

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

ЗАДОРЖНА
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

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті гідробіології НАН України

Науковий керівник:

доктор біологічних наук, професор
Щербак Володимир Іванович,
Інститут гідробіології НАН України,
провідний науковий співробітник
відділу екології водоймищ

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Мінічева Галина Григорівна,
Інститут морської біології НАН України,
заступник директора

кандидат біологічних наук, доцент
Демченко Едуард Миколайович,
Навчально-науковий центр «Інститут
біології» Київського національного
університету імені Тараса Шевченка,
доцент, науковий співробітник науково-
дослідної лабораторії «Ботаніка і
зоологія»

Захист дисертації відбудеться «16» лютого 2016 р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.213.01 Інституту гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту гідробіології НАН України (04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12).

Автореферат розісланий «11» січня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор біологічних наук



А.В. Ліщук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Верхня частина Канівського водосховища окрім основного русла включає достатньо різноманітну додаткову мережу (рукава, затоки, протоки тощо) (Состояние экосистемы..., 1999; Тимченко, Дубняк, 2000). 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 (Береза, 1975; Гавришова, Черницкая, 1980; Щербак, 1989; Щербак, Майстрова, 2001; Майстрова, 2003). 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 (Клімат України, 2003; Бабіченко та ін., 2007; Осадчий, Бабіченко, 2013). Особливо помітним у останні десятиріччя став вплив кліматичних змін на гідрологічні характеристики Дніпра (Абашина та ін., 2008). Зокрема, для Канівського водосховища встановлено зростання теплозапасу, а також зміни у сезонному розподілі тепла (Вандюк, 2012).

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 завдання 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 (20,9–21,2°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 22,0–23,0°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 роботи. 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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Наведено характеристику та типізацію рівнинних водосховищ як складних природно-штучних водних екосистем (Авакян, Шарапов, 1977; Водохранилища и их воздействие..., 1986). Здійснено аналіз фахової літератури щодо екологічних чинників, які впливають на якісні та кількісні показники розвитку фітопланктону рівнинних водосховищ.

Розглянуто стан вивчення фітопланктону Канівського водосховища на різних етапах його сукцесії. Основна увага приділялась визначенню видового складу, чисельності, біомаси та продукційно-деструкційним показникам фітопланктону. Однак, не знайшли свого відображення у літературі цілорічні моніторингові спостереження за якісними і кількісними показниками розвитку планктонних водоростей в лотичних і лентичних умовах. Відзначено актуальність цих досліджень в умовах сучасних змін клімату, наслідки впливу яких на фітопланктон дніпровських водосховищ практично не вивчені.

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

Наведено морфологічну, гідрологічну, гідрохімічну характеристику Канівського водосховища (Гидрология..., 1989; Состояние экосистемы..., 1999; Тимченко, 2006; Державний водний кадастр, 2000–2012). Зазначено, що у верхній частині водоймища за основними морфометричними та гідрологічними показниками формуються діаметрально протилежні ділянки з лотичними та лентичними умовами.

Охарактеризовано фізико-географічне розташування Канівського водосховища та особливості клімату досліджуваної території (Клімат України, 2003; Маринич, Шищенко, 2006; Клімат Києва, 2010). Наведено дані щодо регіональних змін клімату та їхнього впливу на термічний режим Канівського водосховища (Бабіченко та ін., 2007; Абашина та ін., 2008; Вандюк, 2012; Осадчий, Бабіченко, 2013; Косовець, Доніч, 2014).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в 2010–2012 рр. у верхній частині Канівського водосховища на двох ділянках, які характеризуються відмінними морфометричними та гідрологічними умовами. В лотичних умовах (русло Дніпра) проби фітопланктону відбирали на стаціонарній станції моніторингу відділу екології водоймищ Інституту гідробіології НАН України (50°29'57"п.ш., 30°31'31"с.д.) кожні два тижні протягом трьох років.

У лентичних умовах (затока Оболонь) дослідження фітопланктону здійснювали на стаціонарній станції з координатами 50°30'20,4"п. ш., 30°30'35,2"с. д. посезонно протягом 2010–2012 рр. Для встановлення особливостей

вертикального розподілу планктонних водоростей проби відбирали батометром Рутнера із п'яти горизонтів, які охоплювали всю водну товщу від поверхні до дна ($15,0 \pm 0,3$ м).

Фіксацію, концентрацію, камеральне опрацювання альгологічних проб здійснювали відповідно до загальноприйнятих гідробіологічних методів (Щербак, 2002). Підрахунок клітин фітопланктону виконували у камері Нажотта з використанням мікроскопів МББ-1А та Axio Imager (Carl Zeiss) (об'єктиви $\times 20$, $\times 40$ і $\times 100$).

Домінуючими вважали види, чисельність (біомаса) яких перевищувала або дорівнювала 10% від загальної чисельності (біомаси); субдомінуючими – види з чисельністю (біомасою) від 5,0% до 9,9%.

Оцінку значення окремих видів у формуванні планктонного альгоугруповання здійснювали за показником частоти трапляння (Девяткин, Митропольская, 2002) та індексом значимості (Кожова и др., 1998). Для характеристики систематичної структури фітопланктону використовували методи, прийняті у порівняльній флористиці (Василевич, 1969; Шмидт, 1980; Барінова и др., 2006). Назви таксонів наведені згідно флористичного зведення «Разнообразие водорослей Украины» (Разнообразие..., 2000; Царенко, Петлеванный, 2001).

Відбори проб фітопланктону супроводжувалися паралельними вимірами: прозорості, температури води, концентрації розчиненого у воді кисню та проценту його насичення (Методи..., 2006). Дані щодо сумарної сонячної радіації (Q) отримані із таблиць актинометричної станції Бориспіль (Таблица актинометрических наблюдений..., 2010–2012). Розрахунок Q, яка надходить на водну поверхню, здійснювали відповідно до (Шмаков, 1988).

Величини рН, вмісту кремнію у воді отримані в спільних дослідженнях із к. геогр. н. Т.П. Жежеря (Zhezherya et al., 2014), а концентрації загального неорганічного азоту та фосфору – м. н. с. М.І. Лінчук (Щербак и др., 2015).

Усі відбори проб та виміри як у лентичних, так і у лотичних умовах проводилися з 11 до 13 години. Статистична обробка всього масиву даних здійснена з використанням програм: Statistica 6.0, Past, Microsoft Excel.

