

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Григор'єва Ганна Євгеніївна

УДК [574.583+574.586+574.587](282.247.32+285)(043.3)

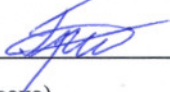
ДИСЕРТАЦІЯ

**СТРУКТУРНІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ АЛЬГОУГРУПОВАНЬ
ЛІТОРАЛІ РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ**

091 Біологія
ОНП Біологія. Гідробіологія.

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


Г.Є. Григор'єва
(підпис здобувача)

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

Київ - 2026

АНОТАЦІЯ

Григор'єва Г.Є. Структурні взаємозв'язки альгоугруповань літоралі різнотипних водних екосистем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 091 Біологія (ОНП Біологія. Гідробіологія.) – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2026.

У роботі встановлено структурні взаємозв'язки між водоростями різних екологічних груп (фітопланктон, мікрофітобентос та фітоепіфітон) у літоральній зоні різнотипних водних екосистем міста Києва. Доведено, що фітопланктон, мікрофітобентос та фітоепіфітон не є ізольованими у просторі й часі, а формують єдину водоростеву систему, яка характеризується наявністю спільних видів та пояснює подібність показників якості водного середовища як у лотичних, так і у лентичних екосистемах. Динамічні властивості фітопланктону та контурних угруповань обумовлені активною чи пасивною міграцією, у процесі якої водорості одного угруповання поповнюють інше, і тим самим впливають на таксономічний склад, кількісні показники (чисельність, біомасу), домінуючий комплекс цих альгоугруповань. Для виявлення взаємозв'язків між водоростями різних екологічних груп у лотичних і лентичних екосистемах застосовано комплексний методичний підхід, основою якого є паралельний одночасовий відбір проб фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону на кожній з досліджуваних станцій впродовж різних вегетаційних сезонів, включаючи зимовий у 2022–2025 рр.

За результатами комплексного дослідження водоростей водної товщі та контурних угруповань доведено подібність: таксономічного складу (на рівні видів, відділів), структури альгоугруповань за показниками рясності, домінуючих комплексів, величин індексів сапробності, показників інформаційного різноманіття, а також встановлено наявність кореляційних зв'язків та спільних видів-домінантів, показано сезонну динаміку та з'ясовано біотопічну

приуроченість спільних видів фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону, що є основою структурних взаємозв'язків між альгоутгрупованнями літоралі різнотипних водних екосистем.

У оз. Вербне (лентична екосистема) ідентифіковано 462 види (482 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 53 порядків, 92 родин, 197 родів, спільними з яких є 142 ввт. Руслова ділянка Канівського водосховища (лотична екосистема) представлена 401 видом (416 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 49 порядків, 83 родин, 170 родів, відповідно спільними є 101 ввт. У цілому за період досліджень у водоймі та у водотоці виявлено 563 види (597 ввт) з 8 відділів, 21 класу, 56 порядків, 100 родин, 223 родів.

Доведено своєрідність видового складу водоростевих угруповань кожної з досліджених водних екосистем, що характеризувалися окремими кластерами представленими альгоутгрупованнями лентичної та лотичної екосистем між якими коефіцієнт Серенсена (K_s) $< 0,5$. Також отримані результати свідчать про подібність між водоростями різних екологічних груп як у озері, так і у русловій ділянці Канівського водосховища. Встановлено, що рівень видової подібності між мікрофітобентосом та фітоепіфітоном був вищим ($K_s = 0,62$ у водоймі та $K_s = 0,57$ у водотоці), ніж між фітопланктоном та компонентами контурних угруповань ($K_s \leq 0,5$). Як у лентичній, так і у лотичній екосистемах мікрофітобентос та фітоепіфітон були представлені найбільшою кількістю спільних ввт (254 та 174 ввт відповідно).

На основі проведених досліджень доведено, що подібність таксономічного складу фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону є характерною ознакою структурних взаємозв'язки між цими екологічними групами водоростей і представлена полідомінантним комплексом: Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria. Водночас своєрідність видового складу альгоутгруповань різнотипних водних екосистем визначалась тим, що у лентичній екосистемі флористична структура формувалася переважно Bacillariophyta (фітопланктон – 25%, мікрофітобентос – 42%, фітоепіфітон – 43% відповідно) і Chlorophyta (41%, 29%, 30%), а у лотичній – Bacillariophyta (36%, 61%, 60%).

Важливою особливістю озерного фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону було те, що вони характеризувалися більш різноманітно від 1–10% Cryptista, Miozoa, Charophyta, Ochrophyta, Euglenozoa, водночас у русловій ділянці – в основному Ochrophyta, Cryptista, Euglenozoa. Основу флористичного багатства спільних видів водойми представлено переважно Chlorophyta (38%) – Bacillariophyta (32%), натомість водотоку – в основному Bacillariophyta (58%).

Виявлено, що спільними для фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу лентичної екосистеми є 142 ввт серед яких переважали планктонні форми (69%), меншою часткою характеризувалися перифітонні (16%) та бентосні (15%). У лотичній екосистемі ідентифіковано 101 спільний ввт представлений в основному планктонними (47%) та бентосними (36%) формами, а перифітонними – суттєво менше (17%). В цілому, своєрідність видового складу альгоугруповань за біотопічною приуроченістю полягає в тому, що спільні види фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу водойми характеризуються переважно планктонними формами, водотоку – планктонними та бентосними.

Аналіз сезонної динаміки спільних видів оз. Вербне показав, що у літньо-осінній період найбільшу частку видів складають Chlorophyta (48%–50%), у зимово-весняний – Bacillariophyta (62%–46%). Натомість спільні види руслової ділянки водосховища у зимово-літній період були представлені в основному Bacillariophyta (64%–83%), і тільки восени значно зростала частка Cyanobacteria (62%). Встановлено, що в зимовий період суттєво зменшується частка спільних видів із Cyanobacteria, Chlorophyta та збільшується – Bacillariophyta. Кількість спільних видів альгоугруповань досліджуваних водних екосистем залежить від сезону та абіотичних чинників, зокрема течії, зміни рівня води, інтенсивності перемішування водних мас, температурного режиму та інших.

Доведено, що у лентичній екосистемі структура фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за показниками рясності формується Cyanobacteria–Bacillariophyta–Chlorophyta, а у лотичній – Cyanobacteria–Bacillariophyta. Фітопланктон та фітоепіфітон представлені вищими показниками кількісного розвитку у водоймі, ніж у водотоку. Так, чисельність фітопланктону у

озері коливалась у межах 2157,0–1817456,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,60–66,86 мг/дм³, у водотоці – 12654,0–571734,0 тис. кл/дм³, 0,37–61,80 мг/дм³ відповідно. Чисельність фітоепіфітону у водоймі коливались у межах 457,2–33154,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,05–55,32 мг/10 см², у водотоці – 50,4–20833,0 тис. кл/10 см², 0,06–12,14 мг/10 см² відповідно. Натомість мікрофітобентос водойми характеризувався більшими показниками біомаси – 0,20–28,21 мг/10 см², а водотік чисельності – 667,2–112181,0 тис. кл/10 см².

Встановлено, що спільними видами домінуючого комплексу альгоугруповань оз. Вербне були: *Limnothrix redekei*, *Microcystis pulvereae*, *Anagnostidinema amphibium*, *Planktothrix agardhii*, руслової ділянки – *Microcystis pulvereae*.

Виявлено, що якість водного середовища за фітопланктоном, фітоепіфітоном, мікрофітобентосом як у лентичній, так і у лотичній екосистемах характеризувалася як β' , β'' -мезосапробна зона з індексами сапробності у водоймі у межах 1,24–2,54, у водотоці – 1,28–2,21. Схожість показників сапробності обумовлена наявністю спільних індикаторних видів альгоугруповань і за період досліджень у озері ідентифіковано 78 таких видів для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону, у русловій ділянці – 66 видів. Прикладами спільних індикаторних видів досліджених альгоугруповань водойми є: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Gogorevia exilis*, *Gomphonema parvulum*, *Epithemia sorex*, *Snowella rosea*, *Snowella lacustris*, *Fragilaria crotonensis*, *Cymbella cistula*, *Encyonema elginense*, *Encyonema leibleinii*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Trachelomonas intermedia*, *Trachelomonas volvocina*, *Tetrastrum elegans*, *Ceratium hirundinella*, *Halamphora veneta*. Водотік був представлений: *Microcystis pulvereae*, *Merismopedia tenuissima*, *Planothidium rostratum*, *Karayevia rostrata*, *Asterionella formosa*, *Craticula halophila*, *Melosira varians*, *Surirella librile*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Dolichospermum flosaquae*, *Caloneis silicula*, *Nitzschia paleacea*, *Pediastrum duplex*, *Chrysococcus rufescens*, *Kephyrion moniliferum*.

