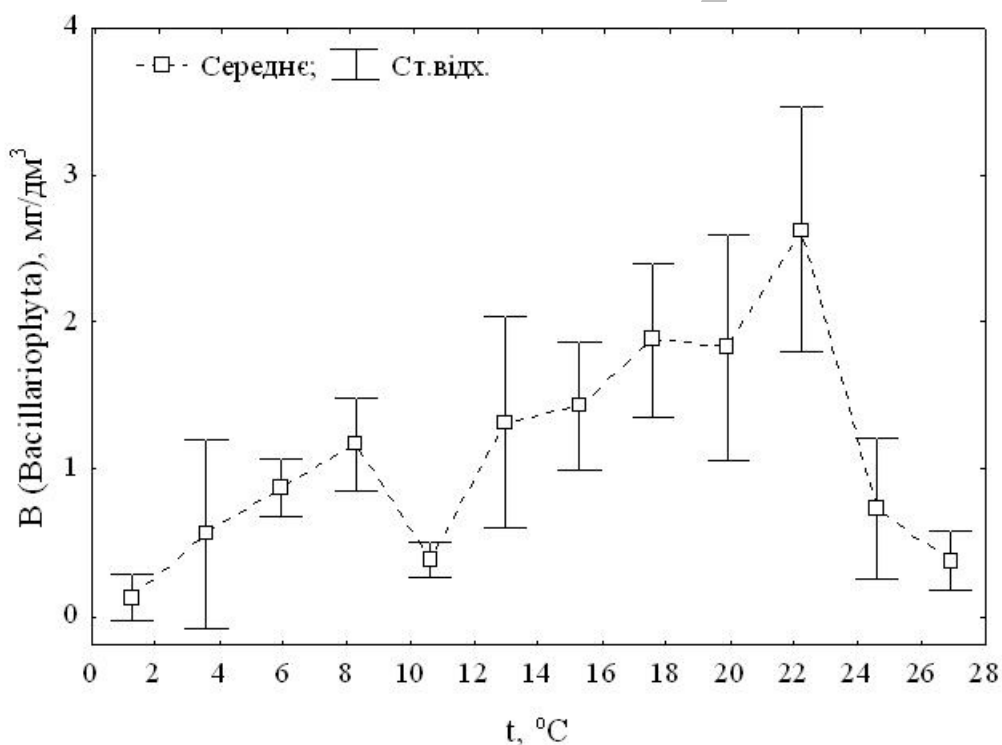


Рис. 7.7. Розподіл біомаси діатомових водоростей за температурою води (2010–2012 рр.).

Підвищення температури води від середніх багаторічних до аномально високих значень ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) характеризувалося істотним

зниженням біомаси Bacillariophyta, що, на наш погляд, пов'язано з інгібуючим впливом високих температур на розвиток більшості видів діатомових водоростей і згідно літературних даних [159] раніше було встановлено для фітопланктону Каховського водосховища.

Розподіл біомаси зелених водоростей за температурним показником, подібно до діатомових, досягав максимальних кількісних значень у інтервалі температур води близько 22,0–23,0°C. Відмічене суттєве зменшення показників біомаси Chlorophyta за аномально високих температур (рис. 7.8).

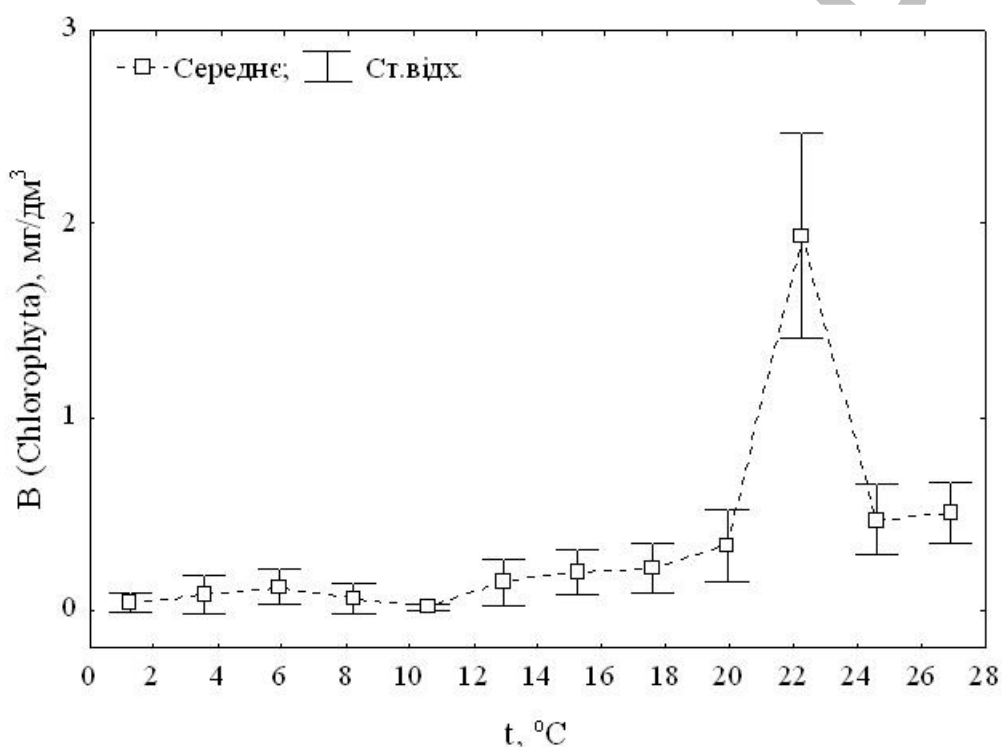


Рис. 7.8. Розподіл біомаси зелених водоростей за температурою води (2010–2012 рр.).

У той же час, біомаса синьозелених водоростей, на відміну від діатомових і зелених, значно зростала за температури води близько 22,0°C та досягала максимальних кількісних показників саме за аномально високих температур ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$) (рис. 7.9), що також узгоджується із літературними даними [66].

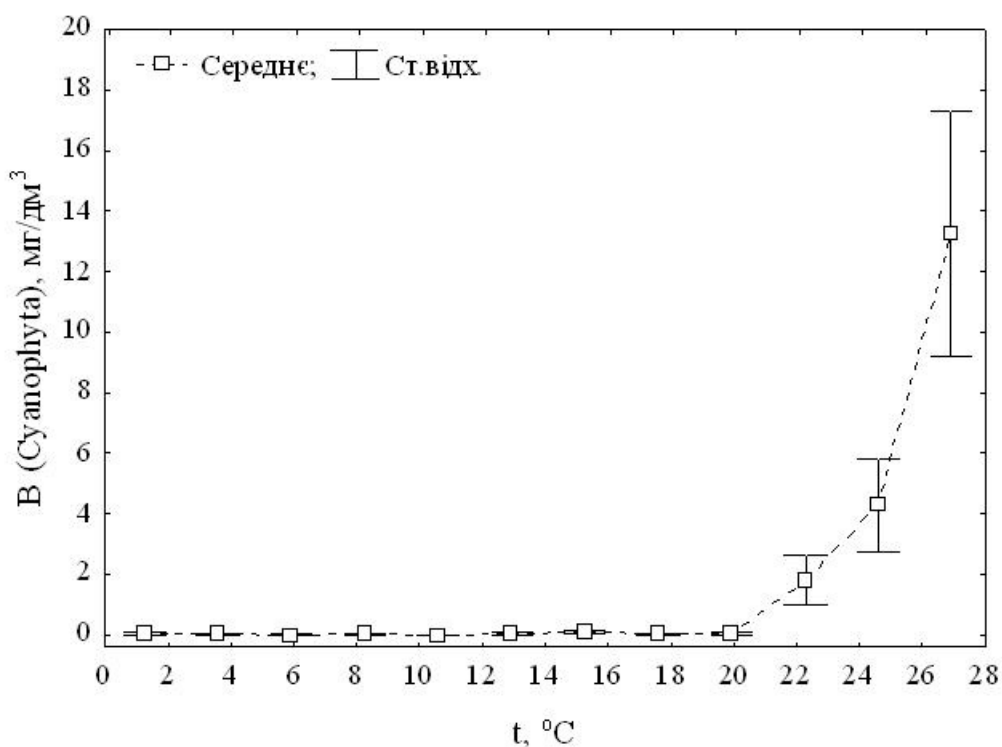


Рис. 7.9. Розподіл біомаси синьозелених водоростей за температурою води (2010–2012 рр.).

Узагальнюючий аналіз представлених даних дозволяє стверджувати, що найбільш адаптованими до температур води в інтервалах характерних для України є діатомові водорості, а до аномально високих – синьозелені.

Рівневий режим верхньої частини Канівського водосховища визначається експлуатацією вище розташованого Київського гідровузла. Сезонні коливання рівня води, окрім весняної повені, незначні та характеризуються як відносно стабільні [139]. Суттєвий вплив на екосистему верхньої частини Канівського водосховища здійснюють внутрішньодобові коливання рівнів води, які визначаються двома попусками Київської ГЕС протягом доби.

Проведений статистичний аналіз зв'язку якісних і кількісних показників розвитку фітопланктону із рівнем води на момент відбору альгологічних проб не виявив достовірної кореляції між ними.

Кисневий режим верхньої частини Канівського водосховища формується під впливом цілого комплексу абіотичних та біотичних чинників, інтенсивність прояву яких протягом року різна [27].

За досліджуваний період вміст розчиненого у воді кисню змінювався в широких межах – від 2,53 до 15,41 мг/дм³ (18–132% насичення). Аналіз динаміки насичення води киснем та біомаси фітопланктону (рис. 7.10) дозволяє припустити, що у зимовий-ранньовесняний та пізньоосінній періоди, коли планктонні водорості характеризувалися низьким кількісним розвитком, провідними у формуванні кисневого режиму верхньої частини Канівського водосховища є абіотичні чинники (атмосферна аерація, турбулентність, температура води тощо).

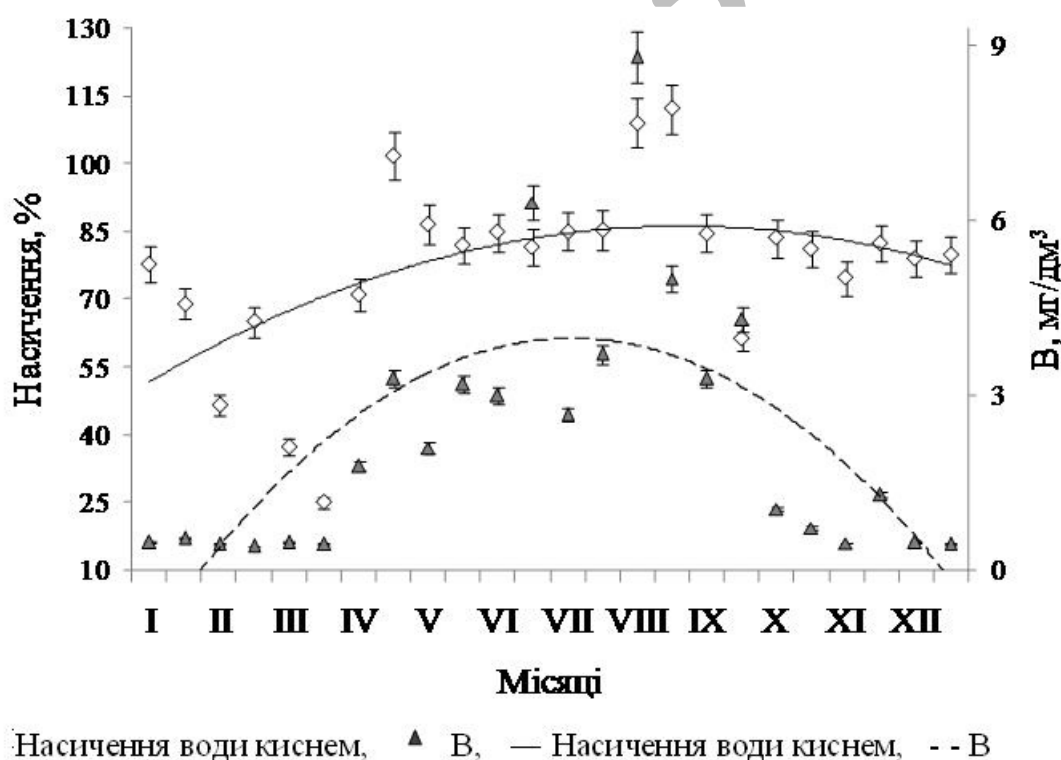


Рис. 7.10. Сезонна динаміка насичення води киснем (%) та біомаси фітопланктону (B) (2010–2012 pp.).

Однак, у літній період за масового розвитку фітопланктону реєструвались високі показники насичення води киснем, що свідчить про

провідне значення фотосинтетичної аерації у формуванні кисневого режиму та підтверджується результатами проведеного кореляційного аналізу насичення води киснем із чисельністю ($r=0,64$; $p=0,0001$; $n=28$) та біомасою фітопланктону ($r=0,68$; $p=0,0001$; $n=28$). В цілому, розподіл чисельності та біомаси планктонних водоростей у залежності від насичення води киснем описувався експоненційною кривою (рис. 7.11).