ФЛОРИСТИЧНА І ТАКСОНОМІЧНА СТРУКТУРА ФІТОПЛАНКТОНУ

На основі натурних досліджень (2010–2012 рр.) у складі фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища виявлено 235 видів, представлених 316 внутрішньовидовими таксонами водоростей з номенклатурним типом виду включно (в. в. т.) із 124 родів, 32 порядків, 13 класів та 8 відділів. Найбільш різноманітно були представлені зелені (123 в. в. т. або 39% загальної кількості видів) та діатомові водорості (102 в. в. т. або 32%), менше – синьозелені (40 в. в. т. або 13%). Решта відділів (Xanthophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta) складала 2–5% від загальної кількості видів.

Порівняльний аналіз видового складу фітопланктону виконаний за допомогою коефіцієнту Серенсена встановив певну подібність фітопланктону в лотичних та лентичних умовах, що, очевидно, зумовлено гідрологічними особливостями верхньої частини Канівського водосховища (Состояние..., 1999). Виявлено 180

спільних видів, серед яких найбільшу частку склали представники зелених (37%), діатомових (33%) та синьозелених водоростей (14%).

Аналіз флористичної структури фітопланктону показав, що в лотичних умовах зелені та діатомові водорості представлені рівними частками, тоді як у лентичних – відмічено збільшення частки Chlorophyta та зменшення Bacillariophyta (табл. 1).

Таблиця 1

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

Розподіл водоростей на рівні класів показав, що фітопланктон у 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 провідних порядків водоростей у лентичних та лотичних умовах ($\tau = 0,88$). 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.

Менш подібним виявився спектр родів фітопланктону ($\tau = 0,57$). Встановлено зниження частки родів *Navicula* Bory, *Acutodesmus* (E. Hegew.) E. Hegew. et Hanagata, *Monoraphidium* Komárk.-Leng., *Diatoma* Bory emend. Heib., *Mallomonas* Perty, *Tetrastrum* Chodat, *Fragilaria* Lingb., *Peridiniopsis* Lemmerm. та зростання частки таких родів як *Scenedesmus* Meyen, *Gomphonema* (C. Agardh) Ehrenb., *Euglena* Ehrenb., *Peridinium* Ehrenb., *Closterium* Nitzsch в лентичних умовах порівняно із лотичними.

В цілому, фітопланктон верхньої частини Канівського водосховища формується видами з низькою частотою трапляння (лотичні умови – 86% загальної кількості видів, лентичні – 90%). Зокрема, основу фітопланктону в лентичних умовах формували види із класів E (32%), F (29%) та D (28%), тоді як у лотичних – представники класів E (60%) та D (26%), а «поодиноких» видів (клас F) взагалі не було виявлено.

Аналіз видів з високою частотою трапляння (класи A і B) в лотичних та лентичних умовах показав, що це види з широким екологічним спектром, які входять до домінуючого комплексу фітопланктону в різні сезони року (Shcherbak, Zadorozhnaya, 2013; Shcherbak et al., 2014).

Отримані дані щодо екологічного аналізу фітопланктону виявили подібність домінуючих груп водоростей в лотичних та лентичних умовах: прісноводні, планктонно-бентосні види, мешканці повільнотекучих вод, індиференти по відношенню до рН і температури води.

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛОТИЧНИХ УМОВАХ

Для сезонної динаміки видового багатства фітопланктону показано, що у зимовий сезон кількість видів була найменшою (11–24 видів) та визначалась, 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 водоростей збільшувалась, досягаючи максимальних значень у травні (33–37 видів). Структуру видового багатства фітопланктону в досліджувані роки визначали діатомові (32–46%) та зелені водорості (29–33%), менше – синьозелені (12–20%).

Максимальна кількість видів фітопланктону (53–57 видів) виявлена у липні за температур води близько 22,0–23,0°C та визначалась переважно зеленими водоростями (48–52%), менше – діатомовими (19–27%) та синьозеленими (14–18%). Підвищення температури води до аномально високих значень ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) супроводжувалося зменшенням кількості видів фітопланктону майже вдвічі (до 23–25). При цьому частка діатомових та зелених водоростей у флористичній структурі фітопланктону зменшилась, тоді як синьозелених, навпаки, зроста.

Осінній сезон характеризувався зниженням кількості водоростей до 15–17 (у жовтні). Основу фітопланктону складали діатомові (30–43%) і зелені водорості (33–38%), менше – динофітові та синьозелені. Показано, що внаслідок аномальних температур води у листопаді (близько 6,2–7,7°C) кількість видів зростала (до 27–31) за рахунок діатомових водоростей, частка яких збільшувалась до 61–64%.

Середні значення чисельності фітопланктону в лотичних умовах коливались від 3806 ± 677 (в 2011 р.) до 19583 ± 10947 тис. кл/дм³ (2010 р.), та біомаси – від $1,07 \pm 0,23$ (2012 р.) до $2,65 \pm 0,96$ мг/дм³ (2010 р.). Узагальнення натурних даних за трьохлітній період встановило декілька піків (підйомів) біомаси фітопланктону, які реєструвались у різних діапазонах температури води (рис. 1). Перший пік розвитку фітопланктону реєструвався у весняний сезон за температур води близько 8,0–12,0°C. Домінуючий комплекс видів був полідомінантним діатомовим:

Asterionella formosa Hassal, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *Cyclotella kuetzingiana* Thw., *Synedra acus* Kütz. var. *acus*.