Для розширення методологічних підходів у встановленні структурних взаємозв'язків між водоростями різних екологічних груп застосовано індекс інформаційного різноманіття Шеннона (H_N , H_B). Виявлено пряму статистично достовірну кореляційну залежність між показником Шеннона (H_N) фітопланктону і мікрофітобентосу у лентичній ($r = 0,701$, $p = 0,008$) та у лотичній ($r = 0,619$, $p = 0,01$) екосистемах.

З'ясовано, що коефіцієнти варіації (C_v , %) індексу Шеннона (H_N , H_B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі складала 27–44% (H_N), 16–29% (H_B), а у водотоці (77–113%, 19–49% відповідно). Більш високі коефіцієнти варіації показника Шеннона всіх трьох альгоугруповань лотичної екосистеми обумовлено в основному оліго-, монодомінантністю. Водночас лентична екосистема представлена переважно полідомінантною структурою, де індекси Шеннона $H > 2$ (біт/екз; біт/мг).

Таким чином, результати комплексних досліджень фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону лентичної та лотичної екосистем показали, що водоростеві угруповання характеризувалися структурними взаємозв'язками, які обумовлюють подібність: таксономічного складу на різних щаблях таксономічної ієрархії (відділ, вид), структури альгоугруповань за показниками рясності, формування домінуючих комплексів, величин індексів сапробності, показників інформаційного різноманіття, а також наявність кореляційних зв'язків, спільних видів, особливості сезонної динаміки та біотопічної приуроченості таких видів різнотипних водних екосистем. Проведене паралельне одночасове вивчення фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону підтвердило наявність структурних взаємозв'язків між цими екологічними групами та своєрідність видового складу альгоугруповань кожної водної екосистеми. Результати досліджень водоростей різних екологічних груп, як важливих компонентів автотрофної ланки, можуть бути використані при подальшому вивченні континентальних водойм і водотоків України. Також доведено, що для оцінки водного середовища лентичної чи лотичної екосистем можна застосовувати

сапробіологічні характеристики одного з досліджених альгоугруповань, оскільки кожне з них може бути репрезентативним показником якості водного середовища.

Ключові слова: фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон, лотичні та лентичні екосистеми, спільні види, біотопічна приуроченість, контурні угруповання, озеро Вербне, руслова ділянка Канівського водосховища.

ABSTRACT

Hrygor'yva. A. Structural relationships of littoral algal communities in different types of aquatic ecosystems. – Qualifying scientific thesis in manuscript form.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 091 Biology (Field of Study: Biology. Hydrobiology.) – Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

This study identifies structural relationships among algae of various ecological groups (phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphytes) in the littoral zone of various types of aquatic ecosystems in the city of Kyiv. It has been demonstrated that phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphytes are not isolated in space and time, but rather form a single algal system characterized by the presence of shared species, which explains the similarity in water quality indicators in both lotic and lentic ecosystems. The dynamic properties of phytoplankton and contour communities are determined by active or passive migration, during which algae from one community replenish another, thereby influencing the taxonomic composition, quantitative indicators (abundance, biomass), and the dominant complex of these algal communities. To identify the relationships between algae of different ecological groups in lotic and lentic ecosystems, a comprehensive methodological approach was applied, based on the parallel, simultaneous sampling of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton at each of the study sites throughout various growing seasons, including the winter of 2022–2025.

Based on the results of a comprehensive study of phytoplankton and contour communities, similarities were demonstrated: taxonomic composition (at the species and phylum levels), the structure of algal communities in terms of abundance, dominant complexes, saprobity index values, and information diversity indices, as well as the presence was established of correlations and shared dominant species; the seasonal dynamics were demonstrated, and the biotopic preferences of shared species was determined, which forms the basis for the structural relationships between algal communities in the littoral zones of different types of aquatic ecosystems.

In Lake Verbne (lentic ecosystem), 462 species (482 infraspecies taxa) have been identified, belonging to 8 phyla, 19 classes, 53 orders, 92 families, and 197 genera, with 142 taxonomic units shared among them. The riverine zone of the Kaniv Reservoir (lotic ecosystem) is represented by 401 species (416 infraspecies taxa) from 8 phyla, 19 classes, 49 orders, 83 families, and 170 genera, with 101 individuals shared among them. In total, over the course of the study, 563 species (597 infraspecies taxa) from 8 phyla, 21 classes, 56 orders, 100 families, and 223 genera were identified in the lake and the watercourse.

The uniqueness of the species composition of algal communities in each of the studied aquatic ecosystems was established; these ecosystems were characterized by distinct clusters represented by algal communities of lentic and lotic ecosystems, between which the Sørensen's similarity index (K_s) was less than 0.5. The results also indicate similarities between algae of different ecological groups, both in the lake and in the riverine zone of the Kaniv Reservoir. It was found that the level of species similarity between the microphytobenthos and the phytoepiphyton was higher ($K_s = 0.62$ in the lake and $K_s = 0.57$ in the watercourse) than between the phytoplankton and the components of the contour communities ($K_s \leq 0.5$). In both lentic and lotic ecosystems, microphytobenthos and phytoepiphyton were represented by the largest number of shared taxa (254 and 174 taxa, respectively).

Based on the studies conducted, it has been demonstrated that the similarity in the taxonomic composition of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton is a characteristic feature of the structural relationships among these ecological groups of

algae and is represented by a polydominant complex: Bacillariophyta–Chlorophyta–Cyanobacteria. At the same time, the distinctiveness of the species composition of algal communities in different types of aquatic ecosystems was determined by the fact that in the lentic ecosystem, the floristic structure was dominated by Bacillariophyta (phytoplankton – 25%, microphytobenthos – 42%, phytoepiphyton – 43%, respectively) and Chlorophyta (41%, 29%, 30%), while in the lotic ecosystem, it was dominated by Bacillariophyta (36%, 61%, 60%).

An important feature of the lake's phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton was that they were characterized by a greater diversity of Cryptista, Miozoa, Charophyta, Ochrophyta, and Euglenozoa (1–10%), whereas in the riverine zone – mainly Ochrophyta, Cryptista, and Euglenozoa. The floristic richness of the shared species in the lake was dominated by Chlorophyta (38%) and Bacillariophyta (32%), whereas in the watercourse, it was dominated by Bacillariophyta (58%).

It was found that 142 infraspecies taxa were common to the phytoplankton, phytoepiphyton, and microphytobenthos of the lentic ecosystem, among which planktonic forms predominated (69%), while periphytic (16%) and benthic (15%) forms accounted for a smaller proportion. In the lotic ecosystem, 101 shared species were identified, represented mainly by planktonic (47%) and benthic (36%) forms, with periphytic forms accounting for a significantly smaller proportion (17%). Overall, the distinctiveness of the species composition of algal communities based on their biotopic preferences lies in the fact that the shared species of phytoplankton, phytoepiphyton, and microphytobenthos in the lake are predominantly planktonic forms, while those in the watercourse are planktonic and benthic.

An analysis of the seasonal dynamics of shared species in Lake Verbne showed that during summer and autumn, Chlorophyta accounted for the largest proportion of species (48%–50%), while during winter and spring, Bacillariophyta accounted for the largest proportion (62%–46%). In contrast, the shared species in the riverine zone's during the winter–summer period were mainly represented by Bacillariophyta (64%–83%), and only in autumn did the proportion of Cyanobacteria increase significantly (62%). It has been demonstrated that during the winter period, the proportion of shared

species belonging to Cyanobacteria and Chlorophyta decreases significantly, while that of Bacillariophyta increases. The number of shared species among algal communities in the studied aquatic ecosystems depends on the season and abiotic factors, including currents, changes in water level, the intensity of water mixing, temperature conditions, and others.