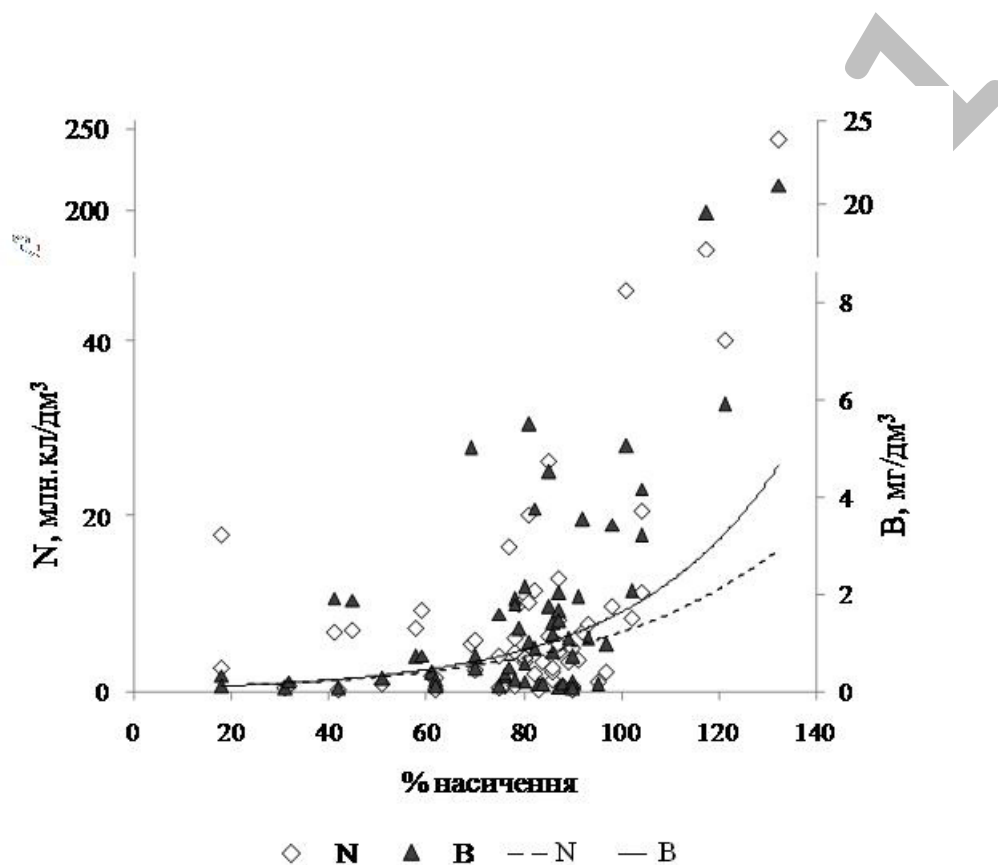


Рис. 7.11. Розподіл чисельності (N) та біомаси (B) фітопланктону за показником насиченням води киснем (%) (2010–2012 рр.).

Показано, що кількісні показники розвитку фітопланктону у діапазоні насичення води киснем від 18 до 98% дуже динамічні, що, на нашу думку, пов'язано як із впливом абіотичних чинників, так і структурою чисельності та біомаси фітопланктону. У той же час, за максимальних кількісних показників розвитку планктонних водоростей в поверхневому горизонті спостерігалось перенасичення води киснем (до 117–132%), що також вказує

на інтенсивність фотосинтетичних процесів у екосистемі верхньої частини Канівського водосховища.

Кремній – біогенний елемент, який здатен впливати на функціонування та структуру природних угруповань мікрowodоростей у водних екосистемах. Особливе значення вміст кремнію у воді має для діатомових водоростей, клітини яких побудовані із кремнеземних оболонок, які мають видоспецифічну структуру [45, 46]. Результати проведених досліджень свідчать [208], що у верхній частині Канівського водосховища домінуючою формою кремнію є розчинена (84–99% загального вмісту), яка є найбільш доступною та легко засвоюється гідробіонтами.

Проведений статистичний аналіз встановив достовірну обернену кореляцію чисельності ($r = -0,62$; $p = 0,0001$; $n = 29$) та біомаси діатомових водоростей ($r = -0,57$; $p = 0,001$; $n = 29$) із вмістом розчиненого кремнію ($Si_{розч}$) у воді (рис. 7.12).

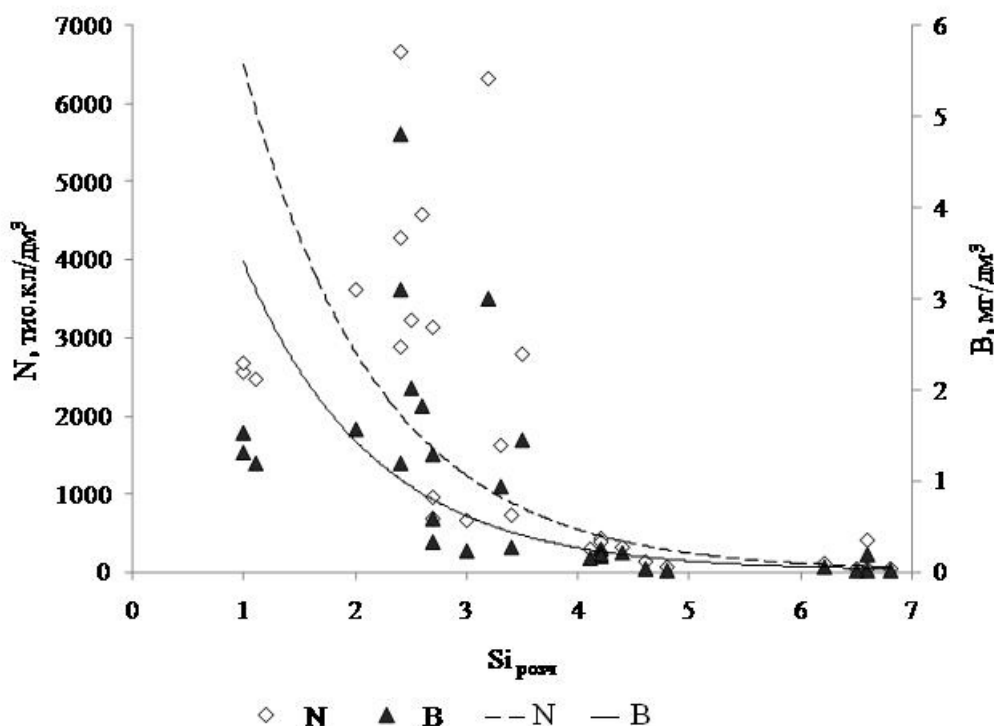


Рис. 7.12. Розподіл чисельності (N) та біомаси (B) діатомових водоростей залежно від вмісту розчиненого кремнію ($Si_{розч}$) у воді (2012 р.)

Отримані дані свідчать, що у періоди інтенсивної вегетації діатомових водоростей концентрація $Si_{розч}$ у воді не перевищувала $3,5 \text{ мг/дм}^3$, тоді як за мінімального кількісного розвитку Bacillariophyta вміст розчиненого кремнію у воді був максимальним (близько $7,0 \text{ мг/дм}^3$).

Аналіз сезонної динаміки кількісних показників розвитку Bacillariophyta показав, що одночасно зі збільшенням біомаси діатомових водоростей відбувається зниження концентрації розчиненого кремнію у воді та навпаки. При цьому пенатні форми діатомових водоростей досягають найбільшого кількісного розвитку навесні, тоді як центричні – на початку літа (рис. 7.13).

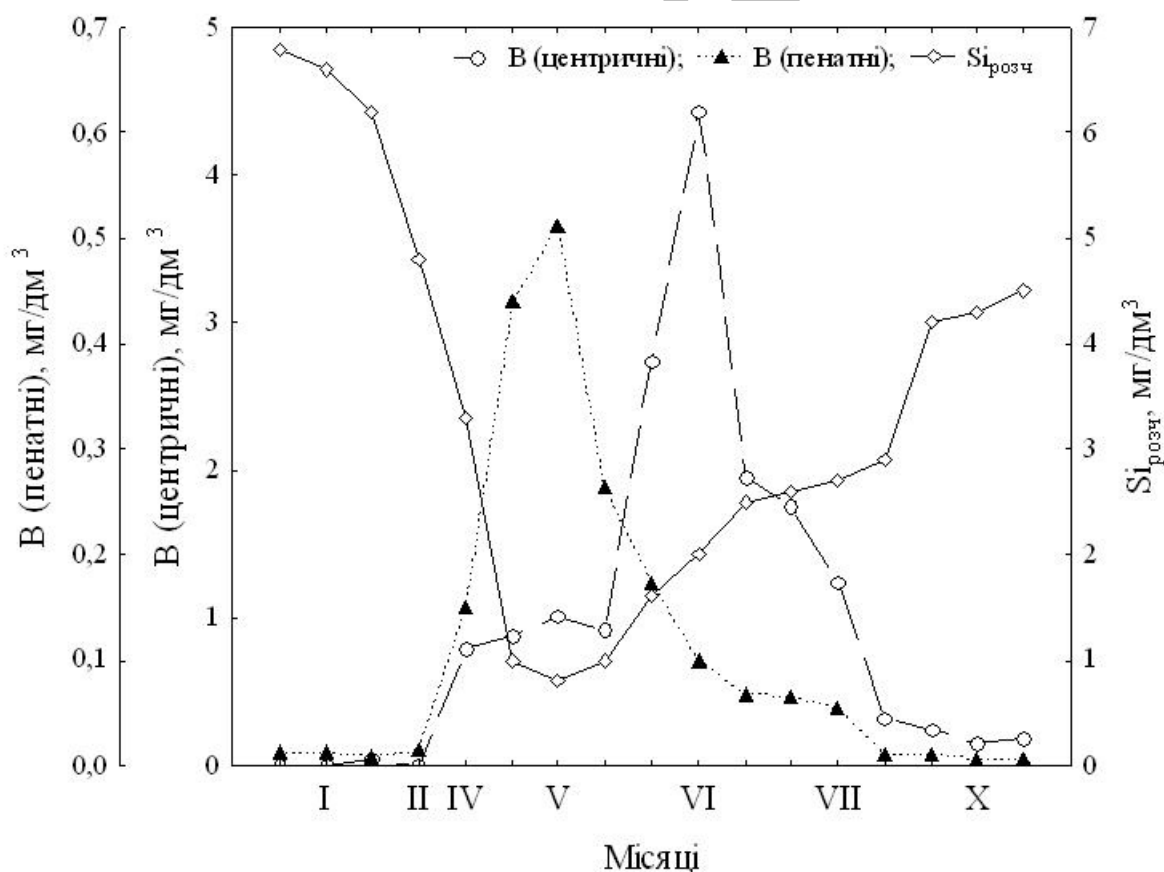


Рис. 7.13. Динаміка біомаси (В) центричних і пенатних форм діатомових водоростей та розчиненого кремнію ($Si_{розч}$) у воді (середні значення за 2012 р.).

Причиною цього, очевидно, є те, що пенатні діатомеї, які представлені в основному бентосними формами, під час весняної повені та перемішування водних мас, потрапляють у планктон, де формують значну частку біомаси, тоді як центричні – переважно планктонні види здатні досягати значного розвитку в літній період. В цілому, вміст та динаміка розчиненого кремнію у воді є важливим абіотичним чинником, який визначає розвиток одного із провідних відділів планктонних водоростей верхньої частини Канівського водосховища.

Неорганічний азот і фосфор – це ті біогенні елементи, які безпосередньо впливають на якісний і кількісний розвиток автотрофної ланки водної екосистеми [69, 103]. Аналіз літературних даних щодо впливу азоту та фосфору на функціонування дніпровського фітопланктону [75, 81, 116, 120, 160, 170] свідчить, що значна частина цих матеріалів була отримана в періоди становлення та стабілізації екосистем дніпровських водосховищ. Також необхідно відмітити, що на сьогодні істотно змінились джерела надходження у водосховища біогенних елементів, зокрема, сполук фосфору, значна частина яких потрапляє у водне середовище із побутовими стоками [171].

На основі аналізу власних даних щодо кількісного розвитку фітопланктону та вмісту біогенних елементів у воді верхньої частини Канівського водосховища встановлено, що між концентрацією розчиненого неорганічного фосфору існує прямий кореляційний зв'язок із кількістю видів ($r=0,46$; $p=0,001$; $n=64$), чисельністю ($r=0,42$; $p=0,003$; $n=64$) та біомасою ($r=0,47$; $p=0,001$; $n=64$) фітопланктону. Водночас, для неорганічного азоту нами відмічена зворотна тенденція із чисельністю та біомасою планктонних водоростей ($r=-0,11$; $p=0,09$ та $r=-0,20$; $p=0,07$ відповідно).

З літературних даних відомо [56, 57], що вегетація планктонних водоростей забезпечується відповідними концентраціями неорганічного азоту та фосфору із яких формується новоутворена органічна речовина.