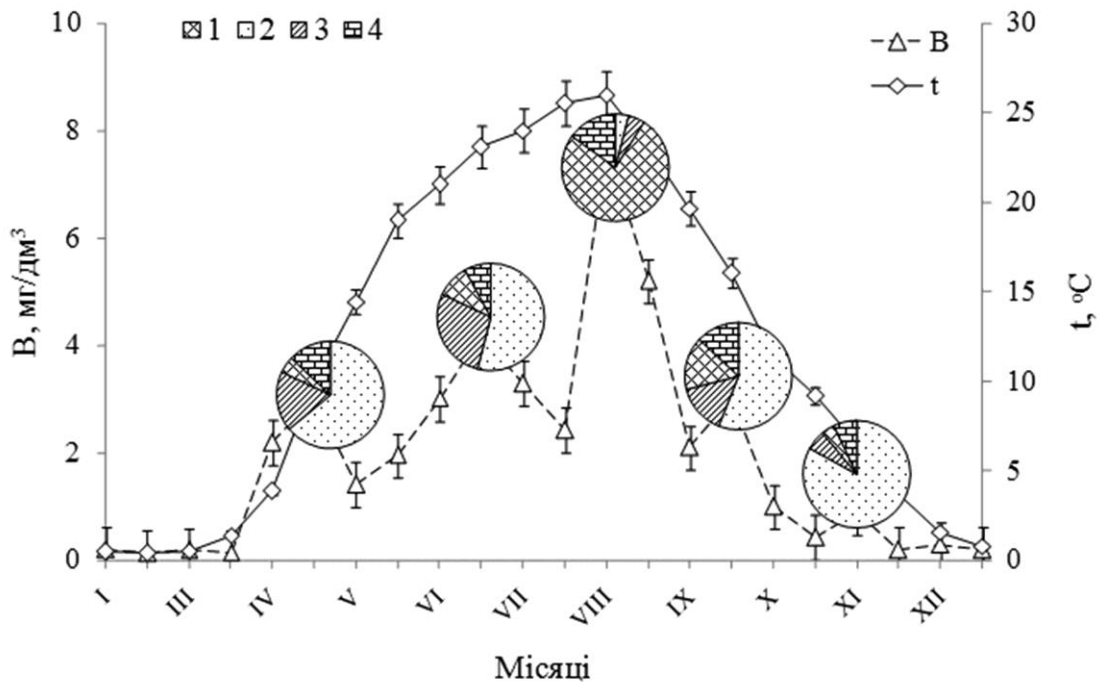


Рис. 1. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону (B) та структура її піків за різної температури води (t) (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Bacillariophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – водорості інших відділів.

Для літнього сезону виявлено два піки біомаси фітопланктону. Перший – відмічений за температури води близько 20,0–23,0°C. Домінувала центрична діатомея *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen f. *granulata*. Другий пік реєструвався за температур води 25,0°C і вище. Домінуючий комплекс видів був олігодомінантним синьозеленим: *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenkin, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb.

В осінній сезон пік біомаси планктонних водоростей зареєстровано за температур води близько 12,0–16,0°C. До домінуючого комплексу видів входили центричні діатомеї *A. granulata* f. *granulata* та *Skeletonema potamos* Weber et Hasle. Аномальні температури води у листопаді (близько 6,2–7,7°C) зумовили ще один пік біомаси фітопланктону, який був викликаний розвитком *S. hantzschii*.

Таким чином, отримані натурні дані дозволяють констатувати збільшення тривалості літнього та осіннього вегетаційного сезонів водоростей у порівнянні з літературними даними за минуле століття (Приймаченко, 1981; Щербак, 1989; Щербак, Майстрова, 2001). При цьому відгуком фітопланктону було декілька піків його розвитку, які реєструвалися у певних діапазонах температур води та характеризувалися різним домінуючим комплексом видів. В цілому, встановлений розвиток фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища протягом року узгоджується із регіональними кліматичними та гідрологічними змінами, які все частіше реєструються в останні десятиліття (Клімат Києва, 2010; Вандюк, 2010).

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФІТОПЛАНКТОНУ В ЛЕНТИЧНИХ УМОВАХ

Фітопланктон в лентичних умовах, на відміну від лотичних, характеризувався чітко вираженим вертикальним розподілом в усі сезони року. Так, у зимовий сезон спостерігалась обернена вертикальна стратифікація планктонних водоростей: від 11 (під льодом) до 27 (біля дна). При цьому видовий склад на різних горизонтах формували діатомові (37–43%), зелені (20–25%), менше – синьозелені та золотисті водорості.

Навесні кількість видів фітопланктону була відносно рівномірною по всій водній товщі і становила 25–31 вид у поверхневих горизонтах та 20–23 – у придонних. Основу видового багатства формували діатомові (39–58%) та зелені водорості (26–38%). Відмітимо, що частка Bacillariophyta у фітопланктоні збільшувалася із глибиною, тоді як Chlorophyta, навпаки, зменшувалася.

Вертикальний розподіл фітопланктону в літній сезон характеризувався добре вираженою прямою вертикальною стратифікацією. Найбільша кількість водоростей реєструвалась у поверхневому горизонті (близько 53). У випадках, коли температура поверхневого шару води досягала аномально високих значень ($\geq 25,0^{\circ}\text{C}$), видове багатство фітопланктону знижувалось, а максимальна кількість видів спостерігалась на глибині близько 2,0 м. З глибиною кількість видів водоростей зменшувалась, досягаючи найменших значень у шарі термоклина. Основу фітопланктону до глибини 10,0 м формували переважно зелені водорості (42–47%), глибше переважали представники Bacillariophyta (44–55%). Частка видів синьозелених водоростей змінювалась від 18% (на поверхні) до 11% (біля дна).

У осінній сезон фітопланктон характеризувався відносно рівномірним розподілом по всій водній товщі (22–32 видів) і був представлений переважно діатомовими (30–52%) та зеленими водоростями (30–46%).

Середня за період відкритої води чисельність фітопланктону 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.). Проведений аналіз вертикального розподілу фітопланктону в різні сезони року показав, що в зимовий сезон планктонні водорості характеризуються низькою біомасою та зворотною вертикальною стратифікацією, становлячи від 0,04 мг/дм³ (під льодом) до 0,32 мг/дм³ (біля дна). Домінуючий комплекс видів був полідомінантним, представлений видами родів *Navicula*, *Nitzschia* Hassal, *Cyclotella* Kütz., *Stephanodiscus* Ehrenb., *Chrysococcus* G. A. Klebs.

Весняний сезон відзначався значною 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). Видовий склад домінуючого комплексу був полідомінантним: *S. hantzschii*, *A. formosa*, *Diatoma tenue* C. Agardh, *S. acus* var. *acus*, *C. kuetzingiana*.

Найбільшим розвитком характеризувався фітопланктон у літній сезон, досягаючи максимальних значень чисельності та біомаси (до 34189 тис. кл/дм³ та 9,04 мг/дм³) у поверхневих горизонтах, а мінімальних (до 2117 тис. кл/дм³ та 1,17 мг/дм³) – у зоні термоклина. Встановлено, що за температури води, яка не

перевищувала середні багаторічні дані (20,9–21,2°C), максимальні показники чисельності та біомаси фітопланктону реєструвалися у поверхневому горизонті.

Показано, що за аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ\text{C}$), вертикальний розподіл фітопланктону характеризувався максимальною чисельністю у поверхневому горизонті за рахунок активної вегетації синьозелених водоростей родів *Microcystis* (Kütz.) Elenkin, *Phormidium* Kütz., *Anabaena* Bory ex Bornet et Flach, *Aphanizomenon* E. Morren ex Bornet et Flahault. У той же час, максимальна біомаса реєструвалася на глибині близько 2,0 м та визначалася розвитком динофітових (*Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Bergh) та діатомових (*A. granulata* f. *granulata*) водоростей. 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 (Незбрицкая, Курейшевич, 2013).