It has been proven that in a lentic ecosystem, the structure of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton, according to abundance indicators, is dominated by Cyanobacteria–Bacillariophyta–Chlorophyta, whereas in a lotic ecosystem, it is dominated by Cyanobacteria–Bacillariophyta. Phytoplankton and phytoepiphyton exhibit higher levels of quantitative development in the lake than in the watercourse. Thus, the phytoplankton abundance in the lake ranged from 2157.0 to 1817456.0 thousand cells/dm³, with biomass ranging from 0.60 to 66.86 mg/dm³, in the riverine zone – 12654–571734.0 thousand cells/dm³ and 0.37–61.80 mg/dm³, respectively. The phytoepiphyton abundance in the lake ranged from 457.2 to 33154.0 thousand cells/10 cm², with biomass ranging from 0.05 to 55.32 mg/10 cm², in the watercourse – 50.4–20.833 thousand cells/10 cm², and 0.06–12.14 mg/10 cm², respectively. In contrast, the microphytobenthos of the lake was characterized by higher biomass values – 0.20–28.21 mg/10 cm² – while that of the watercourse was characterized by higher abundance – 667.2–112.181 thousand cells/10 cm².

It was found that the shared species of the dominant complex of algal communities of Lake Verbne were: *Limnothrix redekei*, *Microcystis pulvereae*, *Anagnostidinema amphibium*, *Planktothrix agardhii*, and in the riverine zone – *Microcystis pulvereae*.

It was found that the quality of the aquatic environment, as assessed by phytoplankton, phytoepiphytes, and microphytobenthos in both lentic and lotic ecosystems, was characterized as a β' , β'' -mesosaprobic zone, with saprobity indices in the lake ranging from 1.24 to 2.54, and in the watercourse – 1.28–2.21. The similarity in saprobity indices is due to the presence of shared indicator species within algal assemblages; during the study period, 78 such species were identified in the lake for phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton, and 66 species were identified

in the watercourse. Examples of the shared indicator species found in the studied algal communities of the lake include: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Gogorevia exilis*, *Gomphonema parvulum*, *Epithemia sorex*, *Snowella rosea*, *Snowella lacustris*, *Fragilaria crotonensis*, *Cymbella cistula*, *Encyonema elginense*, *Encyonema leibleinii*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Trachelomonas intermedia*, *Trachelomonas volvocina*, *Tetrastrum elegans*, *Ceratium hirundinella*, *Halamphora veneta*. The watercourse was represented: *Microcystis pulvereae*, *Merismopedia tenuissima*, *Planothidium rostratum*, *Karayevia rostrata*, *Asterionella formosa*, *Craticula halophila*, *Melosira varians*, *Surirella librile*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Dolichospermum flosaquae*, *Caloneis silicula*, *Nitzschia paleacea*, *Pediastrum duplex*, *Chrysococcus rufescens*, *Kephyrion moniliferum*.

To expand methodological approaches for establishing structural relationships between algae of different ecological groups, the Shannon information diversity index (H_N , H_B) was applied. A direct, statistically significant correlation was found between the Shannon index (H_N) of phytoplankton and microphytobenthos in lentic ($r = 0.701$, $p = 0.008$) and lotic ($r = 0.619$, $p = 0.01$) ecosystems.

It was found that the coefficients of variation (C_v , %) for the Shannon index (H_N , H_B) of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton in the lake varied within 27–34% (H_N) and 16–29% (H_B), and in the watercourse – 77–113% and 19–49%, respectively. The higher Shannon coefficients of variation for all three algal groups in the lotic ecosystem were primarily due to oligodominance and monodominance. At the same time, the lentic ecosystem is characterized primarily by a polydominant structure, with Shannon indices $H > 2$ (bits/cell; bits/mg).

Thus, the results of comprehensive studies of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton in lentic and lotic ecosystems showed that algal communities were characterized by structural relationships that accounted for similarities in: taxonomic composition at various levels of the taxonomic hierarchy (phylum, species), the structure of algal communities in terms of abundance, the formation of dominant complexes, saprobity index values, information diversity indicators, as well as the presence of correlations, shared species, and the characteristics of seasonal dynamics and biotopic

preferences of such species in different types of aquatic ecosystems. A parallel, simultaneous study of phytoplankton, microphytobenthos, and phytoepiphyton confirmed the existence of structural relationships among these ecological groups and the uniqueness of the species composition of algal communities in each aquatic ecosystem. The findings of research on algae of various ecological groups, as important components of the autotrophic level, can be used in further studies of continental water bodies and watercourses in Ukraine. It has also been demonstrated that the saprobiological characteristics of one of the studied algal communities can be used to assess the aquatic environment of lentic or lotic ecosystems, since each of these communities can serve as a representative indicator of aquatic environmental quality.

Keywords: phytoplankton, microphytobenthos, phytoepiphyton, lotic and lentic ecosystems, shared species, biotopic preferences, contour communities, Lake Verbne, the riverine zone of the Kaniv Reservoir.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричній базі даних

Scopus:

1. Semenyuk N.Ye., Davydov O.A., **Hryhoriyeva H.Ye.**, Zhorova A.V., Koziychuk E.Sh. Process of *Typha angustifolia* L. Colonization by Algae of Various Ecological Groups in the River Section of the Kaniv Reservoir (the Dnieper River, Ukraine). *Hydrobiological Journal*. 2026. Vol. 62, Issue 1. P. 3–23. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v62.i1.10> (Особистий внесок: відбір проб фітоепіфітону, опрацювання відібраного матеріалу та узагальнення результатів, написання частини статті).
2. Zhorova A.V., **Hryhoriyeva H.Ye.**, Semenyuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. Spatial Dynamics and Interrelations of Contour Algal Communities in the Upper Section of the Kaniv Reservoir (Dnieper River, Ukraine). *Hydrobiological Journal*. 2025. Vol. 61, Issue 4. P. 3–23. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v61.i4.10> (Особистий внесок: відбір проб мікрофітобентосу та фітоепіфітону, камеральне

опрацювання проб, виготовлення постійних препаратів, узагальнення та математичне опрацювання результатів, написання частини статті).

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. **Григор'єва Г.Є.** Характеристика осіннього мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне (м. Київ, Україна). *Альгологія*. 2025. Т. 35, № 1. С. 58–72. <https://doi.org/10.15407/alg35.01.058>

Тези та матеріали конференцій:

4. **Григор'єва Г.Є.** Весняний фітопланктон озера Вербне (м. Київ). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: зб. наук. праць. Матеріали VI наук.-практ. конф. молодих вчених (Київ, 2023. 10–11 жовтня 2023 р.).* Київ: Інститут гідробіології НАН України, 2023. С. 43–44.
5. Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., **Григор'єва Г.Є.**, Жорова А.В. Домінуючі комплекси мікрофітобентосу та фітоепіфітону заток Верхньої ділянки Канівського водосховища. *Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference.* MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. P. 61–64.
6. **Григор'єва Г.Є.**, Жорова А.В., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Контурні водоростеві угруповання річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024.* Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18–19 квітня 2024 р. Тернопіль: Вектор, 2024. С. 317–323.
7. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Кількісні показники розвитку осіннього мікрофітобентосу озера Вербне (Україна). *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних*