Тому на початкових етапах функціонування фітопланктону відбувається процес накопичення $N_{\text{неорг}}$ і $P_{\text{неорг}}$ клітинами водоростей для подальшого їх росту. Відповідно простежується певна часова диспропорція між вмістом біогенів у воді та біомасою фітопланктону.

Враховуючи те, що сезонна динаміка розвитку фітопланктону дещо «відстає» по відношенню до динаміки біогенних елементів, ми погоджуємося із думкою А.В. Курейшевич [81] та для репрезентативного графічного зображення зіставляли біомасу фітопланктону в день відбору із вмістом неорганічного азоту та фосфору за попередній відбір і т. д. Вважаємо таке співставлення цілком обґрунтованим, адже спочатку відбувається зменшення концентрації неорганічного азоту і фосфору у воді і тільки через певний проміжок часу спостерігається зростання показників біомаси мікрowodоростей.

Узагальнення отриманих нами даних щодо сезонної динаміки вмісту неорганічного азоту і фосфору у воді верхньої частини Канівського водосховища дозволило виявити декілька фаз розвитку фітопланктону. Так, зимовий період характеризувався низьким кількісним розвитком фітопланктону та високими концентраціями неорганічного азоту та фосфору у воді (рис. 7.14). З початком збільшення біомаси планктонних водоростей навесні, спостерігалось поступове зниження вмісту $N_{\text{неорг}}$ та $P_{\text{неорг}}$ у воді до мінімальних їх значень на початку літа. Подальший розвиток фітопланктону характеризувався зниженням його біомаси на фоні якого відбувалося зростання концентрацій азоту та фосфору у воді, що, на наш погляд, може бути пов'язано із відмиранням весняних форм водоростей.

У серпні за максимальних кількісних показників розвитку фітопланктону зареєстровано зростання неорганічного фосфору у воді, тоді як концентрація неорганічного азоту в цей час була мінімальною. Таке збільшення вмісту $P_{\text{неорг}}$ у воді верхньої частини Канівського водосховища у літній період цілком узгоджується із літературними даними

[75, 171, 209] та на думку дослідників пов'язано як із аллохтонним надходженням сполук фосфору зі стічними та побутово-господарськими водами [171], так і внаслідок життєдіяльності планктонних водоростей, здатних виділяти різні сполуки фосфору [20].

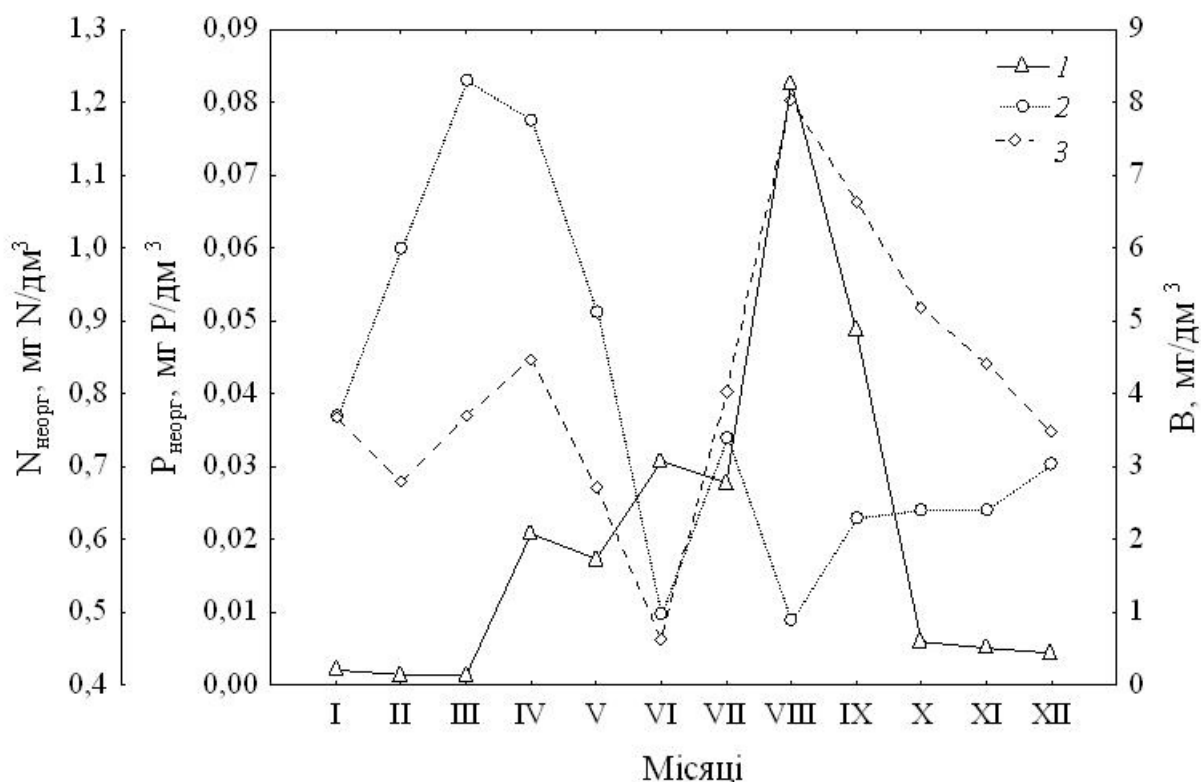


Рис. 7.14. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону (V , 1) та неорганічного азоту ($N_{\text{неорг}}$, 2) і фосфору ($P_{\text{неорг}}$, 3) у воді (середні значення за 2010–2012 рр.).

В осінній період кількісний розвиток фітопланктону знижувався, а концентрація $P_{\text{неорг}}$ зменшувалась, тоді як вміст неорганічного азоту у воді збільшувався, формуючи осінньо-зимовий максимум.

Не менш важливим показником, який здатен впливати на кількісний розвиток та видовий склад фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища є відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$. На прикладі дніпровських водосховищ показано [116], що за мінімального антропогенного

навантаження на водну екосистему первинна продукція фітопланктону зазвичай лімітується фосфором при величині відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ більше 15, а у водоймах зі значним антропогенним впливом, даний показник становить менше 15. При цьому оптимальним для розвитку фітопланктону вважається співвідношення азоту до фосфору близько 15–20 до 1.

Аналіз сезонної динаміки величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ та біомаси фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища показав, що у зимовий – ранньовесняний та пізньоосінній періоди, коли розвиток фітопланктону найменший, відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ досягає найвищих значень (близько 54–63), що вказує на надлишок неорганічного азоту у воді (рис. 7.15). Зростання біомаси фітопланктону в теплий період року супроводжувалося зниженням відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ до мінімальних його значень влітку (близько 6), що свідчить про лімітування розвитку водоростей по азоту.

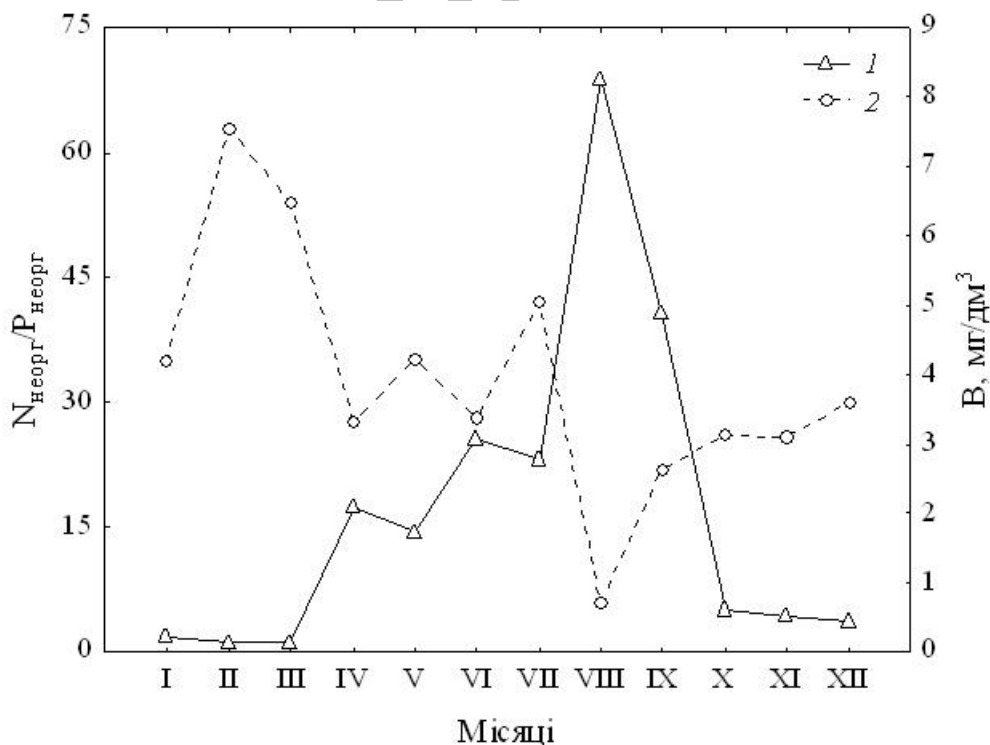


Рис. 7.15. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону (V , 1) та величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ (2) (середні значення за 2010–2012 рр.).

Встановлено, що максимальний пік біомаси фітопланктону реєструвався за мінімальної величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ та визначався активною вегетацією представників Cyanophyta, які згідно літературних даних [81] за низьких концентрацій неорганічного азоту у воді здатні фіксувати молекулярний азот із повітря. Подальше зниження кількісних показників розвитку фітопланктону в осінній період супроводжувалось зростанням величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ до 30–35.

В цілому, порівняльний аналіз отриманих даних із літературними за минуле століття [116] свідчить про суттєве зниження величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ на сучасному етапі існування Канівського водосховища, що дозволяє говорити про зменшення лімітуючої ролі неорганічного фосфору на розвиток фітопланктону.

* * *

Отже, аналіз та узагальнення отриманих даних встановили статистично достовірний прямий кореляційний зв'язок якісних та кількісних показників розвитку фітопланктону із сумарною сонячною радіацією, температурою води, насиченням води киснем, вмістом неорганічного фосфору та обернений – із прозорістю води і вмістом розчиненого кремнію у воді. Відмічена зворотна тенденція для неорганічного азоту із чисельністю та біомасою фітопланктону, що свідчить про суттєвий вплив інших екологічних чинників на формування структури та кількісного розвитку планктонних водоростей.

Показано, що за максимальних значень сумарної сонячної радіації та аномально високих температур води відбувається зниження видового багатства фітопланктону та змінюється його структура. Водночас, відмічається збільшення чисельності та біомаси фітопланктону, що, очевидно, зумовлено відмінними оптимумами розвитку різних видів водоростей та підтверджується результатами кластерного аналізу за коефіцієнтом Серенсена.

Встановлено, що найбільших показників кількісного розвитку зелені та діатомові водорості досягали у інтервалі температур близько 22,0–23,0°C. Підвищення температури води до аномально високих значень ($\geq 25,0^\circ$) супроводжувалося суттєвим зменшенням біомаси Bacillariophyta і Chlorophyta та збільшенням – Cyanophyta, які згідно [66, 100] більш адаптовані до високих температур води.

Сезонна динаміка біомаси фітопланктону характеризується певною протифазою по відношенню до динаміки вмісту неорганічного азоту та розчиненого кремнію у воді. Водночас, відмічений прямий кореляційний зв'язок між кількісним розвитком планктонних водоростей та вмістом неорганічного фосфору у воді. Отримані величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ свідчать, що на сьогодні неорганічний фосфор не є чинником, який може лімітувати розвиток фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено видове багатство, чисельність, біомаса та домінуючий комплекс фітопланктону в лотичних та лентичних умовах верхньої частини Канівського водосховища, а також виявлені основні екологічні чинники, які впливають на його розвиток.
2. Фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища представлений 235 видами (316 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом виду включно) із 124 родів, 32 порядків, 13 класів та 8 відділів. Показано подібність та відмінність у співвідношенні провідних відділів, класів, порядків та родів фітопланктону лотичних і лентичних умов. При цьому таксономічне різноманіття планктонних водоростей у лентичних умовах вище, ніж у лотичних.
3. Встановлено, що підвищення середньомісячних температур води збільшує тривалість літнього та осіннього періодів вегетації фітопланктону. Відгуком водоростей є декілька підйомів їх біомаси, які характеризуються різним домінуючим комплексом видів.
4. Динаміка розвитку домінуючих видів засвідчила значну роль діатомей у біомасі фітопланктону в усі сезони року, тоді як представники зелених та синьозелених водоростей інтенсивно розвивались влітку.
5. Вертикальний розподіл кількості видів, чисельності та біомаси фітопланктону характеризувався оберненою стратифікацією в зимовий період, прямою – в літній і відносною гомогенністю по всій водній товщі навесні та восени.
6. У лентичних умовах частка діатомових водоростей у видовому багатстві фітопланктону, його чисельності та біомасі збільшувалася із глибиною, тоді як зелених і синьозелених, навпаки, зменшувалася. У придонних горизонтах склад домінуючого комплексу протягом року формували представники Bacillariophyta, тоді як у приповерхневих –

окрім діатомей, синьозелені та динофітові водорості, які активно вегетують у літній період.