Для осіннього сезону встановлена 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. Домінуючий комплекс видів характеризувався як полідомінантний: *A. granulata* f. *granulata*, *Pediastrum boryanum* (Turpin) Menegh., *S. potamos*, *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew.

Отже, вертикальний розподіл фітопланктону в лентичних умовах характеризувався оберненою вертикальною стратифікацією взимку, прямою – влітку, відносно рівномірним розподілом у весняний та осінній сезони. Найбільшого видового багатства, чисельності та біомаси фітопланктон досягав у поверхневих горизонтах у літній сезон. Показано, що за аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) кількість видів у поверхневому горизонті знижувалася, водночас реєструвався пік чисельності фітопланктону за рахунок розвитку синьозелених водоростей, тоді як пік біомаси формувалася на глибині близько 2,0 м – за рахунок Bacillariophyta і Dinophyta.

РОЗВИТОК ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА ДІЇ РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Сонячна радіація. Отримані результати розвитку фітопланктону встановили пряму кореляцію сумарної сонячної радіації (Q) із кількістю видів ($r=0,47$; $p=0,0001$; $n=64$), чисельністю ($r=0,28$; $p=0,02$; $n=64$) та біомасою фітопланктону ($r=0,35$; $p=0,004$; $n=64$). Узагальнення отриманих даних показало, що кількість видів водоростей зростала зі збільшенням значень сумарної сонячної радіації та досягала максимальних показників при Q близько 518 МДж/м²×міс (рис. 2). Подальше підвищення Q супроводжувалось зменшенням видового багатства фітопланктону.

Динаміка кількісного розвитку фітопланктону відповідала динаміці сумарної сонячної радіації: збільшувалася від весни до літа та зменшувалася 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).

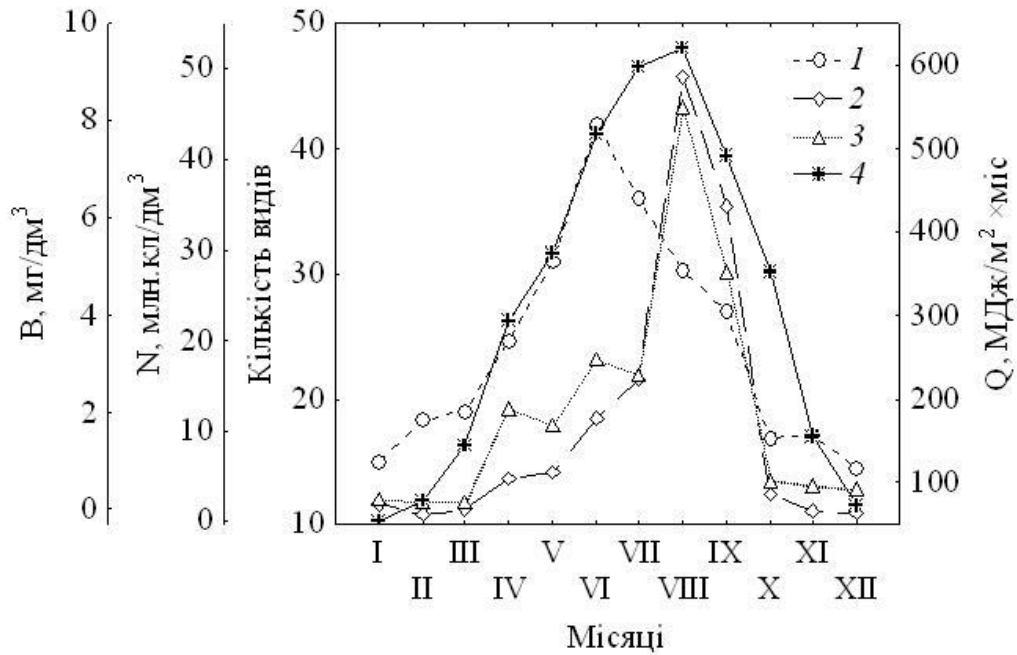


Рис. 2. Сезонна динаміка видового багатства (1), чисельності (N, 2), біомаси (B, 3) фітопланктону та сумарної сонячної радіації (Q, 4) (Таблиця актинометрических наблюдений..., 2010–2012) (середні значення за 2010–2012 рр.).

Аналіз біомаси провідних відділів фітопланктону та сумарної сонячної радіації, яка надходить на водну поверхню показав, що у весняний період за сумарної сонячної радіації близько 293 МДж/м²×міс інтенсивного розвитку досягали діатомей родів: *Asterionella* Hassal, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Synedra* та ін. Підвищення Q до 518 МДж/м²×міс на початку літа супроводжувалось домінуванням літніх форм діатомових із родів *Aulacoseira* і *Melosira* C. Agardh. Також було 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 у серпні (Q > 600 МДж/м²×міс), кількісний розвиток зелених та діатомових водоростей різко зменшувався. У той же час, за таких умов інтенсивно вегетували синьозелені водорості родів *Anabaena*, *Microcystis* і *Aphanizomenon*.

Осіннє зниження значень Q супроводжувалось зменшенням біомаси синьозелених та зелених водоростей, тоді як для діатомових, навпаки, відмічалось зростання кількісного розвитку за рахунок видів родів *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Stephanodiscus* та ін.

Прозорість води. 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 динаміки біомаси фітопланктону і прозорості води показав, що у весняний сезон прозорість води становить близько 1,5 м. Влітку на фоні максимального розвитку фітопланктону спостерігалось зниження прозорості води до мінімальних її значень (0,8 м). Зменшення інтенсивності вегетації водоростей планктону восени зумовлювало максимальну прозорість води (до 1,7 м) у пізньоосінній період.

Температура води. Виявлений прямий кореляційний зв'язок температури води з кількістю видів ($r=0,71$; $p=0,0001$; $n=64$), чисельністю ($r=0,35$; $p=0,004$; $n=64$) та біомасою водоростей ($r=0,42$; $p=0,001$; $n=64$). Водночас, детальний аналіз розвитку фітопланктону в залежності від температури води 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. 3).