- територій. Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.). Львів: СПОЛОМ, 2024. С. 52–54.*
8. **Григор'єва Г.Є., Давидов О.А.** Перифітонти в донних альгоугрупованнях річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій. Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.). Львів: СПОЛОМ, 2024. С. 50–52.*
 9. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Структурні компоненти мікрофітобентосу руслової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.: збірник матеріалів. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 82–83.*
 10. **Григор'єва Г.Є., Давидов О.А.** Особливості формування видового різноманіття фітоепіфітону озера Вербне (м. Київ, Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.: збірник матеріалів. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 76–77.*
 11. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Індикаторні еколого-санітарні показники мікрофітобентосу річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць. Житомир: 2024. С. 38–40.*
 12. **Григор'єва Г.Є., Давидов О.А.** Структурні компоненти фітоепіфітону *Turpha angustifolia* L. в пізньоосінній період оз. Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць. Житомир: 2024. С. 37–38.*
 13. **Григор'єва Г.Є., Давидов О.А.** Bacillariophyta зимового мікрофітобентосу в озері Вербне (Україна). *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: Збірник матеріалів IX з'їзду Гідроекологічного товариства України. Дніпро, 2024. С. 26–27.*

14. **Григор'єва Г.Є.**, Давидов О.А. Літоральні евритопні діатомові контурних альгоугруповань озера Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2025*: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир: Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 62–63.
15. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Еколого-морфологічна група крупних діатомових в умовах інтенсивної динаміки водних мас. *Біологічні дослідження – 2025*: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир: Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 65–67.
16. **Григор'єва Г.Є.**, Давидов О.А. Особливості формування показників рясності літнього мікрофітобентосу оз. Вербне (Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025*: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференція, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025). Тернопіль: Вектор, 2025. С. 184–186.
17. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Трансформація структури мікрофітобентосу за підвищеного рівня води у верхній частині Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025*: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференція, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025). Тернопіль: Вектор, 2025. С. 193–195.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. АЛЬГОУГРУПОВАННЯ ЛІТОРАЛІ ЛЕНТИЧНИХ ТА ЛОТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД).....	27
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	38
2.2. АБІОТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	44
2.3. ВІДБІР ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПРОБ ФІТОПЛАНКТОНУ, ФІТОЕПІФІТОНУ, МІКРОФІТОБЕНТОСУ.....	51
РОЗДІЛ 3. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ ФІТОПЛАНКТОНУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ.....	56
3.1. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД.....	56
3.2. ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ.....	60
3.3. ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ І МІЖРІЧНОЇ ДИНАМІКИ ФІТОПЛАНКТОНУ ВОДОЙМИ ТА ВОДОТОКУ.....	66
3.4. САПРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ФІТОПЛАНКТОНОМ.....	84
РОЗДІЛ 4. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ ФІТОЕПІФІТОНУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ.....	87
4.1. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД.....	87
4.2. ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ.....	91
4.3. ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ І МІЖРІЧНОЇ ДИНАМІКИ ФІТОЕПІФІТОНУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	98
4.4. САПРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ФІТОЕПІФІТОНОМ.....	116

РОЗДІЛ 5. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ.....	118
5.1. Таксономічний склад.....	118
5.2. Показники рясності.....	121
5.3. Особливості сезонної і міжрічної динаміки мікрофітобентосу лотичної та лентичної екосистем.....	127
5.4. Сапробіологічна характеристика якості води за мікрофітобентосом.....	147
РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ФІТОПЛАНКТОНУ, МІКРОФІТОБЕНТОСУ, ФІТОЕПІФІТОНУ ЛЕНТИЧНИХ І ЛОТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	150
6.1. Характеристика взаємозв'язків на різних щаблях таксономічного складу.....	150
6.2. Характеристика взаємозв'язків за показниками рясності.....	158
6.3. Встановлення взаємозв'язків на рівні домінуючого комплексу.....	160
6.4. Особливості взаємозв'язків фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону в зимовий період на прикладі оз. Вербне.....	166
6.5. Встановлення видової подібності водойми і водотоку та біотопічної приуроченості спільних видів водоростей різних екологічних груп.....	172
6.6. Оцінка взаємозв'язків у системі «фітопланктон–мікрофітобентос–фітоепіфітон» з використанням індексу Шеннона.....	178
6.7. Основні закономірності, що визначають взаємозв'язки водоростей різних екологічних груп лентичних та лотичних екосистем (узагальнення).....	183
ВИСНОВКИ.....	195

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	197
ДОДАТКИ.....	222
ДОДАТОК А. АБІОТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗ. ВЕРБНЕ (ЛЕНТИЧНОЇ) ТА РУСЛОВОЇ ДІЛЯНКИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (ЛОТИЧНОЇ) ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.	222
ДОДАТОК Б. ТАБЛИЦЯ. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД ВОДОРОСТЕЙ ДОСЛІДЖЕНИХ РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ М. КИЄВА.....	225
ДОДАТОК В. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	252

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

ВВР – вищі водні рослини

ввт – внутрішньовидові таксони з номенклатурним типом виду включно

МФБ – мікрофітобентос

ПАВ – поверхнево-активні речовини

ФЕ – фітоепіфітон

ФПЛ – фітопланктон

B – біомаса альгоугруповання, мг/дм³, г/м³, мг/10 см²

Cv – коефіцієнт варіації, %

H_B – індекс інформаційного різноманіття Шеннона за біомасою, біт/мг

H_N – індекс інформаційного різноманіття Шеннона за чисельністю, біт/екз

K_S – коефіцієнт подібності видового складу Серенсена

N – чисельність альгоугруповання, тис.кл/дм³, тис.кл/10см²

p – рівень значимості

r – коефіцієнт кореляції

S – індекс сапробності Пантле-Букк у модифікації Сладечека

ВСТУП.

Актуальність теми.

Водорості літоралі є важливими складовими водних екосистем, відіграють значну роль у формуванні видового багатства, у біологічному самоочищенні води [45, 124, 210]. Взаємозв'язки між альгоугрупованнями літоралі обумовлені більш інтенсивним, ніж у пелагіалі, протіканням низки біологічних процесів: формуванням біорізноманіття водоростей різних екологічних груп та систематичних відділів; продукційно-деструкційними процесами; самоочищенням-самозабрудненням, що визначають якість водного середовища [45, 124, 210].

Комплексне дослідження водоростей різних екологічних груп (фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон) можливо лише при вивченні ряду характеристик, таких як спільні види, спільні домінанти, чисельність, біомаса, біотопічна приуроченість, спільні індикаторні види, що є основою структурних взаємозв'язків між альгоугрупованнями [110, 152, 214]. Оскільки водоростеві угруповання не є ізольованими, процеси міграції (активної чи пасивної) водоростей одного альгоугруповання поповнюють інше, і тим самим впливають на таксономічний склад, кількісні показники (чисельність, біомасу) цих угруповань. Водночас певний видовий склад у водній екосистемі підтримується структурними взаємозв'язками [110, 152, 214]. При зміні умов існування у контурних екосистемах різко скорочується (або збільшується) біологічне різноманіття та чисельність популяцій облігатних контуробіонтів (представники фітоепіфітону, мікрофітобентосу та ін.), багато з цих видів є особливо чутливими біоіндикаторами [53, 79, 101].

Доведено [110, 152, 202, 214], що показники структури та рясності гідробіонтів є важливими характеристиками взаємозв'язків. У гідробіологічних дослідженнях окремі альгоугруповання, їхні кількісні та якісні показники, перебувають у центрі уваги багатьох науковців. Фітопланктон досліджували: В.І. Щербак [125, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 153, 154], Н.Є. Семенюк [111, 147, 148, 153], Н.В. Майстрова [73, 125, 144, 145], J. Lavaud

[163], T.T. Le, D.D. Phan, V.T. Tran [191]; фітоепіфітон – Т.М. Шевченко [59, 60, 133, 134], П.Д. Ключенко [59, 60, 133, 134], Г.В. Харченко [78, 126, 134], Н.Є. Семенюк [109, 112, 113, 149]; мікрофітобентос – К.С. Владимірова [124], О.П. Оксик [42, 84, 193, 194, 195, 196, 197], О.А. Давидов [25, 26, 27, 33, 37], Д.П. Ларіонова [35, 36, 37, 38, 39], Е.Ш. Козійчук [33, 62, 63], Л.П. Ярмошенко [159, 160, 161], V.Meleder, B. Jesus [184, 192]. Водночас ретроспективний аналіз наукової літератури виявив, що малодослідженими залишаються взаємозв'язки між водоростями різних екологічних груп.