7. За аномально високих температур води в літній період видове багатство фітопланктону в лотичних та лентичних умовах зменшувалось удвічі, тоді як кількісні показники розвитку, навпаки, збільшувалися.
8. Встановлено, що найбільшої кількості видів, чисельності та біомаси Bacillariophyta і Chlorophyta досягали за температур води близько 22,0–23,0°C. Підвищення температури води порівняно із середніми багаторічними даними (20,9–21,2°C) до аномально високих значень ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) зумовлює зниження розвитку зелених та діатомових водоростей. Водночас, не відмічено негативного впливу високих температур води на кількісні показники розвитку Cyanophyta.
9. У лентичних умовах за температур води, які перевищують середні багаторічні дані, максимум чисельності фітопланктону реєструвався в поверхневому горизонті (викликаний інтенсивним розвитком синьозелених водоростей), тоді як біомаси – на глибині близько 2,0 м (за рахунок діатомових та динофітових).
10. Виявлено статистично достовірний прямий кореляційний зв'язок між кількістю видів, чисельністю, біомасою фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища і сонячною радіацією, температурою води, насичення води киснем, вмістом розчиненого неорганічного фосфору та обернений із прозорістю води, вмістом розчиненого у воді кремнію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абашина С. М. Термічний режим Дніпра і Дніпровських водосховищ / С. М. Абашина, В. І. Вишневський, А. М. Заводцова [та ін.] // Праці центральної геофізичної обсерваторії. – К. : Інтерпрес ЛТД, 2008. – Вип. 4 (18). – С. 16–23.
2. Авакян А. Б. Водохранилища гидроэлектростанций СССР / А. Б. Авакян, В. А. Шарапов. – [2-е изд.]. – М. : Энергия, 1968. – 384 с.
3. Авакян А. Б. Водохранилища гидроэлектростанций СССР / А. Б. Авакян, В. А. Шарапов. – [3-е изд.]. – М. : Энергия, 1977. – 399 с.
4. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 151 с.
5. Аналітична хімія поверхневих вод / Б. Й. Набиванець, В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Ю. Б. Набиванець. – К. : Наук. думка, 2007. – 456 с.
6. Асаул З. І. Визначник евгленових водоростей Української РСР / З. І. Асаул. – К. : Наук. думка, 1975. – 407 с.
7. Бабіченко В. М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століття / В. М. Бабіченко, Н. В. Ніколаєва, Л. М. Гущина // Укр. геогр. журн. – 2007. – № 4. – С. 3–12.
8. Баженова О. П. Фитопланктон Енисея (видовой состав, структура, продуктивность) : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.18 «Гидробиология» / О. П.Баженова. – Минск, 1992. – 20 с.
9. Барінова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Барінова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio Publ. House, 2006. – 498 с.
10. Барінова С. С. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды / С. С. Барінова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – М. : ВНИИ природы, 2000. – 150 с.

- 11.Береза В. Д. К изучению фитопланктона р. Днепр в районе г. Киева / В. Д. Береза // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. – К. : Наук. думка, 1975. – С. 69–71.
- 12.Беспалько С. М. Аллелопатическое влияние высших водных растений на фотосинтетическую активность водорослей / С. М. Беспалько, В. Д. Паламарчук, А. И. Сакевич // Альгология. – 1995. – Т. 3, № 3. – С. 256–262.
- 13.Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA / В. П. Боровиков. – М. : КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
- 14.Брянцева Ю. В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря / Ю. В. Брянцева, А. М. Лях, А. В. Сергеева. – Севастополь, 2005. – 25 с.
- 15.Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов / В. В. Бульон. – Л. : Наука, 1983. – 150 с.
- 16.Бухтиярова Л. Н. Bacillariophyta в биомониторинге речных экосистем. Современное состояние и перспективы использования / Л. Н. Бухтиярова // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 89–103.
- 17.Вандюк Н. С. Динаміка температурних характеристик водних мас Канівського водосховища / Н. С. Вандюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 83–88.
- 18.Вандюк Н. С. Тепловий фактор функціонування екосистеми Канівського водосховища : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / Н. С. Вандюк. – К., 2012. – 20 с.
- 19.Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – Л. : Наука, 1969. – 232 с.
- 20.Васильчук Т. А. Динамика содержания биогенных и органических веществ в некоторых притоках Днепра и ее связь с развитием фитопланктона / Т. А. Васильчук, П. Д. Клоченко // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 1. – С. 36–47.

- 21.Вишневський В. І. Дніпро біля Києва / В. І. Вишневський. – К. : Інтерпрес ЛТД, Ніка-Центр, 2005. – 92 с.
- 22.Водоросли: Справочник / [под ред. С. П. Вассера, Н. В. Кондратьевой, Н. П. Масюк] – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
- 23.Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / [под. ред. Г. В. Воропаева, А. Б. Авакяна] – М. : Наука, 1986. – 367 с.
- 24.Волошко Л. Н. Динамика фитопланктона в нижней Волге и основных протоках ее дельты / Л. Н. Волошко // Гидробиол. журн. – 1972. – Т. 8, № 3. – С. 28–33.
- 25.Гавришова Н. А. Бактерио- и фитопланктон киевского участка Каневского водохранилища в период его становления / Н. А. Гавришова, Л. Н. Черницкая // Гидробиол. журн. – 1980. – Т. 16, № 4. – С. 10–19.
26. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов / Л. А. Сиренко, Н. Ю. Евтушенко, Ф. Я. Комаровский [и др.] ; под ред. Л. П. Брагинского – К. : Наук. думка, 1992. – 356 с.
- 27.Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А. И. Денисова, В. М. Тимченко, Е. П. Нахшина [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 216 с.
- 28.Голлербах М. М. Пресноводные водоросли и их изучение. Вып. 1 / М. М. Голлербах, В. И. Полянский. – М. : Изд-во «Советская наука», 1951. – 200 с.
- 29.Горкавий В. К. Математична статистика: Навчальний посібник / В. К. Горкавий, В. В. Ярова. – К. : ВД «Професіонал», 2004, – 384 с.
- 30.Горюнова С. В. Прижизненные выделения водорослей, их физиологическая роль и влияние на общий режим водоемов / С. В. Горюнова // Гидробиол. журн. – 1966. – Т. 2, № 4. – С. 80–88.
- 31.Гусева К. А. О влиянии высшей водной растительности на развитие планктонных синезеленых водорослей / К. А. Гусева, С. П. Гончарова // Экология и физиология синезеленых водорослей. – М. ; Л. : Наука, 1965. – С. 230–234.

32. Гусева К. А. Причины периодичности в развитии фитопланктона в водоеме / К. А. Гусева // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Серия : Биология. – 1947. – 52. – С. 49–62.
33. Гусева К. А. Цветение воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним / К. А. Гусева // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – 1952. – Т. 4. – С. 3–92.
34. Девяткин В. Г. Влияние гидрометеорологических факторов на внутрисезонную сукцессию литорального фитопланктона Рыбинского водохранилища / В. Г. Девяткин // Поволжский экологический журн. – 2011. – № 4. – С. 421–430.
35. Девяткин В. Г. О связи некоторых характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища с активностью магнитного поля Земли / В. Г. Девяткин, Б. И. Клайн, Н. М. Шихова // Биология внутренних вод. – 2004. – № 3. – С. 53–60.
36. Девяткин В. Г. Связь некоторых характеристик водных экосистем с активностью геомагнитного поля / В. Г. Девяткин, Б. И. Клайн, П. А. Вайновский // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 26, № 3. – С. 326–333.
37. Девяткин В. Г. Влияние температуры воды на структурные и функциональные характеристики литорального фитопланктона: Влияние температуры и солнечной радиации / В. Г. Девяткин, И. В. Митропольская, Н. Ю. Метелева // Вестник Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. Серия 2. – 2009. – № 2 (82). – С. 129–134.
38. Девяткин В. Г. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов / В. Г. Девяткин, И. В. Митропольская // Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2002. – С. 5–22.
39. Девяткин В. Г. Гидрофизические факторы продуктивности литорального фитопланктона: корреляционные связи между гидрофизическими

- факторами и продуктивностью фитопланктона / В. Г. Девяткин, Н. Ю. Метелева, И. В. Митропольская // Биология внутренних вод. – 2000. – № 3. – С. 42–51.
40. Девяткин В. Г. Динамика видового разнообразия фитопланктона в зависимости от некоторых экологических факторов / В. Г. Девяткин, И. В. Митропольская, Н. Ю. Метелева // Биология внутренних вод. – 1997. – № 2. – С. 5–12.
41. Дедусенко-Щеголева Н. Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. Желтозеленые водоросли – Xanthophyta / Н. Т. Дедусенко-Щеголева, М. М. Голлербах. – Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1962. – 272 с.
42. Дедусенко-Щеголева Н. Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зеленые водоросли. Класс Вольвоксовые / Н. Т. Дедусенко-Щеголева, А. М. Матвиенко, Л. А. Шкорбатов. – Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – 230 с.
43. Денисова А. И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А. И. Денисова. – Киев : Наук. думка, 1979. – 290 с.
44. Державний водний кадастр. Щорічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. – Ч. 2. Озера та водосховища, Т. 2, Вип. II. Басейн Дніпра. – К. : ЦГО, 2000–2012. – 341 с.
45. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 2, вып. 1 / [под. ред. З. И. Глезер, И. В. Макарова, А. И. Моисеева, В. А. Николаев]. – Л. : Наука, 1988. – 116 с.
46. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 2, вып. 2 / [под. ред. З. И. Глезер, И. В. Макарова, А. И. Моисеева, В. А. Николаев]. – Спб. : Наука, 1992. – 125 с.
47. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату : причини, наслідки, дії / Я. П. Дідух // Вісн. НАН України. – 2009. – № 2. – С. 34–44.

48. Донная растительность речного участка Каневского водохранилища / Оксенок О. П., О. А. Давыдов, Т. Н. Дьяченко [и др.]. – Киев : Ин-т гидробиол. НАНУ, 2005. – 40 с.
49. Евстафьева В. К. Природа явления мелозирных лет в озере Байкал / В. К. Евстафьева, Н. А. Бондаренко // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 1. – С. 3–12.
50. Єремєєв В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Єремєєв, В. Єфімов // Вісник НАН України. – 2003. – № 2. – С. 14–19.
51. Жданова Г. А. Значение водорослей и бактерий в питании зоопланктёров-фильтраторов Киевского водохранилища / Г. А. Жданова, В. И. Щербак, Т. В. Головки // Гидробиол. журн. – Киев, 1986. – 10 с. Деп. в ВИНТИ 10.12.86 г., №8419-B86 Деп.
52. Жуков Б. Ф. К вопросу о взаимоотношении зоофлагеллят, водорослей, и бактерий. / Б. Ф. Жуков, И. М. Балонов, С. Н. Ягодка // Гидробиол. журн. – 1975. – Т. 11, № 4. – С. 88–93.
53. Запара Е. В. Динамика лабораторных и природных сообществ планктонных водорослей в зависимости от обеспеченности органическим и минеральным азотом: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.18 «Гидробиология» / Е. В. Запара. – М., 2009. – 22 с.
54. Иванова Е. А. Динамика и функциональная роль фитопланктона в экосистемах водохранилищ бассейна Верхнего Енисея : автореф. дис. на соискание учен. степени док. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Е. А. Иванова. – Красноярск, 2004. – 32 с.
55. Кирпенко Н. И. Аллелопатическое взаимодействие пресноводных водорослей / Н. И. Кирпенко. – К. : Наук. думка, 2013. – 252 с.
56. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов / И. А. Киселев. – Л. : Наука, 1969. – Т. 1. – 358 с.

57. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Распределение, сезонная динамика, питание и значение / И. А. Киселев – Л. : Наука, 1980. – Т. 2. – 440 с.
58. Кірпенко Н. І. Біологічно активні речовини водяних рослин як екологічний чинник / Н. І. Кірпенко // Наукові записки Тернопіль. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спец. випуск : Гідроекологія. – 2005. – № 3 (26). – С. 204–206.
59. Клімат Києва / [за ред. В. І. Осадчого, О. О. Косовця, В. М. Бабінченко]. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 320 с.
60. Клімат України / [за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабінченко]. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
61. Кожова О. М. Экология *Didimosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smidt (Bacillariophyta) в озере Байкал / О. М. Кожова, Л. А. Ижболдина, И. К. Бокова // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 2. – С. 132–139.
62. Кожова О. М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища / О. М. Кожова // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. – М., 1970. – С. 26–161.
63. Козицкая В. Н. Влияние экологических факторов (освещение, температура) на рост водорослей (Обзор) / В. Н. Козицкая // Гидробиол. журн., 1989. – Т. 25, № 6. – С. 55–70.
64. Козицкая В. Н. Изменение ростовых характеристик фитопланктона под влиянием светового и температурного факторов / В. Н. Козицкая // Гидробиол. журн. – 1990. – Т. 26, № 6. – С. 42–49.
65. Козицкая В. Н. Ингибирующие вещества продуцируемые некоторыми Cyanophyta / В. Н. Козицкая // Гидробиол. журн. – 1984. – Т. 20, № 2. – С. 51–56.
66. Козицкая В. Н. Влияние температурного фактора на рост и размножение водорослей с различными типами пигментных систем / В. Н. Козицкая // Гидробиол. журн. – 1991. – Т. 27, № 5. – С. 62–70.