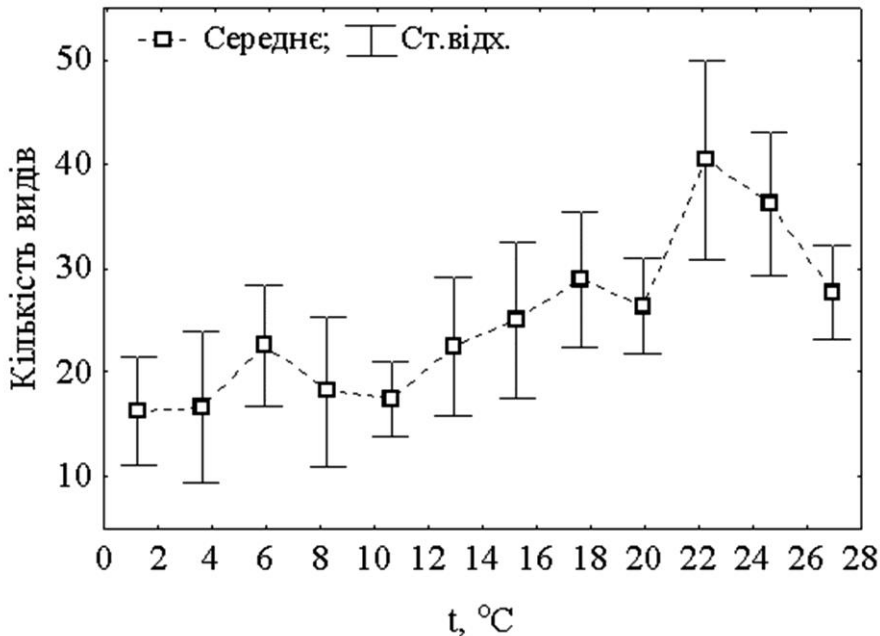


Рис. 3. Розподіл кількості видів фітопланктону за температурою води (2010–2012 рр.).

$4,0\text{--}28,1^\circ\text{C}$ показав на дендрограмі декілька кластерів угруповань водоростей, які об'єднуються за певними діапазонами температур води (рис. 4).

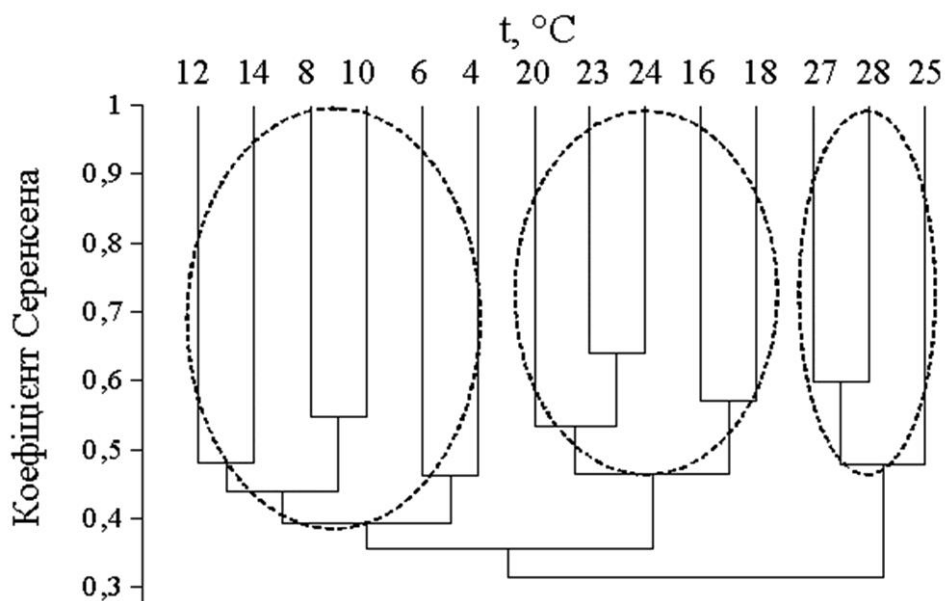


Рис. 4. Дендрограма подібності видового складу фітопланктону за різних температур води.

За аномально високих температур води, спостерігалася тенденція до зниження кількості видів, що, на наш погляд, зумовлено відмінними температурними оптимумами розвитку різних видів водоростей.

Проведений кластерний аналіз подібності видового складу фітопланктону за коефіцієнтом Серенсена у діапазоні температур води

Перший кластер формували угруповання водоростей, які розвивалися у діапазоні температур води 4,0–14,0°C. Це були в основному види із родів: *Aulacoseira* Thw., *Asterionella* Hassal, *Chlamydomonas* Ehrenb., *Closteriopsis* Lemmerm., *Cyclotella*, *Desmodesmus* (Chodat) An, Friedl et E. Hegew., *Monoraphidium*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Synedra* Ehrenb.

До другого – відносились види водоростей, які активно вегетували за температур води 16,0–24,0°C. Це переважно представники родів: *Acutodesmus*, *Aulacoseira*, *Chlamydomonas*, *Crucigenia* E. Morren, *Desmodesmus*, *Microcystis*, *Monoraphidium*, *Oscillatoria*, *Pediastrum*, *Stephanodiscus*, *Tetrastrum*.

Окремий – третій кластер формували види водоростей, які розвивалися за аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ\text{C}$). Очевидно, що відгуком фітопланктону на аномально високі температури води була перебудова його структури. Переважали види родів: *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria* Vaucher.

Аналіз кількісного розвитку фітопланктону показав, що діатомові водорості досягали максимальних біомас за температур води близько 22,0–23,0°C (рис. 4, а). При зростанні температури води до аномально високих значень спостерігалось значне зниження біомаси Bacillariophyta, що пов'язано з інгібуючим впливом високих температур на розвиток діатомових водоростей.