Тому актуальним завданням сьогодення є встановлення структурних взаємозв'язків між фітопланктоном, мікрофітобентосом та фітоепіфітоном на основі комплексного методичного підходу до дослідження цих компонентів водного біорізноманіття.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у межах відомчої теми відділу санітарної гідробіології і гідропаразитології Інституту гідробіології НАН України «Метагрупування різнотипних водних об'єктів: особливості взаємодій вільноживучих та симбіотичних складових локальних угруповань гідробіонтів планктону та бентосу» (ДР № 0121U107947). Результати дисертаційного дослідження представлені складовою частиною у звітах відділу.

Мета роботи – встановити структурні взаємозв'язки між фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном у літоралі водойми та водотоку на прикладі м. Києва.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

1. Встановити таксономічний склад, показники рясності та структури фітопланктону літоралі водойми і водотоку.
2. Визначити таксономічний склад, показники рясності та структури фітоепіфітону літоралі водойми і водотоку.
3. Встановити таксономічний склад, показники рясності та структури мікрофітобентосу літоралі водойми і водотоку.

4. Оцінити якість водного середовища за сапробіологічними показниками водоростей різних екологічних груп.
5. Визначити спільні види, відділи між фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном.
6. Дослідити взаємозв'язки між альгоугрупованнями на рівні домінуючого комплексу, чисельності, біомаси та інформаційного різноманіття за індексом Шеннона (H_N , H_B).
7. Встановити взаємозв'язки між альгоугрупованнями літоралі лентичної і лотичної екосистем та оцінити їх особливості.

Об'єкт дослідження – взаємозв'язки між фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном літоралі різнотипних водних екосистем.

Предмет дослідження – таксономічний склад, біотопічна приуроченість, чисельність (N), біомаса (B), домінуючий комплекс та його структура, оцінка видової подібності, інформаційного різноманіття Шеннона, сапробіологічна характеристика водного середовища за фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном.

Методи дослідження. Відбір та камеральне опрацювання проб фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу проводили за загальноприйнятими у гідробіології методами [80]. Для ідентифікації представників Bacillariophyta виготовляли постійні препарати. Таксономічний склад водоростей класифікували згідно з AlgaeBase 2023 [179]. Фізико-хімічні параметри води вимірювали безпосередньо на станціях спостереження: величини рН – за допомогою портативного рН-метра «DELFA-PH2», а концентрацію розчиненого кисню – оксиметром «AZ-8403». Статистичний аналіз даних виконували за допомогою програм Microsoft Excel та PAST1.32. В процесі дослідження етичні норми не були порушені.

Наукова новизна одержаних результатів.

В результаті комплексних досліджень проведених впродовж 2022–2025 рр. встановлено структурні взаємозв'язки між фітопланктоном, фітоепіфітоном, мікрофітобентосом літоралі лентичної та лотичної екосистем у різні сезони.

У оз. Вербне ідентифіковано 462 види (482 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 53 порядків, 92 родин, 197 родів, спільними з яких є 142 ввт та у русловій ділянці Канівського водосховища – 401 вид (416 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 49 порядків, 83 родин, 170 родів, відповідно спільними є 101 ввт. Всього за період досліджень у водоймі та водотоку встановлено 563 види (597 ввт) з 8 відділів, 21 класу, 56 порядків, 100 родин, 223 родів.

Вперше паралельно досліджено фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон, доведено подібність їхнього таксономічного складу (на рівні видів, відділів) та величин сапробності, встановлено наявність: кореляційних зв'язків, спільних видів, спільних домінантів, показано особливості сезонної динаміки та біотопічної приуроченості цих видів, що є основою структурних взаємозв'язків між альгоугрупованнями літоралі різнотипних водних екосистем.

Розраховані коефіцієнти Серенсена (K_s) оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища показали, що найвищий рівень видової подібності спостерігається між мікрофітобентосом і фітоепіфітоном, як у водоймі ($K_s=0,62$), так і у водотоці ($K_s=0,57$), а значно нижчий ($K_s \leq 0,5$) між фітопланктоном та компонентами контурних угруповань (фітоепіфітоном та мікрофітобентосом).

З'ясовано, що спільними видами домінуючого комплексу для оз. Вербне були *Limnithrix redekei*, *Microcystis pulvereae*, *Anagnostidinium amphibium*, *Planktothrix agardhii*, для водотоку – *Microcystis pulvereae*.

Виявлено, що із спільних видів фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу у водоймі планктонні форми складають 98 ввт (69%), перифітонні – 23 (16%), бентосні – 21 (15%); у водотоці – 48 (47%), 17(17%), 36 (36%) відповідно. Флористичний спектр спільних видів альгоугруповань водойми представлений переважно Chlorophyta і Bacillariophyta, водотоку – в основному Bacillariophyta.

Подібність показників якості водного середовища характеризувалась як β' , β'' —мезосапробна зона з індексами сапробності у водоймі у межах 1,24–2,54, у водотоці – 1,28–2,21 за фітопланктоном, фітоепіфітоном, мікрофітобентосом, що було обумовлено наявністю спільних індикаторних видів досліджених альгоугруповань.

Пошукова робота щодо застосування індексу інформаційного різноманіття Шеннона (H_N) для встановлення структурних взаємозв'язків між угрупованнями дозволила виявити пряму статистично достовірну кореляційну залежність між індексом Шеннона фітопланктону і мікрофітобентосу у лентичній ($r = 0,701$, $p = 0,008$) та у лотичній ($r = 0,619$, $p = 0,01$) екосистемах. У водоймі коефіцієнти варіації (C_v , %) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону складала 27–44%, а у водотоці (77–113%). Більш високі коефіцієнти варіації для лотичної екосистеми обумовлено монодомінантністю, водночас лентична характеризувалася полідомінантною структурою.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати досліджень водоростей різних екологічних груп, важливих компонентів автотрофної ланки, можуть бути використані як первинні дані для подальших досліджень континентальних водойм та водотоків.

Доведено, що для оцінки якості водного середовища різнотипних водних екосистем можна використовувати сапробіологічні характеристики одного з досліджених альгоугруповань (фітопланктон, фітоепіфітон або мікрофітобентос). Оскільки кожне з них є репрезентативним показником якості водного середовища.

Встановлений таксономічний склад водоростей, наведений у Додатку Б, за результатами сезонних досліджень 2023–2025 рр. на всіх рівнях таксономічної ієрархії від відділу, класу, порядку, родини, роду, виду до внутрішньовидового таксона (ввт), нараховує 563 види (597 ввт) і може бути застосований для подальших гідробіологічних чи альгологічних досліджень лотичних та лентичних водних екосистем.

Основні результати роботи можуть бути використані при викладанні навчальних дисциплін: «Актуальні проблеми гідробіології», «Альгологія», «Біологія», «Екологія водних екосистем» у закладах вищої освіти для студентів природничих спеціальностей.

Особистий внесок. Здобувачка обґрунтувала тему, мету, основні завдання роботи, провела ретроспективний аналіз літературних джерел і узагальнила дані за темою дисертації. Освоїла методи польових і лабораторних досліджень: відібрала, камерально опрацювала альгологічні проби, виготовила постійні препарати. Визначила таксономічний склад, чисельність, розрахунково-об'ємним методом біомасу, структуру домінуючого комплексу, спільні види фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону. Проаналізувала таксономічний склад, біотопічну приуроченість спільних видів, коефіцієнти видової спільності Серенсена (K_s). Дослідила сезонну динаміку спільних видів. Оцінила інформаційне різноманіття за індексом Шеннона за чисельністю (H_N) та біомасою (H_B) та якість водного середовища досліджених лотичних і лентичних екосистем за видами-індикаторами сапробності фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону. Здійснила узагальнення отриманого натурного матеріалу з використанням методів статистичного аналізу, сформулювала основні положення. Постановка мети та завдань, формулювання висновків проведені разом з науковим керівником. Особисто та у співавторстві опубліковано наукові праці, де висвітлені основні результати проведених досліджень.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на: VI Науково-практичній конференції молодих вчених «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Київ, 2023); II International Scientific and Practical Conference «*Science and society: modern trends in a changing world*», Austria (Vienna, 2024); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil bioscience – 2024» присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика (Тернопіль, 2024); XX Всеукраїнській науковій конференції «Стан і

біорізноманіття екосистем Шацького Національного природного парку та інших природоохоронних територій» (Львів, 2024); VI Міжнародній науково-практичній конференції *«Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів»* (Київ, 2024); XV, XVI Всеукраїнських науково-практичних конференціях *«Біологічні дослідження – 2024, 2025»* (Житомир, 2024, 2025); IX З'їзді Гідроекологічного товариства України *«Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій.»* (Дніпро, 2024); IX Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ *«Тернопільські біологічні читання – Ternopil bioscience – 2025»* (Тернопіль, 2025).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи відображено у 17 наукових публікаціях, зокрема у 3-х статтях у фахових журналах (одна – у журналі *«Альгологія»*, дві статті опубліковано у журналі 3-го квартилю – *«Hydrobiological Journal»*, індексованого у базі Scopus), інші у збірниках тез за матеріалами з'їзду та конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, який нараховує 215 найменувань, у тому числі 54 – іноземною мовою, і додатків. Робота містить 30 таблиць, 48 рисунків. Обсяг основного тексту дисертації складає 149 сторінок, загальний обсяг роботи – 255 сторінок.