- 67.Кондратьєва Н. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 2. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Клас Гормогонієві – Nostomogoniophyceae / Н. В. Кондратьєва. – К. : Наук. думка, 1968. – 524 с.
- 68.Кондратьєва Н. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Ч. 1. Загальна характеристика синьозелених водоростей – Cyanophyta. Клас Хроококові – Chroococcophyceae. Клас Хамесифонові – Chamaesiphonophyceae / Н. В. Кондратьєва, О. В. Коваленко, Л. П. Приходькова. – К. : Наук. думка, 1984. – 388 с.
- 69.Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высшая школа, 1986. – 472 с.
- 70.Корнева Л. Г. Современное состояние фитопланктона водохранилищ Верхней Волги / Л. Г. Корнева // Биологические ресурсы, их состояние и использование в бассейне Верхней Волги. – Ярославль : Изд-во ЯрГУ, 1999. – С. 81–90.
- 71.Корнева Л. Г. Фитопланктон / Л. Г. Корнева // Современное состояние экосистем Шекснинского водохранилища. – Ярославль : Изд-во ЯрГУ, 2002. – С. 90–105.
- 72.Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.17 «Гидробиология» / Л. Г. Корнева. – Санкт-Петербург, 2009. – 47 с.
- 73.Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 4. Volvocineae / О. А. Коршиков. – К. : Вид-во Акад. наук УРСР, 1938. – 184 с.
- 74.Косовець О. О. Кліматичні рекорди столиці України / О. О. Косовець, О. А. Доніч // Праці Центральної геофізичної обсерваторії. – К. : Інтерпрес ЛТД, 2014. – Вип. 10 (24). – С. 79–81.

75. Курейшевич А. В. «Отклик» фитопланктона днепровских водохранилищ на увеличение содержания в воде азота и фосфора / А. В. Курейшевич // Гидробиол. журн. – 2005. – Т. 41, № 4. – С. 3–23.
76. Курейшевич А. В. Влияние светового и температурного режимов на содержание хлорофилла *a* в биомассе микроводорослей / А. В. Курейшевич, В. Н. Козицкая // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 3. – С. 37–43.
77. Курейшевич А. В. Влияние фитопланктона на формирование pH воды (на примере днепровских водохранилищ) / А. В. Курейшевич, Л. А. Сиренко // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30, № 2. – С. 7–22.
78. Курейшевич А. В. Зависимость многолетней динамики содержания хлорофилла *a* в планктоне днепровских водохранилищ от суммарной солнечной радиации и активности Солнца / А. В. Курейшевич // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 3. – С. 16–29.
79. Курейшевич А. В. Минерализация воды как фактор, определяющий развитие фитопланктона и содержание в нём фотосинтезирующих пигментов / А. В. Курейшевич, А. А. Морозова, А. В. Шуляренко [и др.]. // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 8, № 5. – С. 32–46.
80. Курейшевич А. В. Оценка соотношения между содержанием хлорофилла *a* и общего фосфора в воде днепровских водохранилищ / А. В. Курейшевич, В. А. Медведь // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 35–47.
81. Курейшевич А. В. Связь между содержанием хлорофилла *a* и концентрацией биогенных веществ в воде днепровских водохранилищ / А. В. Курейшевич, Л. А. Журавлева // Гидробиол. журн. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 75–83.
82. Ляшенко О. А. Сезонная динамика и многолетние изменения фитопланктона и содержание хлорофилла в Угличском водохранилище / О. А. Ляшенко // Биология внутренних вод. – 2000. – № 3. – С. 52–61.

83. Майстрова Н. В. Різноманітність фітопланктону Київського водосховища / Н. В. Майстрова // Укр. ботан. журн. – 2009. – Т. 66, № 2. – С. 220–233.
84. Майстрова Н. В. Новые флористические находки в планктоне Каневского водохранилища / Н. В. Майстрова // Альгология. – 2002. – Т. 12, № 4. – С. 451–459.
85. Майстрова Н. В. Структура фітопланктону київської ділянки Канівського водоймища / Н. В. Майстрова // Наукові записки Тернопіль. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спец. випуск : Гідроекологія. – 2001. – № 3 (14). – С. 63–64.
86. Майстрова Н. В. Сукцесія фітопланктону Канівського водосховища : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.17 «Гідробиологія» / Н. В. Майстрова. – К., 2003. – 21 с.
87. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
88. Маринич О. М. Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – [3-тє вид.]. – К. : Т-во «Знання», 2006. – 511 с.
89. Матвієнко О. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 3, ч. 1. Золотисті водорості – Chrysophyta / О. М. Матвієнко. – К. : Наук. думка, 1965. – 368 с.
90. Матвієнко О. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 3, ч. 2. Пірофітові водорості – Pyrrophyta / О. М. Матвієнко, Р. М. Литвиненко. – К. : Наук. думка, 1977. – 512 с.
91. Матвієнко О. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 10. Жовтозелені водорості – Xanthophyta / О. М. Матвієнко, Т. В. Догадіна. – К. : Наук. думка, 1978. – 512 с.
92. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко [та ін.] ; за ред. В. Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробиології. – К. : ЛОГОС, 2006. – 408 с.
93. Минеева Н. М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги / Н. М. Минеева. – Ярославль : Принтхаус, 2009. – 279 с.

94. Миркин Б. М. Современная наука о растительности: Учебник / Б. М. Миркин, А. Г. Наумова, А. И. Соломещ – М. : Логос, 2001. – 264 с.
95. Миркин Б. М. Толковый словарь современной фитоценологии / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг. – М. : Наука, 1983. – 136 с.
96. Митропольская И. В. Структура и динамика фитопланктона Рыбинского водохранилища : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.18 «Гидробиология» / И. В. Митропольская. – М., 2010. – 27 с.
97. Михеева Т. М. Сукцессия видов в фитопланктоне: определяющие факторы / Т. М. Михеева. – Минск : Изд-во БГУ, 1983. – 72 с.
98. Мошкова Н. О. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые / Н. О. Мошкова, М. М. Голлербах. – Л. : Наука, 1986. – 360 с.
99. Наumenко Ю. В. Фитопланктон реки Оби : автореф. дис. на соискание учен. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Ю. В. Наumenко. – Новосибирск, 1996. – 33 с.
100. Незбрицкая И. Н. Механизмы резистентности водорослей к высоким температурам (обзор) / И. Н. Незбрицкая, А. В. Курейшевич // Гидробиол. журн. – 2013. – Т. 49, № 6. – С. 37–55.
101. Новиков Б. И. Влияние некоторых гидрометеорологических факторов на «цветение» воды в водохранилищах / Б. И. Новиков // Метеорология и гидрология. – 1980. – № 5. – С. 94–97.
102. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
103. Одум Ю. Экология / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – 210 с.
104. Оксiюк О. П. Особенности фитопланктона киевского участка Каневского водохранилища в зависимости от режима работы Киевской ГЭС / О. П. Оксiюк, О. А. Давыдов, Г. В. Меленчук [и др.]. // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36, № 1. – С. 29–38.
105. Оксiюк О. П. Формирование видового разнообразия фитопланктона на речных участках днепровских водохранилищ / О. П. Оксiюк,

- О. А. Давыдов, Т. Н. Дьяченко [и др.]. // Альгология. – 2005. – Т. 15, №1. – С. 78–85.
106. Осадчий В. І. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату / В. І. Осадчий, В. М. Бабіченко // Укр. геогр. журн. – 2013. – № 4. – С. 32–39.
107. Охапкин А. Г. Фитопланктон Горьковского водохранилища / А. Г. Охапкин, И. А. Микульчик, Л. Г. Корнева [и др.]. – Тольятти : Самарский науч. центр, 1997. – 224 с.
108. Охапкин А. Г. Таксономическая структура фитопланктона как показатель стадии сукцессии равнинных водохранилищ / А. Г. Охапкин // Ботан. журн. – 1997. – Т. 82, № 1. – С. 46–54.
109. Охапкин А. Г. Экология массовых видов диатомовых водорослей планктона водотоков бассейна средней Волги: виды родов *Aulacoseira* Thw., *Melosira* Ag., *Cyclotella* Kutz., *Cyclostephanos* Round, *Skeletonema* Grev., пеннатные диатомеи / А. Г. Охапкин, С. И. Генкал // Биол. внутр. вод. – 2001. – № 1. – С. 27–35.
110. Паламар–Мордвинцева Г. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 8, ч. 1. Кон'югати – *Conjugatophyceae*. Мезотенієві – *Mesotaeniales*, гонатозигові – *Gonatozygales*, десмідієві – *Desmidiales* / Г. М. Паламар–Мордвинцева. – К. : Наук. думка, 1984. – 512 с.
111. Паламарь–Мордвинцева Г. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11 (2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые / Г. М. Паламарь–Мордвинцева. – Л. : Наука, 1982. – 620 с.
112. Пикуш Н. В. Гідрологічні дослідження водосховищ на Дніпрі / Н. В. Пикуш // Вісн. АН УРСР. – 1975. – № 2. – С. 59–64.
113. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду / А. В. Яцик, А. І. Томільцева, М. Г. Томільцев [та ін.]. – К. : Генеза, 2003. – 176 с.
114. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду / А. В. Яцик, А. І. Томільцева, М. В. Яцик [та ін.]. – К. : Генеза, 2001. – 180 с.

115. Приймаченко А. Д. Фитопланктон Днепра на участке будущего Каневского водохранилища / А. Д. Приймаченко, Л. К. Тутык // Гидробиол. журн. – 1971. – Т. 7, № 4. – С. 31–42.
116. Приймаченко А. Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ / А. Д. Приймаченко. – Киев : Наук. думка, 1981. – 278 с.
117. Пырина И. Л. Определение первичной продукции по максимальному фотосинтезу, суммарной солнечной радиации и прозрачности воды / И. Л. Пырина // Гидробиол. журн. – 1979. – Т. 15, №6. – С. 109–113.
118. Радзимовський Д. О. Фітопланктон середньої течії р. Дніпра / Д. О. Радзимовський // Зб. пр. Дніпров. біол. ст. – 1930. – № 5. – С. 403–411.
119. Разнообразие водорослей Украины / [под. ред. С. П. Вассера, П. М. Царенка] // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 4. – 309 с.
120. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Л. А. Сиренко, И. Л. Корелякова, Л. Е. Михайленко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 232 с.
121. Ролл Я. В. До вивчення фітопланктону середньої течії Дніпра / Я. В. Ролл // Зб. праць Дніпр. біол. ст. – К., 1930. – С. 45–72.
122. Ролл Я. В. Планктон среднего Днепра в связи с прогнозом Кременчугского водохранилища / Я. В. Ролл, Б. М. Марковский // Зоол. журн. – 1955. – Т. 34. – С. 506–577.
123. Ролл Я. В. Фітопланктон річок Дніпра за складом його фітопланктону / Я. В. Ролл // Вісті АН УРСР. – 1940. – № 10. – С. 48–58.
124. Рундіна Л. О. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 8, ч. 3. Кон'югати – Conjugatophyceae. Зигнемові – Zygnematales / Л. О. Рундіна. – К. : Наук. думка, 1988. – 204 с.
125. Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко. – К., 2008. – 342 с.

126. Саут Р. Основы альгологии : пер. с англ. / Р. Саут, А. Уиттик. – М. : Мир, 1990. – 597 с.
127. Семенова Л. А. Многолетние исследования фитопланктона нижней Оби / Л. А. Семенова // Весник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – Вып. 3. – С. 163–173.
128. Сеничкина Л. Г. К методике вычисления объемов клеток планктонных водорослей / Л. Г. Сеничкина // Гидробиол. журн. – 1978. – Т. 14, № 5. – С. 102–105.
129. Сеничкина Л. Г. Объемные характеристики овальных и конических форм клеток плактонных водорослей / Л. Г. Сеничкина // Гидробиол. журн. – 1995. Т. 31, № 2. – С. 103–108.
130. Сиделев С. И. Сукцессия фитопланктона высокоэвтрофного озера Неро : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.02.08 «Экология» / С. И. Сиделев. – Борок, 2010. – 27 с.
131. Сиренко Л. А. Активность Солнца и «цветение» воды / Л. А. Сиренко // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 3–10.
132. Сиренко Л. А. Биологические активные вещества водорослей и качество воды / Л. А. Сиренко, В. Н. Козицкая. – Киев : Наук. думка, 1988. – 256 с.
133. Сиренко Л. А. Особенности развития фитопланктона верхнего и нижнего участков зарегулированной реки (на примере Днепра) / Л. А. Сиренко, А. В. Курейшевич, В. А. Медведь // Гидробиол. журн. – 1997. – Т. 33, № 2. – С. 47–56.
134. Сиренко Л. А. Токсичность водорослей и трудности ее обнаружения в природной воде (обзор) / Л. А. Сиренко, Т. В. Паршикова // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 5. – С. 48–58.
135. Состояние экосистемы Киевского участка Каневского водохранилища и пути его регулирования / О. П. Оксуюк, В. М. Тимченко, О. А. Давыдов [и др.]. – Киев : Ин-т гидробиологии НАНУ, 1999. – 60 с.