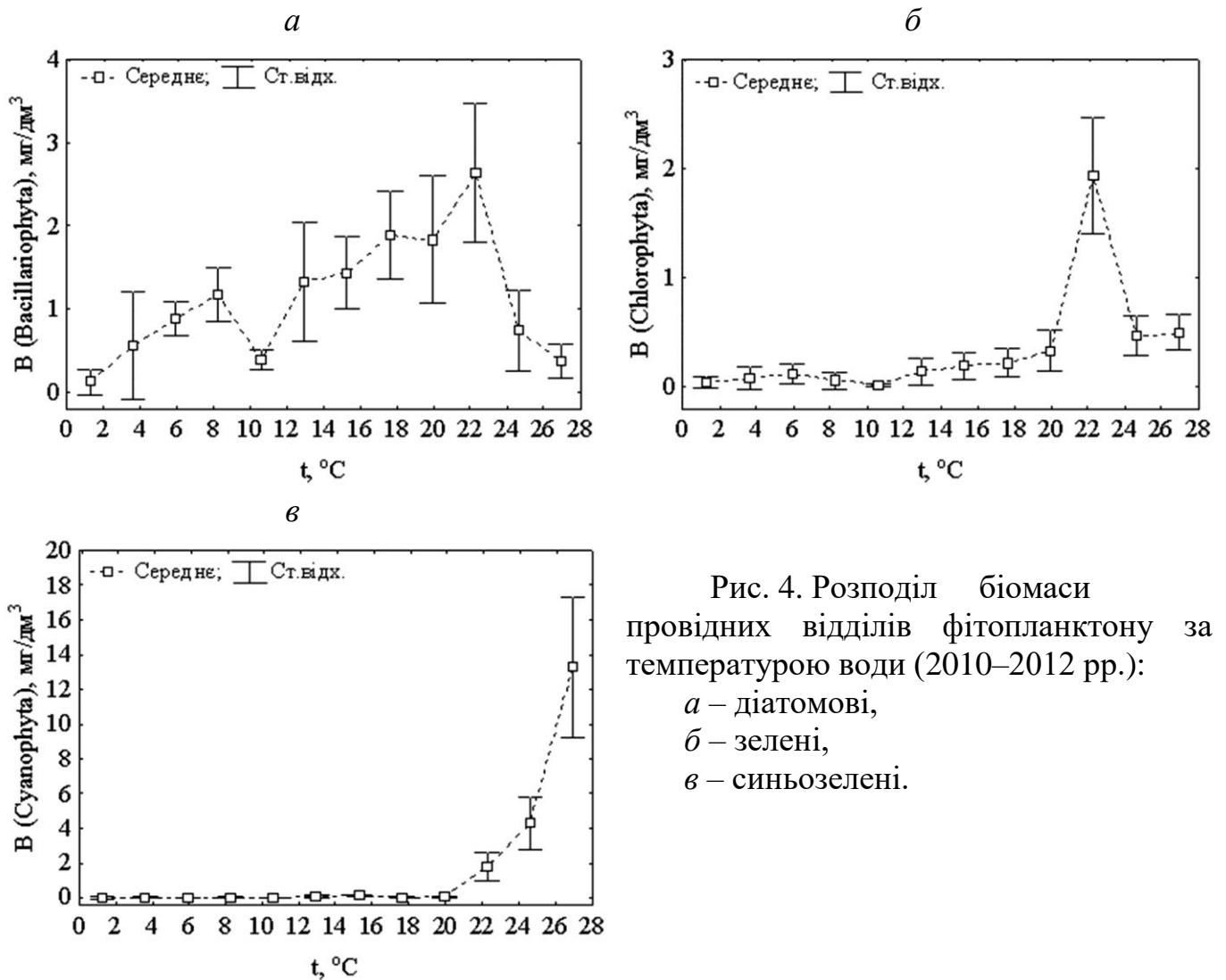


Рис. 4. Розподіл біомаси провідних відділів фітопланктону за температурою води (2010–2012 рр.):

а – діатомові,

б – зелені,

в – синьозелені.

Біомаса зелених водоростей розподілялась за температурним показником подібно до діатомових, досягаючи максимальних значень за температур води 22,0–23,0°C та зменшувалася за аномально високих значень (рис. 4, б). У той же час, біомаса синьозелених водоростей, на відміну від діатомових та зелених, зростала за позначки 22,0°C та досягала максимальних кількісних показників саме за аномально високих температур води ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) (рис. 4, в).

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

Кисневий режим. За досліджуваній 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 показав, що у літній сезон за масового розвитку фітопланктону реєструвались високі показники насичення води киснем, що свідчить про провідне значення фотосинтетичної аерації у формуванні кисневого режиму верхньої частини Канівського водосховища та підтверджується прямою кореляцією 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.

Кремній. Встановлено 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 ($\text{Si}_{\text{розч}}$) у воді. Аналіз сезонної динаміки біомаси *Vacillariophyta* показав, що одночасно зі збільшенням біомаси діатомей відбувається зниження концентрації $\text{Si}_{\text{розч}}$ у воді та навпаки. Показано, що пенатні форми діатомей досягають найбільшого розвитку навесні, тоді як центричні – на початку літа.

Неорганічний азот і фосфор. На основі аналізу даних щодо кількісного розвитку фітопланктону та вмісту біогенних елементів у воді 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 фітопланктону ($r=0,47$; $p=0,001$; $n=64$). 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).

Аналіз сезонної динаміки неорганічного азоту і фосфору у воді показав декілька фаз розвитку водоростей. Так, зимовий сезон характеризувався низьким кількісним розвитком фітопланктону та високими концентраціями неорганічного азоту та фосфору у воді. З початком збільшення біомаси водоростей навесні, спостерігалось поступове зниження вмісту $\text{N}_{\text{неорг}}$ та $\text{P}_{\text{неорг}}$ у воді до мінімальних їх значень на початку літа. Вміст неорганічного азоту і фосфору у воді верхньої частини Канівського водосховища в літній сезон узгоджується із літературними даними (Zhuravleva, Kureishevich, 1996; Щербак, Майстрова, 2001; Курейшевич, 2005). Восени розвиток фітопланктону знижувався, концентрація $\text{P}_{\text{неорг}}$ зменшувалась, тоді як вміст неорганічного азоту у воді збільшувався, формуючи осінньо-зимовий максимум.

Величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ досягали найвищих значень у зимовий – ранньовесняний та пізньоосінній періоди, коли розвиток фітопланктону найменший (рис. 5). Зростання біомаси фітопланктону в теплий період року супроводжувалося

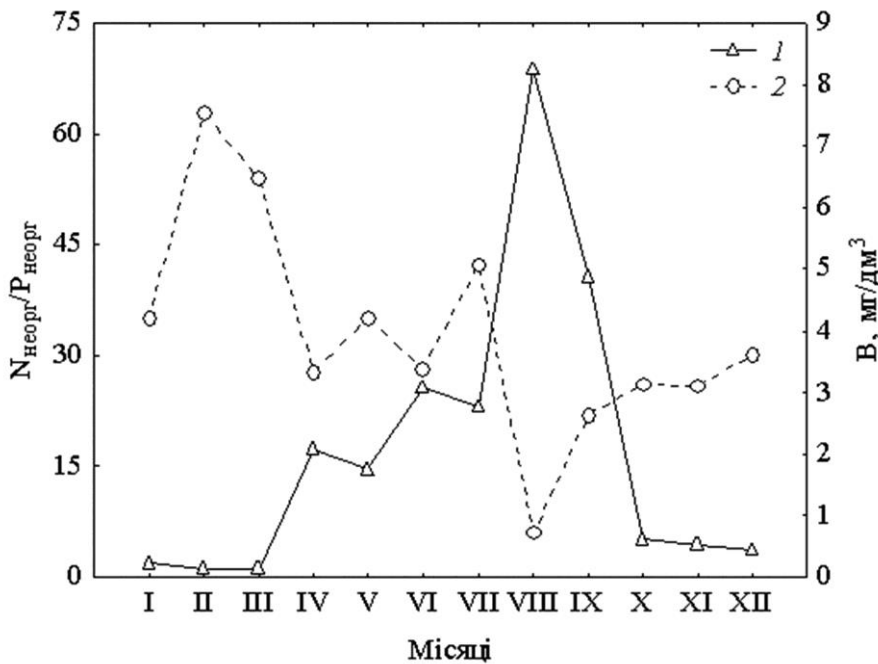


Рис. 5. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону (В, 1) та величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ (2) (середні значення за 2010–2012 рр.)