РОЗДІЛ 1. АЛЬГОУГРУПОВАННЯ ЛІТОРАЛІ ЛЕНТИЧНИХ ТА ЛОТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

Важливою компонентою водних екосистем є їхнє біорізноманіття літоральної зони [45, 68, 74, 93, 124], чим більше таксономічне різноманіття гідробіоценозу, тим він стійкіший до змін умов середовища [100, 105, 176].

Оскільки саме на літоралі водних екосистем представлені всі три альгоугруповання: фітопланктон (ФПЛ) , мікрофітобентос (МФБ) і фітоепіфітон (ФЕ), тому вивчення біорізноманіття цієї зони різнотипних екосистем надає інформацію про стан і одночасну реакцію їх на природні та антропогенні чинники.

Так, літораль – це прибережна (мілководна зона) частина водойм і водотоків, де, зазвичай, шар фотосинтезу досягає дна, тому процеси утворення органічних речовин автотрофами відбуваються особливо активно, оптимальними є і умови надходження біогенних елементів [124, 152, 210]. Особливості температурного режиму пов'язані з швидким прогрівання прибережних ділянок водних екосистем, з добовими флуктуаціями та сезонними змінами, впливають на формування певного біоценозу. Нижньою межею літоралі вважається межа проникнення світла й поширення вищих водних рослин (ВВР) (близько 2–4 м) з різних екологічних груп (гідатофітів, плейстофітів та гелофітів). [45, 124, 210].

Фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон представлені водоростями різних систематичних відділів з різною біотопічною приуроченістю, і є первинною ланкою потоків енергії, основою біорізноманіття гідроекосистем, продуцентами автохтонної органічної речовини, вагома роль яких у фотосинтетичній аерації водної товщі, у формуванні якості води [36, 65, 85, 93, 101, 152, 164, 194, 195]. На структуру альгоугруповань істотно впливає гідрологічний і гідрохімічний режим водних екосистем, освітленість води та інші чинники [5, 85, 93].

Особливостями альгоугруповань літоралі є:

- при масовому розвитку фітопланктону («цвітінні» води) після його відмирання може різко погіршуватися якість води (самозабруднення водойм) [125];

- зміна структури фітопланктону позначається на оптичних характеристиках води, оскільки різний видовий склад угруповання по-різному поглинає та розсіює сонячну радіацію, на структурі вищих трофічних рівнів [125, 177];
- фітоепіфітон впливає на кисневий режим водної товщі (від дна до її поверхні), оскільки мешкає на занурених частинах ВВР, життєвий цикл епіфітних водоростей тісно пов'язаний з періодом вегетації цих рослин [18, 78, 109];
- фітобентос – угруповання водоростей, яке вегетує на одному біотопі протягом більшої частини свого життєвого циклу. Бентос мілководдя – бентос фотичної зони водойми, що поширений від урізу води до глибини 2–3 м [124]. Вегетація мікрофітобентосу відбувається на м'якому субстраті (пісок, замулений пісок, мул та його різновиди, торф тощо) на розділі двох фаз: «рідина–м'який субстрат» [80].

К.С. Владимірова [124] зазначала, що водоростеве угруповання дна є одним із основних компонентів біоценозу літоралі лотичних і лентичних екосистем, що відіграє важливу роль у продуктивності водойм. Наведені дані [164, 170] свідчать про те, що мікрофітобентос значною мірою впливає на первинну продуктивність, функціонування харчової мережі тощо.

Показано [164, 166, 170, 178, 192, 213], що фітобентос утворює біоплівку з іншими мікробними популяціями, включаючи гетеротрофні бактерії, які також можуть виробляти позаклітинну полімерну речовину, що сприяє створенню цієї структури. Наявність консументів є не єдиним біотичним фактором, який змінює склад фітобентосу. Фотосинтезуючі популяції, які демонструють свою конкурентоспроможність, також можуть змінити склад цього угруповання [170, 178].

В Україні прийнята детальна типізація водоростевих угруповань із розмежуванням водоростей м'яких субстратів (фітобентос) і твердих субстратів (фітоперіфітон) [8, 34, 80, 109], який в свою чергу являє собою екологічне угруповання гідробіонтів на розділі фаз «вода – твердий субстрат» і є важливим елементом глобальних контурних структур гідросфери [8, 101].

На думку Ю.П. Зайцева [53], при зміні умов існування різко скорочується (або збільшується) біологічне різноманіття та чисельність популяцій, які протягом усього життєвого циклу розвиваються у контурних біотопах. Багато з цих видів є особливо чутливими біоіндикаторами, відображають мінливу дію чинника за тривалий час [78, 109, 107, 195, 198].

Дослідження Н.Є. Семенюк [109] показали, що структура фітоепіфітону змінюється при підвищенні температури води. Так, у роки з різним температурним режимом співвідношення відділів було неоднаковим: у «менш теплі» роки розвивались монодомінантні Bacillariophyta, а в «більш теплі» роки зростала роль Cyanobacteria і Chlorophyta. Аналогічні залежності спостерігались між температурою води і співвідношенням відділів за чисельністю та біомасою фітоепіфітону [109]. Також збільшення частки Chlorophyta і Cyanobacteria, і зменшення – Bacillariophyta може бути свідченням погіршення стану водної екосистеми при органічному, або токсичному забрудненні [149].

За останні роки у водних екосистемах (руслова ділянка Канівського водосховища) змінилося співвідношення N : P у бік підвищення надходження неорганічного фосфору [113, 144].

Так, при співвідношенні $N : P < 5$ розвиваються головним чином Cyanobacteria, які фіксують азот у кількості, достатній для того, щоб це співвідношення повернулося у діапазон, характерний для природних екосистем [82], а при 15 – Chlorophyta [48]. Оскільки Cyanobacteria активно асимілює фосфор і азот, то ні фосфор, ні азот не є лімітуючими чинниками.

Дослідження [205] показали, що домінування Cyanobacteria було зумовлено низьким рівнем загального фосфору, низькою концентрацією азоту, високою температурою води досліджуваної водної екосистеми. Так, домінування *Aphanizomenon gracile* Lemmermann¹ було пов'язане з низьким рівнем загального фосфору, а переважання *Kamptonema formosum* (Bory ex Gomont) Strunecky, Komarek & J. Smarda – з високою температурою та низькою концентрацією азоту.

¹ Тут і далі по тексту автори виду наведені при першій згадці.

На рівні відділів *Cyanobacteria* є більш конкурентно спроможною, ніж *Bacillariophyta* при підвищенні температури води [205].

Встановлена пряма залежність між концентрацією неорганічних сполук фосфору та кількістю видів, чисельністю, біомасою *Bacillariophyta*, чисельністю, біомасою – *Chlorophyta*, а також між концентрацією неорганічних сполук азоту та кількістю видів, чисельністю, біомасою *Chlorophyta* [58, 134].