136. Таблица актинометрических наблюдений, станция Бориполь. – К. : ЦГО, 2010–2012. – 83 с.
137. Тарасова О. М. Фитопланктон водохранилищ днепровского каскада / О. М. Тарасова // Рыбное хозяйство. – Киев : Урожай, 1983. – № 37. – С. 52–56.
138. Тимченко В. М. Сменяемость воды в водоемах Киева / В. М. Тимченко, С. В. Дараган // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – Київ, 2014. – Т. 4. – С. 49–57.
139. Тимченко В. М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В. М. Тимченко. – Киев : Наук. думка, 2006. – 383 с.
140. Тимченко В. М. Экологические аспекты водного режима Киевского участка Каневского водохранилища / В. М. Тимченко, С. С. Дубняк // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36, № 3. – С. 57–67.
141. Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк. – Киев : Вища шк., 1984. – 334 с.
142. Топачевський О. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 11. Діатомові водорості – Bacillariophyta (Diatomeae) / О. В. Топачевський, О. П. Оксіюк. – К. : Вид-во Акад. наук УРСР, 1960. – 412 с.
143. Топачевський О. В. Діатомові планктону Дніпра / О. В. Топачевський // Ботан. журн. – 1941. – Т. 2, № 1. – С. 97–129.
144. Трифонова И. С. Сезонная и основная сукцессия озерного фитопланктона / И. С. Трифонова // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22, № 3. – С. 21–28.
145. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс] : www.meteo.gov.ua/
146. Фитопланктон Нижней Волги. Водоохранилища и низовье реки / [под. ред. И. С. Трифоновой]. – Спб. : Наука, 2003. – 232 с.
147. Халиуллина Л. Ю. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона в зависимости от меняющегося уровня режима Куйбышевского

- водохранилища / Л. Ю. Халиуллина // IX съезд Гидробиологического общества РАН: Тез. докладов. Т. 2.– Тольятти, 2006. – С. 219.
148. Халиуллина Л. Ю. Структура сообществ фитопланктона мелководий Волжского и Волжско–Камского плесов Куйбышевского водохранилища : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Л. Ю. Халиуллина. – Казань, 2009. – 25 с.
149. Халиуллина Л. Ю. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона в связи с уровневый режимом Куйбышевского водохранилища / Л. Ю. Халиуллина, В. А. Яковлев, И. И. Халиуллин // Водные ресурсы. – 2009. Т. 36, № 4. – С. 481–487.
150. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
151. Царенко П. М. Дополнение к разнообразию водорослей Украины / П. М. Царенко, О. А. Петлеванный. – К. : Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного НАНУ, 2001. – 130 с.
152. Центральна геофізична обсерваторія [Электронный ресурс] : www.cgo.kiev.ua
153. Черницкая Л. Н. Санитарно–биологическая характеристика р. Днепра на участке Киев–Триполье / Л. Н. Черницкая, Е. Г. Мартынова, Л. Г. Хисамутдинова // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. К. : Наук. думка, 1975. – С. 67–69.
154. Шаларь В. М. Фитопланктон водохранилищ Молдавии / В. М. Шаларь. – Кишинев : Штиинца, 1971. – 204 с.
155. Шкундина Ф. Б. Фитопланктон рек СНГ / Ф. Б. Шкундина. – Уфа: Изд-во Башк. ун-та, 1993. – 219 с.
156. Шмаков В. М. Гидролого-экологические аспекты режима солнечной энергии в водохранилищах днепровского каскада / В. М. Шмаков. – Киев : Наук. думка, 1988. – 167 с.
157. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.

158. Щербак В. И. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка «Нижнесульский», Украина / В. И. Щербак, Н. Е. Семенюк, Н. Я. Рудик–Леуская. – Киев : Фитосоциоцентр, 2014. – 266 с.
159. Щербак В. И. Биоразнообразие Запорожского и Каховского водохранилищ в современной эколого–токсикологической ситуации / В. И. Щербак, Л. В. Емельянова // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 5. – С. 17–25.
160. Щербак В. И. Основные закономерности функционирования фитопланктона после стабилизации днепровских водохранилищ / В. И. Щербак // Наукові записки Тернопіль. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спец. випуск : Гідроекологія. – 2001. – Т. 14, № 3. – С. 106–107.
161. Щербак В. И. Продукционные характеристики доминирующих видов фитопланктона днепровских водохранилищ / В. И. Щербак // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 3. С. 272–280.
162. Щербак В. И. Фитопланктон / И. В. Щербак // Растительность и бактериальное население днестра и его водохранилищ. – Киев : Наук. думка, 1989. – С. 77–90.
163. Щербак В. И. Фитопланктон Каневского водохранилища, приустьевых областей основных притоков и его роль в формировании качества воды / В. И. Щербак, Н. В. Майстрова // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 3. – С. 16–26.
164. Щербак В. И. Фитопланктон притоков Днестра на примере реки Серет и Тернопольского водохранилища (Украина) / В. И. Щербак, О. В. Бондаренко // Альгология. – 2005. – Т. 15, № 3. – С. 302–309.
165. Щербак В. И. Центрические диатомовые водоросли в фитопланктоне Киевского и Каневского водохранилищ / В. И. Щербак, С. И. Генкал, Н. В. Майстрова // Информ. бюл. ИБВВ РАН. – 1992. – № 93. – С. 25–30.

166. Щербак В. І. Вплив гідрологічного режиму на структуру фітопланктону придаткових систем Канівського водосховища / В. І. Щербак, Н. Є. Семенюк // Матер. VII Міжнар. наук.-практич. конф. «Наука і освіта 2004». – Т. 56. Біол. науки. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 77–79.
167. Щербак В. І. Методи досліджень фітопланктону / В. І. Щербак // Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. – К., 2002. – С. 41–47.
168. Щербак В. И. Потребление бактерий и водорослей планктонными ракообразными Киевского водохранилища / В. И. Щербак, Т. В. Головкин, Г. А. Жданова // Гидробиол. журн. – 1983. – Т. 19, № 1. – С. 25–31.
169. Щербак В. И. Сукцесии фитопланктона Каневского водохранилища (Украина) / В. И. Щербак, Н. В. Майстрова // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 1. – С. 44–53.
170. Щербак В. І. Структурно-функціональна характеристика дніпровського фітопланктону : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 03.00.17 «Гідробіологія» / В. І. Щербак. – К., 2000. – 31 с.
171. Щербак В. І. Фітопланктон київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають / В. І. Щербак, Н. В. Майстрова. – К. : Інститут гідробіології НАНУ, 2001. – 70 с.
172. Экологические попуски Киевской ГЭС / О. П. Окснюк, В. М. Тимченко, О. А. Давыдов [и др.]. – Киев : Ин-т гидробиол. НАНУ, 2003. – 72 с.
173. Якушин В. М. Механізми функціонування екосистеми верхньої частини Канівського водоймища / В. М. Якушин, В. І. Щербак, Ю. В. Плігін [та ін.]. // Наукові записки Тернопіль. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спец. випуск : Гідроекологія. – 2001. – № 3 (14). – С. 114–116.
174. Якушин В. М. Оцінка стану біоти Київського водосховища в зимовий період 2010 року / В. М. Якушин, В. І. Щербак, Ю. В. Плігін [та ін.]. //

- Наукові записки Тернопіль. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спец. випуск : Гідроекологія. – 2010. – № 2 (43). – С. 566–569.
175. Akbay N. Seasonal distribution of large phytoplankton in the Keban Dam Reservoir / N. Akbay, N. Anul, S. Yerli [at al.]. // *Journal of Plankton Research*. – 1999. – Vol. 21, N 4. – P. 771–787.
 176. Albay M. Factors influencing the phytoplankton steady states assemblages in a drinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul) / M. Albay, R. Akcaalan // *Hydrobiologia*. – 2003. – N 502. – P. 85–95.
 177. Barinova S. S. Comparative analysis of algal communities of northern and southern Israel as bearing on ecological consequences of climate change / S. S. Barinova, G. Yehuda, E. Nevo // *Journal of Arid Environments*. – 2010. – 74. – P. 765–776.
 178. Biodiversity of Cyanoprocaryotes. Algae and Fungi of Israel. Cyanoprocaryotes and Algae of continental Israel / Ed. by E. Nevo, S. P. Wasser. – Ruggell / Liechtenstein : Gantner Verlag, K.-G., 2000. – 713 p.
 179. Bukaveckas P. A. Inter-annual, seasonal and spatial variability in nutrient limitation of phytoplankton production in a river impoundment / P. A. Bukaveckas, A. S. Crain // *Hydrobiologia*. – 2002. – Vol. 1. – P. 19–31.
 180. Bukhtiyarova L.M. Diatoms of Ukraine. Inland waters. / L. M. Bukhtiyarova – Kyiv, 1999. – 133 p.
 181. Climate change 2007 – impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Ed. By M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof [at al.]. – Cambridge University Press, 2007. – 976 p.
 182. Dzialowski A. R. Nutrient limitation of phytoplankton growth in central plains reservoirs, USA / A. R. Dzialowski, S.-H. Wang, N.-C. Lim [at al.]. // *Journal of Plankton Research*. – 2005. – Vol. 27, N 6. – P. 587–595.
 183. Grover J. P. Seasonal dynamics of phytoplankton in two warm temperate reservoirs: association of taxonomic composition with temperature /

- J. P. Grover, T. H. Chrzanowski // *Journal of Plankton Research*. – 2006. – Vol. 28, N 1. – P. 1–17.
184. Hutchinson G. E. A treatise on limnology. Vol. 2. Introduction to lake biology and the Lim-noplankton / G. E. Hutchinson. – New York; London, 1967. – 1115 p.
185. Kaparapu J. Seasonal Distribution of Phytoplankton in Riwada Reservoir, Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India / J. Kaparapu, M. N. Rao Geddada // *Notulae Scientia Biologicae*. – 2013. Vol. 5, N 3. – P. 290–295.
186. Komarek J. Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales / J. Komarek, B. Fott // *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. – Teil 7, Hälfte 1. – Stuttgart: Schweizerbart, 1983. – 1044 S.
187. Komárková J. Evaluation of the long-term monitoring of phytoplankton assemblages in a canyon shaped reservoir using multivariate statistical methods / J. Komárková, O. Komárek, J. Hejzlar // *Hydrobiologia*. – 2003. – Vol. 504. – P. 143–157.
188. Krammer K. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 2. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1988. – Vol. 2. – 596 S.
189. Krammer K. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 3. – Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. – Vol. 2. – 576 S.
190. Krammer K. Bacillariophyceae: Naviculaceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Teil 1. – Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag, 1986. – Vol. 2. – 876 S.
191. Litchman E. Competition of phytoplankton under fluctuating light / E. Litchman, C. A. Klausmeyer // *Am. Nat.* – 2001. – Vol. 157. – P. 170–187.
192. Mahor R. Diversity & seasonal fluctuation of phytoplankton in fresh water reservoir Ighra Gwalior / R. Mahor, B. Singh // *International Research Journal*. – 2010. – Vol. 1. – P. 51–52.

193. Moreno-Ostos E. The Gulf Stream position influences the functional composition of phytoplankton in EI Gergal reservoir (Spain) / E. Moreno-Ostos, J. M. Blanco, R. L. Palomino-Torres [et al.] // *Limnetica*. – 2012. – Vol. 31 (2). – P. 251–260.
194. Muhid P. Assessing nutrient limitation in a subtropical reservoir / P. Muhid, M. A. Burford // *Inland Waters*. – 2012. – Vol. 2. – P. 185–192.
195. Nagabhushan C. M. The effects of climatic change on the diversity & composition of phytoplankton community in Tungabhadra Reservoir / C. M. Nagabhushan, B. B. Hosetti // *International Journal of Scientific and Research Publications*. – 2012. – Vol. 2 (2). – P. 1–4.
196. Nicklish A. Analysis and modeling of the interactive effects of temperature and light on phytoplankton growth and relevance for the spring bloom / A. Nicklish, T. Shatwell, J. Köhler // *Journal of Plankton Research*. – 2008. – Vol. 30, N 1. – P. 75–91.
197. Nöges P. The Impact of Variations in the Climate on Seasonal Dynamics of Phytoplankton / P. Nöges, R. Adrian, O. Anneville [et al.]. // *Glen George (Aquatic ecology series)*. – 2010. – Vol. 4. – P. 253–274.
198. Reynolds C. S. Temporal scales of variability in pelagic environments and the response of phytoplankton / C. S. Reynolds // *Freshwater Biology*. – 1990. – Vol. 23. – P. 25–53.
199. Reynolds C. S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton / C. S. Reynolds, V. Huszar, C. Kruk [et al.]. // *Journal of Plankton Research*. – 2002. – Vol. 24, N 5. – P. 417–428.
200. Shcherbak V. I. Phytoplankton Spatial and Temporal Dynamics in the Additional Net of the Kiev Section of the Kanev Reservoir / V. I. Shcherbak, A. M. Zadorozhnaya, K. P. Kalenichenko // *Hydrobiological Journal*. – 2014. – Vol. 50, N 3. – P. 3–12.
201. Shcherbak V. I. Seasonal Dynamics of Phytoplankton of the Kiev Section of the Kanev Reservoir / V. I. Shcherbak, A. M. Zadorozhnaya // *Hydrobiological Journal*. – 2013. – Vol. 49, N 4. – P. 26–36.