(Приймаченко, 1981) свідчить про суттєве зниження величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ на сучасному етапі сукцесії Канівського водосховища, що дозволяє говорити про зменшення лімітуючої ролі неорганічного фосфору на розвиток фітопланктону.

Таким чином, аналіз та узагальнення отриманих даних встановили статистично достовірний прямий кореляційний зв'язок якісного і кількісного розвитку фітопланктону із 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.

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.

Встановлено, що найбільшої біомаси діатомові і зелені водорості досягали у інтервалі температур води близько 22,0–23,0°C. Підвищення температури води до аномально високих значень ($\geq 25,0^\circ\text{C}$) супроводжувалося суттєвим зменшенням

зниженням відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ до мінімальних його значень влітку (близько 6) за максимальної біомаси фітопланктону, яка визначалася активною вегетацією представників Cyanophyta. Зниження вегетації фітопланктону в осінній сезон супроводжувалося зростанням відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ до 30–35.

В цілому, порівняльний аналіз отриманих даних із літературними за минуле століття

біомаси Bacillariophyta і Chlorophyta та збільшенням – Cyanophyta, які 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 і вмістом неорганічного фосфору у воді. Отримані величини відношення $N_{\text{неорг}}/P_{\text{неорг}}$ свідчать, що на сьогодні неорганічний фосфор не є провідним 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 Суанорphyta.

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 НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Задорожна Г. М. Вертикальний розподіл фітопланктону лентичної екосистеми / Г. М. Задорожна // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2013. – №4 (57). – С. 48–55.
2. Задорожна Г. М. Динаміка автотрофної ланки Канівського водосховища / Г. М. Задорожна, Н. Є. Семенюк // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія. – 2015. – №3–4 (64). – С. 230–234. *(Збір, обробка, участь у написанні статті)*
3. Щербак В. І. Екологічний стан кївської ділянки Канівського водосховища взимку 2010 р. / В. І. Щербак, Г. М. Задорожна // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія. – 2010. – №2 (43). – С. 549–551. *(Збір, обробка та аналіз матеріалу, написання статті)*
4. Щербак В. И. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона, фитомикроэпифитона и биогенных элементов на речном участке Каневского водохранилища / В. И. Щербак, В. М. Якушин, А. М. Задорожная, Н. Е. Семенюк, М. И. Линчук // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 5. – С. 52–66. *(Збір, обробка, участь у написанні статті)*
5. 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. *(Збір, обробка, аналіз даних, узагальнення матеріалів, написання статті)*
6. 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. *(Збір, обробка, аналіз матеріалу, узагальнення та написання статті)*

7. 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. (*Відбір альгологічних проб, їх обробка, участь в обговоренні результатів і написанні статті*)
8. Щербак В. І. Особливості розвитку літнього фітопланктону в умовах аномального температурного режиму / В. І. Щербак, **Г. М. Задорожна**, К. П. Каленіченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 1 (22). – С. 173–178.
9. Жежеря Т. П., Сезонні зміни в міграції і трансформації співіснуючих форм силіцію в поверхневих водах / Т. П. Жежеря, **Г. М. Задорожна** // Мат. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Київ, 5–6 листопада 2013 р.). – К.: Ін-т гідробіології НАН України, 2013. – С. 28–30.
10. Задорожна Г. М. Вертикальний розподіл температури і вміст кисню Канівського водосховища в зимовий період / Г. М. Задорожна // XIII Міжнар. наук.-практ. конф. "Екологія. Людина. Суспільство": тези доповідей (Київ, 19–23 травня 2010 р.). – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – С. 42–43.
11. Задорожна Г. М. Таксономічна структура фітопланктону київської ділянки Канівського водосховища / Г. М. Задорожна // Мат. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Київ, 5–6 листопада 2013 р.). – К.: Ін-т гідробіології НАН України, 2013. – С. 31–32.
12. Задорожна Г. М. Особливості гідроекологічного моніторингу / Г. М. Задорожна // «Фальцфейнівські читання»: збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2011. – С. 50–51.
13. Задорожна Г. М. Характеристика екологічного стану гідроекосистем за структурно-функціональною організацією фітопланктону / Г. М. Задорожна // 3-я Междунар. науч. конф. «Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений» (Херсон, 17–19 мая 2012 г.). – Херсон: ПП Вишемирський, 2012. – С. 52–55.
14. Задорожная А. М. Сапробиологическая оценка залива Оболонь как рекреационного объекта в пределах мегаполиса / А. М. Задорожная // 3-й Междунар. Экологический форум «Чистый город. Чистая река. Чистая планета» (Херсон, 17–18 ноября 2011 г.). – Херсон, 2011. – С. 89–90.
15. Козійчук Е. Ш. Оцінка якості води різнотипних водойм за водоростевими угрупованнями / Е. Ш. Козійчук, **Г. М. Задорожна** // Міжнародний періодичний науковий збірник «Інтегроване управління водними ресурсами». – 2014. – № 2. – С. 59–65.
16. Щербак В. І. Вертикальна стратифікація температурного і кисневого режимів затоки Оболонь (м. Київ) в екстремальних літніх умовах 2010 р. / В. І. Щербак, **Г. М. Задорожна** // Міжнар. наук.-практ. конф. «Новітні досягнення біотехнології»: тези доповідей (Київ, 21–22 жовтня 2010 р.). – К.: «Мегапринт», 2010. – С. 128–129.
17. Zadorozhna H. M. Present-day characteristics of phytoplankton in Kyiv section of Kaniv water reservoir / H. M. Zadorozhna // Міжнар. конф. молодих учених

«Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Щолкіне, 18–22 червня 2013 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2013. – С. 68–69.