Цікаво [206], що процеси колонізації епіфітами макрофітів впливають на: структурно-функціональну організацію літоральних водних екосистем, структуру угруповань, фізіологію та морфологію макрофітів.

Показано [185, 186], що на кількісних та якісних показниках альгоугруповання обрастань позначаються також чисельність, видовий склад мезогрейзерів (головним чином дрібних ракоподібних та черевоногих молюсків), які виїдають епіфітів, та концентрація біогенних елементів.

Доведено, що видовий склад фітоепіфітону залежить від гідрологічного режиму і у лентичних екосистемах розвиток водоростей обрастань був значно вищими, ніж у лотичних [42, 109, 134, 214].

Це стосується і мікрофітобентосу, який максимальну біомасу продукує у лентичних водоймах. Нерівномірний розподіл водоростей по дну (мозаїчність) [138], а також постійні та швидкі зміни в їхньому якісному і кількісному складі залежать від гідрологічних і гідрохімічних умов придонного шару води та донних відкладів [124].

Стосовно видового різноманіття фітопланктону водних екосистем, можна зазначити, що воно характеризується чітко вираженою сезонною динамікою – максимальною кількістю водоростей представлений літній період, а мінімальною – зимовий [135].

Результати дослідження сезонної динаміки фітопланктону річки Wen-Rui Tang River (China) [212] показали, що *Chlorophyta* домінували влітку, а *Bacillariophyta* (разом з *Miozoa*) були поширені взимку. Частка *Chlorophyta* за чисельністю збільшувалася з підвищенням температури води, тоді як *Bacillariophyta* – зменшувалася.

Показано [175, 181, 208], що Bacillariophyta здатні адаптуватися до екстремальних умов: холоду та лімітуючого чинника світла. Так, діатомові з родів *Nitzschia* і *Navicula* здатні під льодом нарощувати біомасу за середньодобового освітлення на рівні $0,04 \mu\text{mol/s/m}^2$.

Для фітопланктону виявлено [49], 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 альгоутгруповання та змінами його чисельності та біомаси. Показано, що за аномально високих температур води максимум чисельності формувався у поверхневому горизонті за рахунок розвитку *Cyanobacteria*, тоді як максимум біомаси – на глибині близько 2,0 м за рахунок Bacillariophyta та Miozoa. Bacillariophyta та Chlorophyta досягають максимальних якісних та кількісних показників розвитку за температури води близько $22,0\text{--}23,0^\circ\text{C}$, тоді як за аномально високих температур фітопланктон представлений, в основному, *Cyanobacteria* [49, 154]. Найбільш репрезентативним індикатором кліматичних змін виявилась частка біомаси *Cyanobacteria* [154].

За дослідженнями [201], швидкість поділу клітин водоростей відділу *Cyanobacteria* експоненціально зростала до 28°C , а потім різко знижувалась. Аналіз родів *Cyanobacteria* показав різну реакцію водоростей на температуру води понад 28°C . Так, чисельність *Prochlorococcus* починає знижуватися, на противагу цьому, *Synechococcus* процвітає за високих температур. Оскільки в еволюційному аспекті *Prochlorococcus* сформувався як стенобіонт (вузько пристосований вид) [201].

Високе видове різноманіття *Cyanobacteria* у водних екосистемах України спостерігається саме в літньо-осінній період, і з настанням осіннього похолодання знижується. Основу флористичного багатства складають представники порядків Oscillatoriales (роду *Oscillatoria*) [4], Nostocales (родів *Aphanizomenon*, *Anabaena*), Chroococcales (роду *Microcystis*) [146]. У багаторічному аспекті у складі водоростей водних екосистем спостерігається тенденція до збільшення показників розвитку *Cyanobacteria*. Змінюється і домінуючий комплекс гідробіонтів [4].

Структуруючими відділами у формуванні планктону водойм природоохоронних й лісопаркових територій є Bacillariophyta, Miozoa та Chlorophyta, а водойм з високим антропогенним впливом – Cyanobacteria, Chlorophyta (хлорококові), Bacillariophyta (центричні) і Euglenozoa [4, 49, 68].

Дослідження О.В. Кравцової [68] на прикладі водойм м. Києва показало, що у порівнянні з ретроспективними даними (Н.Є. Семенюк 2007, 2008) за десятирічний період у фітопланктоні відбулись наступні зміни: знизилось видове різноманіття, чисельність та біомаса, а у структурі останнього зменшилась частка Chlorophyta і Ochrophyta та збільшилась – Cyanobacteria та Euglenozoa, що може свідчити про збереження тенденції антропогенного впливу на водні екосистеми мегаполісу.

Дослідження чисельності та біомаси у міжрічному аспекті дозволяє отримати інформацію про стан гідроекосистеми та зміни, що відбуваються у альгоугрупованнях під впливом сукупної дії абіотичних та біотичних чинників, інтенсивність яких з року в рік може змінюватись [21, 28, 174, 198].

Так, варіабельність динаміки біомаси є мірою стійкості системи і виражається відношенням мінімальної за рік (вегетаційний сезон або багаторічний період) біомаси до максимальної [100]. Також необхідно враховувати, що саме домінуючі види визначають структурно-функціональну характеристику альгоугруповань водної екосистеми [125].

Таким чином, показники структури та рясності гідробіонтів є важливими характеристиками при визначенні екологічного стану водних екосистем [45, 162, 174]. Так, основні ознаки фітопланктону водойм, що знаходяться під антропогенним тиском: низьке видове різноманіття; висока частка родів і родин, представлених 1–2 видами водоростей; збільшення інтенсивності розвитку Cyanobacteria; переважання дрібноклітинних видів [68, 78, 100, 148].

Поширеним як в Україні, так і в світовій практиці, є сапробіологічний метод оцінки якості води, який базується на здатності певних видів-індикаторів розвиватись у воді відповідної якості [5, 65, 125]. Індекс сапробності альгоугруповань зростає з підвищенням впливу антропогенних чинників на

водойми [68, 139]. Аналіз якісного та кількісного різноманіття видів-індикаторів антропогенного забруднення дозволяє характеризувати якість води різнотипних водних екосистем [4, 65, 125].

На увагу заслуговує, таке альгоугруповання, як мікрофітобентос. Так, О.А. Давидов [194] підкреслює, що це є складне екологічне альгоугруповання, що формується як автохтонними компонентами – облігатними та факультативними бентонтами, так і алохтонними – планктонтами, що осіли з товщі води в кінці вегетації або при несприятливих умовах, і перифітонтами, привнесеними токами води з обростань твердих субстратів, зокрема з ВВР. Серед водоростей багато евритопних форм, які в мікрофітобентосі конкретних водних об'єктів, у залежності від екологічних умов, можуть бути або місцевими, або привнесеними на дно з інших біотопів [194, 195].

Для розуміння складних зв'язків, які існують між фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном необхідно встановити біотопічну приуроченість видового складу цих альгоугруповань. Але аналіз літературних джерел показав, що екологотопічна класифікація водоростей вивчена недостатньо [4, 133, 134, 194, 197].

Так, [194] запропонували поділ альгоугруповань бентосних організмів за еколого-морфологічним групами з урахуванням підходів, що застосовуються до ґрунтових водоростей. Еколого-морфологічні групи – сукупність водоростей з подібними екологічними і морфологічними ознаками. За таких умов бентонти розділені на еколого-морфологічні групи відображають таксономічну структуру донних альгоугруповань.

Наголошується [37, 38, 194] на важливості досліджень структури угруповань мікрофітобентосу водних об'єктів різного типу, оскільки еколого-морфологічні групи бентосних водоростей, яким властива специфічна чутливість до впливу певних факторів середовища, є надійними синбіоіндикаторами різноспрямованих видів антропогенного впливу на водні екосистеми. Так, крупні діатомові водорості реагують на зміну динаміки водних мас, нитчасті синьозелені водорості – на забруднення органічними і біогенними речовинами [38, 194].

На видовий склад і кількісні показники альгоценозів впливають різноманітні абіотичні і біотичні чинники [42, 55, 119].