202. Sommer U. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters / U. Sommer, Z. M. Gliwicz, W. Lampert [et al.] // *Hydrobiologia*. – 1986. – N 106. – P. 433–471.
203. Tilman D. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities* / D. Tilman. – Princeton University Press, 1988. – 360 pp.
204. Tilman D. *Resource Competition and Community Structure* / D. Tilman. – Princeton University Press, 1982. – 296 pp.
205. Vadadi-Fülöp C. Climate change and plankton phenology in freshwater : current trends and future commitments / C. Vadadi-Fülöp, L. Hufnagel // *Journal Limnol.* – 2014. – Vol. 73, N 1. – P. 2–16.
206. Wu J.-T. Alteration of phytoplankton assemblages caused by changes in water hardness in Feitsui Reservoir, Taiwan / J.-T. Wu, L.-C. Kow // *Botanical Studies*. – 2010. – Vol. 51. – P. 521–529.
207. Wu J.-T. Periodicity of phytoplankton in a water reservoir in Northern Taiwan / J.-T. Wu // *Taiwania*. – 1991. – Vol. 36, N 4. – P. 291–302.
208. Zhezherya T. P. The Content and Forms of Silicon Occurrence in the Water of the Kanev Reservoir and Their Dependence on Phytoplankton Development / T. P. Zhezherya, A. M. Zadorozhnaya, P. N. Linnik // *Hydrobiological Journal*. – 2014. – Vol. 50, N 4. – P. 100–109.
209. Zhuravleva L. A. The relationship between chlorophyll a and nutrient concentrations in three reservoirs as an index of the ecological state of the Dnieper river / L. A. Zhuravleva, A. V. Kureishevich // *Arch. hydrobiol.* – 1996. – Suppl. 113, N 1–4. – P. 549–553.
210. Znachor P. Importance of dissolved organic carbon for phytoplankton nutrition in a eutrophic reservoir / P. Znachor, J. Nedoma // *Journal of Plankton Research*. – 2010. – Vol. 32, N 3. – P. 367–376.

Додаток А

Таблиця А.1

**Список водоростей верхньої частини
Канівського водосховища та їх екологічна характеристика**

Таксони	Екологічні характеристики				
	Біотопічна приуроченість	Температурна приуроченість	Реофіліяльність	Галобність	Ацидифікація
1	2	3	4	5	6
CYANOPHYTA					
Chroococcophyceae					
Chroococcales					
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West	P	—	—	hl	—
<i>Aphanothece stagnina</i> (Spreng.) Boye-Pet. et Geitl.	P-B	—	—	hl	ind
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli	P	—	—	i	—
<i>Dactylococcopsis elenkinii</i> Y.V. Roll	—	—	—	—	—
<i>Gloeocapsa minima</i> (Keissl.) Hollerb.	P	—	—	hl	—
<i>Gloeocapsa minor</i> (Kütz.) Hollerb.	—	—	—	—	—
<i>Gloeocapsa turgida</i> (Kütz.) Hollerb.	P-B	—	—	hl	alf
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	P	—	—	i	—
<i>Gomphosphaeria pusilla</i> (Van Coor) Kom.	P	—	—	—	—
<i>Holopedia irregularis</i> Lagerh.	—	—	—	—	—
<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun	P-B	—	—	i	ind
<i>Merismopedia minima</i> Beck.	B	—	—	—	—
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	P-B	—	—	i	ind
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenkin	P	—	—	hl	—
<i>Microcystis grevillei</i> (Hassal) Elehkin	P	—	—	hb	—
<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenkin	P-B	—	—	i	—
<i>Microcystis wesenbergii</i> Kom. in N.V. Kondrat.	P	—	—	—	—
<i>Pseudoholopedia convoluta</i> (Bréb.) Elenkin	P	—	—	i	—
Hormogoniophyceae					
Oscillatoriales					
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont	P-B	—	st	hl	—
<i>Oscillatoria amphibia</i> J. Agardh	P-B	—	st-str	hl	—
<i>Oscillatoria geminata</i> (Menegh.) Gomont	P-B	—	st	i	—
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmerm.	P-B	—	—	—	—
<i>Oscillatoria limosa</i> J. Agardh	P-B	—	st-str	hl	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Oscillatoria minima</i> Gicklh.	—	—	—	—	—
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.	P	—	—	i	—
<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> G. Schmid.	P-B	warm	st-str	—	—
<i>Oscillatoria redekii</i> Van Goor	B	—	—	—	—
<i>Oscillatoria tenuis</i> J. Agardh	—	—	—	—	—
<i>Oscillatoria ucrainica</i> Vladimir.	—	—	—	—	—
<i>Oscillatoria</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Phormidium foveolarum</i> (Mont.) Gomont	B	—	—	—	—
<i>Phormidium mucicola</i> Hub.-Pest. et Naumann	Ep	—	—	i	—
<i>Spirulina</i> sp.	—	—	—	—	—
Nostocales					
<i>Anabaena circinalis</i> (Kütz.) Hansg.	P	—	—	i	—
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Bréb.	P	—	st	i	—
<i>Anabaena hassalii</i> (Kütz.) Wittr.	P	—	—	i	—
<i>Anabaena scheremetievi</i> Elenkin	P	—	—	i	—
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	P	—	st-str	i	—
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	P	—	—	hl	—
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> (Ussazcev) Proschk.-Lavr.	P	—	—	—	—
EUGLENOPHYTA					
Euglenophyceae					
Euglenales					
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	P	eterm	st	i	ind
<i>Euglena caudata</i> Hübn.	P	—	st-str	mh	ind
<i>Euglena gracilis</i> G.A. Klebs	P-B	eterm	st	oh	ind
<i>Euglena spathirhyncha</i> Skuja	P	—	st-str	i	—
<i>Euglena spirogyra</i> Ehrenb.	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Euglena viridis</i> Ehrenb.	P-B	eterm	st-str	mh	ind
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) emend. Defl.	P-B	eterm	st-str	i	—
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.	P	eterm	st-str	i	—
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb. var. <i>volvocina</i>	B	eterm	st-str	i	ind
<i>Trachelomonas volvocina</i> var. <i>coronata</i> Drez.	—	—	—	—	—
Peranematales					
<i>Peranema trichophorum</i> (Ehrenb.) F. Stein	P-B	eterm	st-str	—	ind
DINOPHYTA					
Dinophyceae					
Gymnodiniales					

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Gymnodinium paradoxum</i> J. Schiller	P	—	—	—	—
Gonyaulacales					
<i>Ceratium hirundinella</i> (O. Müll.) Bergh	P	—	st-str	i	—
Peridinales					
<i>Diplopsalis acuta</i> (Apstein) Entz	P	—	st	—	—
<i>Glenodinium pulvisculus</i> (Ehrenb.) F. Stein	—	—	—	—	—
<i>Peridiniopsis berolinense</i> (Lemmerm.) Bourr.	—	—	—	—	—
<i>Peridiniopsis polonicum</i> (Wołosz.) Bourr.	P	—	st	—	—
<i>Peridiniopsis quadridens</i> (F. Stein) Bourr.	P	—	—	—	—
<i>Peridiniopsis</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmerm.	—	—	—	—	—
<i>Peridinium bipes</i> F. Stein	P	—	st-str	oh	—
<i>Peridinium charkoviensis</i> Matv.	—	—	—	—	—
<i>Peridinium cinctum</i> (O.Müll.) Ehrenb.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Peridinium</i> sp.	—	—	—	—	—
CRYPTOPHYTA					
Cryptomonadophyceae					
Cryptomonadales					
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenb.	P	—	st-str	—	—
<i>Cryptomonas lucens</i> Skuja	P	—	—	—	—
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	P	—	st-str	i	—
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenb.	P	—	st-str	hl	—
<i>Rhodomonas pusilla</i> (Bachm.) Javorn.	—	—	—	—	—
CHRYSOPHYTA					
Chrysophyceae					
Chromulinales					
<i>Chromulina ovalis</i> G.A. Klebs	—	—	—	—	—
<i>Chrysococcus rufescens</i> G.A. Klebs	P	—	—	hb	—
Ochromonadales					
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof	P	—	st-str	i	ind
<i>Dinobryon sociale</i> Ehrenb.	P	—	—	i	—
<i>Dinobryon suecicum</i> Lemmerm.	P	—	—	i	—
<i>Dinobryon</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Mallomonas acaroides</i> Perty	P	—	st-str	i	—
<i>Mallomonas denticulata</i> Matv.	—	—	—	—	—
<i>Mallomonas elegans</i> Lemmerm.	P	—	—	i	—
<i>Mallomonas producta</i> Iwan.	—	—	—	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Ochromonas mutabilis</i> G.A. Klebs	B	—	—	hl	—
<i>Ochromonas sociata</i> Pascher	—	—	—	—	—
<i>Ochromonas</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Pseudokephyrion pilidium</i> J. Schiller	—	—	—	—	—
<i>Pseudokephyrion schilleri</i> Conrad	—	—	—	—	—
<i>Synura lapponica</i> Skuja	—	—	—	—	—
<i>Synura uvella</i> Ehrenb.	P	—	st	i	—
BACILLARIOPHYTA					
Coscinodiscophyceae					
Thalassiosirales					
<i>Cyclostephanus dubius</i> (Fricke) Round	—	—	—	—	—
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thw.	P-B	temp	st	hl	ind
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle	—	—	—	—	—
<i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge	P	—	—	i	—
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cl. et Grunow	P	temp	st	i	alf
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kütz.) Hendey	P	temp	st	i	alb
Melosirales					
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	P-B	temp	st-str	hl	alf
Aulacoseirales					
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Simonsen	P-B	cool	—	i	acf
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen f. <i>granulata</i>	P-B	temp	st-str	i	ind
<i>Aulacoseira granulata</i> f. <i>curvata</i> (Hust.) Davudova	P	temp	st-str	i	ind
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenb.) Simonsen	P-B	cool	st-str	i	ind
Fragilariophyceae					
Fragilariales					
<i>Asterionella formosa</i> Hassal	P	—	—	i	alf
<i>Dianoma tenue</i> C. Agardh	P-B	—	st	hl	ind
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>	—	—	—	—	—
<i>Diatoma vulgare</i> f. <i>lineare</i> (Grunow in V.H.) Bukht.	B	—	str	i	alf
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>productum</i> Grunow	B	—	—	i	alf
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>	B	—	—	i	alf
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenh.) Rabenh.	P-B	—	—	i	alf
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	P	—	st	hl	alf

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Fragilaria</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Will. et Round var. <i>virescens</i>	P-B	—	st	i	ind
<i>Fragilariforma virescens</i> var. <i>capitata</i> (Østrup) Bukht.	B	—	—	i	—
<i>Staurosira construens</i> f. <i>subsalina</i> (Hust.) Bukht.	B	—	—	hl	alf
<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenb.) Bukht.	—	—	—	—	—
<i>Synedra acus</i> Kütz. var. <i>acus</i>	P	—	st-str	i	alb
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i> Grunow	P	—	—	i	alf
<i>Synedra capitata</i> Ehrenb.	B	—	—	i	alf
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenb.	P-B	temp	—	i	alf
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijs	B	—	—	mh	ind
Bacillariophyceae					
Eunotiales					
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenb.) F.W. Mills	B	temp	—	i	acf
Mastogloiales					
<i>Aneumastus tusculus</i> (Ehrenb.) Mann et Stickle	P-B	—	—	i	alf
Cymbellales					
<i>Cymbella amphicephala</i> Nägeli in Kütz.	B	—	—	i	ind
<i>Cymbella cistula</i> (A. Hempel in A. Hempel et Ehrenb.) Kitch.	B	—	st-str	i	alf
<i>Cymbella parva</i> (W. Sm.) Cleve	B	—	—	i	ind
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) Mann in Round, R.M. Crawford, Mann	B	—	st	hb	acf
<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Horn.) Daw. ex Ross et Sims.	B	—	—	i	alf
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>coronatum</i> (Ehrenb.) Rabenh.	P-B	—	st	i	alf
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	B	—	—	i	ind
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenb.	B	—	str	i	ind
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.	—	—	—	—	—
<i>Gomphonema parvulum</i> Kütz.	B	temp	str	i	ind
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenb.	P-B	—	—	—	—
<i>Placoneis dicephala</i> (Ehrenb.) Mer.	—	—	—	—	—
<i>Placoneis elginensis</i> (Greg.) Cox var. <i>elginensis</i>	B	—	—	i	ind
<i>Placoneis elginensis</i> f. <i>exigua</i> (Greg.) Bukht.	—	—	—	—	—
<i>Placoneis placentula</i> (Ehrenb.) Mereschk.	B	—	—	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	P-B	—	—	i	alf
Achnanthes					
<i>Achnanthes linearis</i> (W.Sm.) Grunow in Cleve et Grunow	B	—	—	i	ind
<i>Achnanthes</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Achnanthidium minutissima</i> (Kütz.) Czarn.	B	eterm	st-str	i	alf
<i>Cocconeis disculus</i> (Schum.) Cleve	B	—	st	i	alf
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenb.	B	—	—	i	alf
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenb.	P-B	temp	st-str	i	alf
<i>Planothidium lanceolata</i> (Bréb. in Kütz.) Round et Bukht.	P-B	warm	st-str	i	alf
Naviculales					
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	B	—	—	hl	alf
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	B	temp	—	i	alf
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenb.) Cleve	B	—	st	i	alf
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Sm.) A. Mann et Stickle	B	—	—	hl	ind
<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) A. Mann in Round, R.M. Crawford, A. Mann	B	temp	st	i	alf
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	B	cool	—	i	alf
<i>Navicula capitata</i> Ehrenb. var. <i>capitata</i>	B	temp	—	hl	alf
<i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grunow) R. Ross	B	—	—	i	—
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germ.	P-B	—	—	i	—
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	P-B	temp	—	i	alf
<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenb.	B	—	—	i	alf
<i>Navicula menisculus</i> Schum.	B	—	—	i	alf
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenb.) Kütz.	B	—	—	mh	alf
<i>Navicula radiosa</i> Kütz.	B	temp	st-str	i	ind
<i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) in Cleve et Moll.	B	—	st	i	alf
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	B	—	—	hl	alf
<i>Navicula tripunctata</i> (O. Müll.) Bory	B	—	st-str	i	ind
<i>Navicula veneta</i> Kütz.	B	—	—	hl	alf
<i>Navicula viridula</i> Kütz.	B	—	—	hl	alf
<i>Navicula</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Neidium dubium</i> (Ehrenb.) Cleve	B	—	—	i	alf
<i>Neidium productum</i> (W. Sm.)	B	temp	—	i	acf
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenb.	B	—	—	i	ind