18. Задорожна Г. М., Фітопланктон придаткової мережі Канівського водосховища / Г. М. Задорожна, Н. Є. Семенюк // Мат. наук.-практ. конф. «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Київ, 2–3 квітня 2015 р.). – К.: Ін-т гідробіології НАН України, 2015. – С. 32–33.

ПОДЯКА

Автор висловлює щирю вдячність науковому керівнику д. б. н., проф. В. І. Щербаку, к. б. н. Н. Є. Семенюк, Г. О. Гошовській, к. б. н. К. П. Каленіченко, Ю. В. Кобець, співробітникам Інституту гідробіології НАН України за цінні поради, консультації та допомогу при проведенні спільних досліджень. Окрема подяка рідним та друзям за віру, терпіння та всебічну підтримку.

АНОТАЦІЇ

Задорожна Г.М. Особливості розвитку фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних і лентичних умовах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.17 – гідробіологія. – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2016.

У лотичних умовах сезонна динаміка фітопланктону характеризувалась декількома піками розвитку водоростей, які реєструвались у різних температурних інтервалах та визначались відмінною структурою біомаси та домінуючим комплексом видів. Показано, що внаслідок підвищення середніх багаторічних температур води, зростає тривалість літнього та осіннього періодів вегетації фітопланктону.

У лентичних умовах вертикальний розподіл якісних та кількісних показників розвитку фітопланктону характеризувався оберненою стратифікацією в зимовий період, прямою – в літній та гомогенним розподілом планктонних водоростей по всій водній товщі навесні та восени.

Зростання температури води в літній період від середньої багаторічної (20,9–21,2°C) до аномально високої (25,0–28,1°C) супроводжувалось зменшенням кількості видів фітопланктону вдвічі, максимум чисельності формувався у поверхневому горизонті за рахунок розвитку *Synophyta*, тоді як максимум біомаси – на глибині близько 2,0 м за рахунок *Bacillariophyta* і *Dinophyta*. Аномальні температури води в пізньоосінній період (6,2–7,7°C) зумовлювали зростання кількості видів, чисельності та біомаси водоростей.

Статистично встановлені прямі кореляційні зв'язки структурно-функціональних показників фітопланктону із сумарною сонячною радіацією, температурою води, насиченням води киснем, неорганічним фосфором та обернені – із прозорістю води, вмістом розчиненого кремнію у воді.

Ключові слова: фітопланктон, верхня частина Канівського водосховища, лотичні умови, лентичні умови, вертикальний розподіл, сезонна динаміка.

Задорожная А.М. Особенности развития фитопланктона верхней части Каневского водохранилища в лотических и лентических условиях. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.17 – гидробиология. – Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2016.

Установлены особенности развития качественных и количественных показателей фитопланктона, комплекса его доминирующих видов в лотических и лентических условиях верхней части Каневского водохранилища.

Показано, что фитопланктон в лотических и лентических условиях представлен 238 и 257 в. в. т. соответственно, которые относятся к 8 отделам. При этом основу видового богатства водорослей в лотических условиях равными долями формировали зеленые и диатомовые водоросли (по 36% соответственно), тогда как у лентических – отмечено увеличение доли Chlorophyta (40%) и уменьшение – Bacillariophyta (30%).

Сезонная динамика фитопланктона в лотических условиях имела несколько пиков развития водорослей, которые регистрировались в определенных температурных диапазонах и характеризовались различной структурой численности, биомассы и доминирующего комплекса видов. Показано, что возрастание среднемесячных температур воды обуславливало увеличение длительности летнего и осеннего периодов вегетации фитопланктона.

Вертикальное распределение качественных и количественных показателей фитопланктона характеризовалось обратной стратификацией в зимний период, прямой – в летний, гомогенным распределением планктонных водорослей по всей водной толще весной и осенью. Показано, что в периоды стратификации водных масс доля Bacillariophyta в фитопланктоне увеличивалась с глубиной, в то время как Cyanophyta и Cryptophyta, наоборот, уменьшалась.

При аномально высоких температурах воды в летний период (25,0–28,1°C) количество видов водорослей в лотических и лентических условиях уменьшалось вдвое, при этом установлено снижение развития диатомовых, зеленых водорослей и увеличение – синезеленых. В лентических условиях в период аномальных летних температур максимум численности регистрировался в поверхностном горизонте и определялся развитием Cyanophyta (родов *Microcystis*, *Phormidium*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*), в то же время, пик биомассы – на глубине 2,0 м формировался диатомовыми (*A. granulata* f. *granulata*) и динофитовыми водорослями (*Ceratium hirundinella*). Показано, что аномально высокие температуры воды в позднеосенний период (6,2–7,7°C) сопровождалась увеличением качественных и количественных показателей фитопланктона.

Статистически установлены прямые корреляционные связи структурно-функциональных показателей фитопланктона с суммарной солнечной радиацией, температурой воды, насыщением воды кислородом, неорганическим фосфором и обратные – с прозрачностью воды, концентрацией растворенного кремния в воде.

Ключевые слова: фитопланктон, верхняя часть Каневского водохранилища, лотические условия, лентические условия, вертикальное распределение, сезонная динамика.

Zadorozhna G. M. Phytoplankton development patterns in the upper section of Kaniv water reservoir in lotic and lentic conditions. – Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Biological Sciences by the speciality 03.00.17. – Hydrobiology. – Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

In lotic conditions phytoplankton seasonal dynamics was marked by several peaks of algae development, which were recorded within different temperature ranges and distinguished by different structure of biomass and dominant species complex. Due to the rise in the average annual water temperature, the summer and autumn phytoplankton vegetation periods become longer. In lentic conditions the vertical distribution of phytoplankton qualitative and quantitative composition showed reverse stratification in winter, direct stratification – in summer, and homogenous distribution in the water column in spring and autumn.

Increase in the water temperature in summer, compared with the average annual values (20.9–21.2°C), to abnormally high values (25.0–28.1°C) was followed by reduction in the phytoplankton species diversity, the abundance peak was formed in the surface horizon due to Cyanophyta, while the biomass peak – at a depth about 2.0 m due to Bacillariophyta and Dinophyta. Abnormal water temperatures in late autumn (6.2–7.7°C) caused increase in the number of species, abundance and biomass of algae.

Phytoplankton structural and functional parameters were found to be directly correlated with total solar radiation, water temperature, oxygen content, concentration of inorganic phosphorus and dissolved silicon.

Key Words: phytoplankton, upper section of Kaniv water reservoir, lotic conditions, lentic conditions, vertical distribution, seasonal dynamics.