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve	B	temp	—	i	ind
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenb.) Mann	B	—	—	i	alf
<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mann	B	eterm	st	hl	ind
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenb.	P-B	—	—	i	ind
Thalassiophysales					
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	B	temp	st-str	i	alf
<i>Amphora veneta</i> Kütz.	B	—	—	i	alf
Bacillariales					
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow	B	temp	—	i	ind
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	P-B	temp	—	i	alf
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	B	—	st-str	i	alf
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grunow in Cleve et Grunow	B	temp	—	hl	alf
<i>Nitzschia fruticosa</i> Hust.	—	—	—	—	—
<i>Nitzschia gracilis</i> Hant.	P-B	temp	—	i	ind
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenh.	B	—	—	i	alf
<i>Nitzschia linearis</i> (C. Agardh) W. Sm. var. <i>linearis</i>	B	temp	—	i	alf
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Sm.) Grunow in Cleve et Grunow	B	—	—	i	ind
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	P-B	temp	—	i	ind
<i>Nitzschia paleaceae</i> (Grunow) Hust. in A.S.	P-B	—	—	i	alf
<i>Nitzschia recta</i> Hant. in Rabenh.	B	—	st	i	alf
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Sm.	P-B	—	—	i	alf
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kütz.) Hant. in Rabenh.	B	—	—	i	alf
<i>Tryblionella gracilis</i> W.Sm.	B	—	—	hl	alf
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Mann in Round, R.M. Crawford, Mann	P-B	—	—	mh	alf
Rhopalodiales					
<i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb. et God.	B	temp	st	i	alb
Surirellales					
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Sm.	P-B	—	—	i	alf
<i>Surirella linearis</i> W. Sm.	P-B	—	—	i	ind
XANTHOPHYTA					
Xanthophyceae					
Mischococcales					
<i>Goniochloris fallax</i> Fott	P	—	st-str	—	—
<i>Goniochloris mutica</i> (A. Braun) Fott	P	—	st-str	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
Ophiocytiales					
<i>Centrtractus belenophorus</i> Lemmerm.	P	—	st-str	—	—
<i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle	P	—	st	oh	—
<i>Ophiocytium lagerheimii</i> Lemmerm.	—	—	—	—	—
CHLOROPHYTA					
Chlorophyceae					
Chlamydomonadales					
<i>Carteria klebsii</i> (P.A. Dang.) Fr.	P	—	st-str	i	—
<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	P	—	—	—	—
<i>Chlamydomonas monadina</i> F. Stein	P	—	—	i	—
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A. Dang.	P-B	—	st-str	oh	—
<i>Phacotus coccifer</i> Korschikov	—	—	—	—	—
<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenb.) Stein	P	—	st	—	—
<i>Pteromonas aculeata</i> Lemmerm.	P	—	—	—	—
<i>Pteromonas torta</i> Korschikov	P	—	—	—	—
Volvocales					
<i>Pandorina charkowiensis</i> Korschikov	P	—	st-str	—	—
<i>Pandorina morum</i> (O. Müll.) Bory	P	—	st	i	—
<i>Volvox globator</i> L.	—	—	—	—	—
Chlorococcales					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh. var. <i>hantzschii</i>	P-B	—	st-str	i	—
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i> Wołosz.	P-B	—	—	i	—
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerh.) P. Tsarenko	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Acutodesmus dimorphus</i> (Turpin) P. Tsarenko	P-B	—	st-str	i	—
<i>Acutodesmus obliquus</i> (Turpin) E. Hegew. et Hanagata emend. P. Tsarenko	P-B	—	st	i	—
<i>Acutodesmus pectinatus</i> (Meyen) P. Tsarenko in Petlov. et al. var. <i>pectinatus</i>	P-B	—	st-str	—	—
<i>Acutodesmus pectinatus</i> var. <i>bernardii</i> (G. Sm.) P. Tsarenko	P	—	—	—	—
<i>Acutodesmus</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Ankistrodesmus falkatus</i> (Corda) Ralfs	P-B	—	st-str	hb	—
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korschikov	P-B	—	st-str	i	—
<i>Characium acuminatum</i> A. Braun in Kütz.	—	—	—	—	—
<i>Chlorolobion braunii</i> (Nägeli) Komárk.-Leng.	P-B	—	st	—	—
<i>Chlorotetraedron incus</i> (Teiling) Kom. et Kovac.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G. Sm.) Belch. et Swale	P-B	—	st-str	i	—
<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmerm.) Lemmerm.	P	—	st-str	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Coelastrum astroideum</i> De Not.	P	—	st-str	—	—
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Coelastrum sphaericum</i> Nägeli	P-B	—	st-str	i	—
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korschikov	P	—	—	—	—
<i>Coenococcus polycoccus</i> Korschikov	—	—	—	—	—
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle	P-B	—	st-str	—	—
<i>Crucigenia quadrata</i> E. Morren	P-B	—	st-str	i	acf
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et G.S.West.	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Crucigeniella apiculata</i> (Lemmerm.) Kom.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Nägeli.) Kom.	P	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchn.) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus aculeatus</i> (Reinsch) P. Tsarenko	—	—	—	—	—
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedus.) P. Tsarenko	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew.	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Desmodesmus costato-granulatus</i> (Skuja) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) An, Friedl et E. Hegew.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. Hegew.	—	—	—	—	—
<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E. Hegew. var. <i>intermedius</i>	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Y.V. Roll) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus magnus</i> (Meyen) P. Tsarenko	P	—	—	—	—
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G. Richt.) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch et Rich) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus pseudohystrix</i> (Massjuk) P. Tsarenko in Petlov.	—	—	—	—	—
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E. Hegew.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Desmodesmus subspicatus</i> (Chodat) E. Hegew. et A. Schmidt	P-B	—	st-str	—	—
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz	P	—	st	—	—
<i>Enallax acutiformis</i> (Schröd.) Hindák	—	—	—	—	—
<i>Franceia tenuispina</i> Korschikov	—	—	—	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	P-B	—	st-str	i	—
<i>Golenkiniopsis solitaria</i> (Korschikov) Korschikov	P	—	—	i	—
<i>Hyaloraphidium contortum</i> Korschikov	P-B	—	—	i	—
<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerh.) Chodat	P-B	—	st-str	—	—
<i>Lagerheimia citriformis</i> (Snow) Coll.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat	P	—	—	i	—
<i>Micractinium bornhemiense</i> (Conrad) Korschikov	—	—	—	—	—
<i>Micractinium pusillum</i> Fresen	P-B	—	st-str	—	—
<i>Micractinium quadrisetum</i> (Lemmerm.) G. Sm.	P	—	st-str	—	—
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korschikov) Hild.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk.-Leng.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Leng. in Fott	P-B	—	st-str	—	—
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. Sm.) Komárk.-Legn. in Fott	P-B	—	st-str	—	—
<i>Monoraphidium</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Oocystis borgei</i> J. Snow	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	P-B	—	st-str	hl	—
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmerm.	P	—	st-str	—	—
<i>Oocystis parva</i> W. et G.S. West	P	—	st-str	—	—
<i>Oocystis solitaria</i> Wittr. in Wittr. et Nordst.	P	—	st	i	ind
<i>Oocystis submarina</i> Lagerh.	P-B	—	st	i	—
<i>Paradoxia multiseta</i> Swirenko	—	—	—	—	—
<i>Pediastrum biradiatum</i> Meyen	P	—	—	—	—
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Menegh. var. <i>boryanum</i>	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>cornutum</i> (Racib.) Sulek	P-B	—	st-str	—	—
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	P	—	st-str	i	ind
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracilimum</i> W. et G.S. West	P	—	—	—	—
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	P-B	—	st-str	—	—
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Pseudocharacium acuminatum</i> Korschikov	Ep	—	—	i	—
<i>Pseudocharacium obtusum</i> (A. Braun) Perty-E. Hesse	Ep	—	st	—	—
<i>Raphidocelis extensa</i> (Korschikov) Kom.	—	—	—	—	—
<i>Raphidocelis sigmoidea</i> Hindák	P	—	st-str	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmerm.) Lemmerm.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Scenedesmus bacillaris</i> Gutw.	P	—	—	—	—
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda	P-B	—	st-str	—	—
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen var. <i>obtus</i>	P-B	—	st-str	—	—
<i>Scenedesmus obtusus</i> var. <i>apiculatus</i> (W. et G.S. West) P. Tsarenko	P	—	st-str	—	—
<i>Scenedesmus verrucosus</i> Y.V. Roll	P-B	—	st-str	—	—
<i>Scenedesmus</i> sp.	—	—	—	—	—
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.	P	—	st-str	i	—
<i>Schroederia spiralis</i> (K.H.O. Printz) Korschikov	—	—	—	—	—
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch	P-B	—	st-str	—	—
<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch	P-B	—	st-str	—	—
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korschikov) Bourr.	P	—	—	i	—
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansg.	P-B	—	st-str	i	ind
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Braun) Hansg.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	P	—	st-str	i	—
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák	P-B	—	st-str	—	—
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröd.) Lemmerm.	P-B	—	st-str	i	—
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Kom.	P-B	—	st-str	—	—
<i>Treubaria schmidlei</i> (Schröd.) Fott et Kováčik	P	—	st-str	i	—
<i>Treubaria triappendiculata</i> C. Bernard	P-B	—	st-str	—	—
<i>Treubaria</i> sp.	—	—	—	—	—
Ulvophyceae					
Ulotrichales					
<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák	P-B	—	st-str	—	—
<i>Geminella ordinata</i> (W. et G.S. West) Heer.	—	—	—	—	—
<i>Geminellopsis fragilis</i> Korschikov	—	—	—	—	—
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	P	—	st	i	—
<i>Ulothrix zonata</i> Kütz.	P-B	—	st-str	i	ind
Zygnematophyceae					
Zygnematales					
<i>Mougeotia parvula</i> Hassal	B	—	—	—	—
Desmidiiales					
<i>Closterium aciculare</i> T. West	P	—	st-str	—	alf
<i>Closterium acutum</i> (Lyngb.) Bréb. var. <i>acutum</i>	P-B	—	st-str	—	—
<i>Closterium acutum</i> var. <i>linea</i> (Perty) W. et G.S. West	—	—	—	—	—

Продовж. табл. А.1

1	2	3	4	5	6
<i>Closterium gracile</i> Bréb.	P	—	st-str	hb	acf
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli.	P-B	—	—	i	—
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lund.) Roy et Biss.	—	—	—	—	—
<i>Staurostrum paradoxum</i> Meyen	P	—	st	i	—

Примітки: **біотопічна приуроченість**: P – планктонні, B – бентосні, P-B – планктонно-бентосні, Ep – епіфітні; **температурна приуроченість**: eterm – евритермні, temp – помірні, cool – холодолюбні, warm – теплолюбні; **реофільність** (текучість вод): str – швидкотекучі, st-str – повільнотекучі (або індиверенти), st – стоячі; **галофільність**: hb – галофоби, hl – галофіли, i – індиверенти, mh – мезогалофи, oh – олігогалофи; **ацидифікація**: acf – ацидофіли, alb – алкалобійонти, alf – алкаліфіли, ind – індиверенти.