Дослідження фітопланктону, які були проведені на річці Конго (Центральна Африка) показали, що Chlorophyta та Charophyta домінували під час «високої води», тоді як Bacillariophyta – в період низької води; Cryptista та Cyanobacteria були більш поширеними, але все ще їхні кількісні показники були відносно невисокими в період «низької води», як у притоках, так і в головному руслі [173].

Структура альгоугруповання залежить від хімічного складу водного середовища [55]. Так, при достатній кількості у воді азотмістких сполук в альгоценозах переважає *Microcystis aeruginosa* (Kützinger) Kützinger, при інших умовах *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault здатний до азотфіксації [115].

Також у літературних джерелах наведені приклади досліджень здатності одного виду (одного відділу, роду), пригнічувати інший, але поки що ці експерименти проведені у лабораторних умовах на культурах водоростей. Таким прикладом є *Microcystis pulvereae* (H.C.Wood) Forti, що пригнічував розвиток *Microcystis aeruginosa* [55]. Досліджено, що взаємодія між водоростями у природних умовах може мати більш виражений ефект, ніж у лабораторних [169].

Як зазначає Н.І. Кирпенко [55], структуроутворення планктонних біоценозів істотно залежить від абіотичних чинників, але за однакових умов зовнішнього середовища посилюється роль біологічних чинників [171, 183]. При «цвітінні» водних екосистем відбуваються такі процеси, що обмежені у часі, зовсім інші процеси спостерігаємо при «парадоксі фітопланктону», коли у водному середовищі існує різноманіття видів планктону і обмеження ресурсу не призводить до домінування 1–2 видів [55, 183].

Так, результати дослідження сезонної динаміки фітопланктону річки Wen-Rui Tang River (China) [212] показали, що гіперевтрофний стан річки був потенційним для цвітіння водоростей, але ймовірність цвітіння Cyanobacteria була дуже низькою через їхню незначну частку від загальної чисельності угруповання протягом цілого року.

Також конкурентне витіснення не є основою формування структури фітопланктону [55, 167].

Зниження видового складу, чисельності організмів призводить до порушення структури системи, і в результаті до чутливості на дію фізичних чинників [82]. Існування більшості гідробіонтів обмежено вузьким діапазоном значень конкретних впливів, тобто їх присутність і кількість вказує на певні умови довкілля [101]. На лотичні екосистеми, у значній мірі, впливає періодичне чергування екстремальних природних чинників, що є необхідною умовою їхнього існування та особливості фітопланктону заплачних водойм [101, 146]. Також вони характеризуються пасивним дрифтом (найбільш схильні *Bacillariophyta* та *Cyanobacteria*), що пов'язаний з механічним вимиванням організмів із донних відкладів, і бентостоком, перенесенням цих організмів течією [101, 162].

Для угруповання водної товщі лентичних екосистем помірних широт характерним є два піки чисельності – весняний і літній, але в умовах малосніжної зими може спостерігатися збільшення чисельності фітопланктону під льодом [101, 211].

Згідно з дослідженнями О.І. Іванова [54] існує залежність видового складу та кількісного розвитку фітопланктону від льодової ситуації. Так, масовий розвиток водоростевого угруповання приурочений до краю льоду, де спостерігається перепад солоності, або загальної мінералізації у прісних водах.

Сонячна інсоляція може бути лімітуючим чинником для фотосинтезу під кригою, оскільки льодові умови та сніг, що вкриває її, створюють просторову та часову неоднорідність пропускання сонячної радіації та змінюють спектральний розподіл, з іншого боку формування прозорого льоду, може мати вищу світлопроникність, ніж озерна вода [180].

За результатами міжрічних комплексних досліджень абіотичних чинників та кількісних показників фітопланктону в зимовий період [211] встановлено, що чисельність водоростей водної товщі та концентрація розчиненого кисню у воді досягали максимальних показників ближче до кінця зими безпосередньо перед

таненням льоду, а також, що процеси, які відбуваються у цей період впливають на формування весняних альгоугруповань.

Зимові умови в помірних екосистемах швидко змінюються, особливо в тих, що мають періоди снігового та льодового покриву. Про екологічну ситуацію в цих системах взимку відомо відносно мало через історичну спрямованість досліджень на літні «сезони вегетації» [180]. Щодо озер інформація фрагментарна про фізичні, геохімічні та біологічні процеси під льодом, і це обмежує здатність передбачати, як зміни зимових умов вплинуть на формування структури біоти та продуктивність внутрішніх вод [180].

Зменшення крижаного покриву на озерах і річках по всьому світу підкреслює нагальну потребу у дослідженнях, зосереджених на динаміці підлідних екосистем та їхньому внеску у процеси всієї екосистеми [180].

Вивчення фітопланктону [200] показало, що нехарактерно високі температури взимку стимулювали раннє інтенсивне цвітіння *Cyanobacteria*, що надалі тривало протягом літньо-осіннього періоду.

Згідно [101, 194] типізація водних екосистем може бути проведена за співвідношенням і переважанням певних ектопічних груп (для техногенних водойм характерними є перифітони). Так, в лотичних і лентичних екосистемах співвідношення планктонти/бентонти/перифітони повинно відрізнятися і характеризувати певну екосистему.

До складу фітоепіфітону переважно входять форми, прикріплені до субстрату (види з родів *Cocconeis*, *Achnanthidium*, *Planothidium*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Encyonema*), на відміну від мікрофітобентосу, де велику частку складають рухливі види (з родів *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirella*). Відповідно представники мікрофітобентосу є більш лабільними [214].

Види мікрофітобентосу, які зносяться течією, з більшою ймовірністю знову осядуть на дно, ніж затримуються на поверхні ВВР [214].

До піонерних угруповань належать виключно діатомові водорості з родів *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Fragilaria*, що міцно прикріплюються до субстрату, здатні до швидкої колонізації та адаптовані до умов з високою частотою порушень

(наприклад, частими паводками) і широкого діапазону концентрацій біогенних елементів. За підвищеного рівня води і незначної амплітуди його коливань у фітоепіфітоні переважає імміграція видів з фітопланктону, а за різкого зниження рівня води – надходження видів з мікрофітобентосу [214].

Аналіз літературних джерел виявив як в Україні [13, 61, 102, 110, 151, 152, 156, 202], так і в світовій практиці [164, 168, 182, 186, 187, 191, 206, 212, 215] недостатньо приділена увага взаємозв'язкам між різними альгоугрупованнями, комплексному вивченню у лотичних та лентичних умов їхнього існування.

Таким чином, ретроспективний аналіз літературних джерел показав:

- фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон, як окремі альгоугруповання, досліджувалися досить ґрунтовно і на сьогодні ці дослідження продовжуються;
- взаємозв'язки між різними альгоугрупованнями, видами, екологотопічні характеристики видів водоростей потребують вивчення;
- також необхідні подальші дослідження, узагальнення для уніфікованої класифікації видів водоростей за біотопічною приуроченістю.

Альгоугруповання пов'язані складними зв'язками, які залежать від проточності води, температури, прозорості води та інших факторів. Наявність спільних видів у фітопланктоні, мікрофітобентосі і фітоепіфітоні зумовлена, як евритопністю видів, так і седиментацією водоростей із планктону на поверхню ВВР під час «цвітіння» води, а після відмирання ВВР надходження цих видів до бентосу, також у зворотньому напрямку переходом видів з бентосу та епіфітону до планктону завдяки гідрологічним процесам. В залежності від сезону чи певних умов, водорості одного альгоугруповання поповнюють інше, і тим самим змінюють таксономічний склад, кількісні показники (чисельність, біомасу) цих угруповань.

Таким чином, взаємозв'язки в системі альгоугруповань планктону, бентосу, перифітону є актуальною гідробіологічною проблемою сьогодення.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика досліджуваних водних екосистем

Матеріалом для написання дисертації послуговували результати досліджень: таксономічного складу (відділів, класів, порядків, родин, родів, видів, внутрішньовидових таксонів (ввт)), кількісних показників (чисельності (N), біомаси (B)), структури домінуючого комплексу фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу відібраних впродовж різних сезонів 2022–2025 рр. на лентичній (оз. Вербне) та лотичній (руслена ділянка Канівського водосховища) водних екосистемах м. Києва (рис. 2.1).

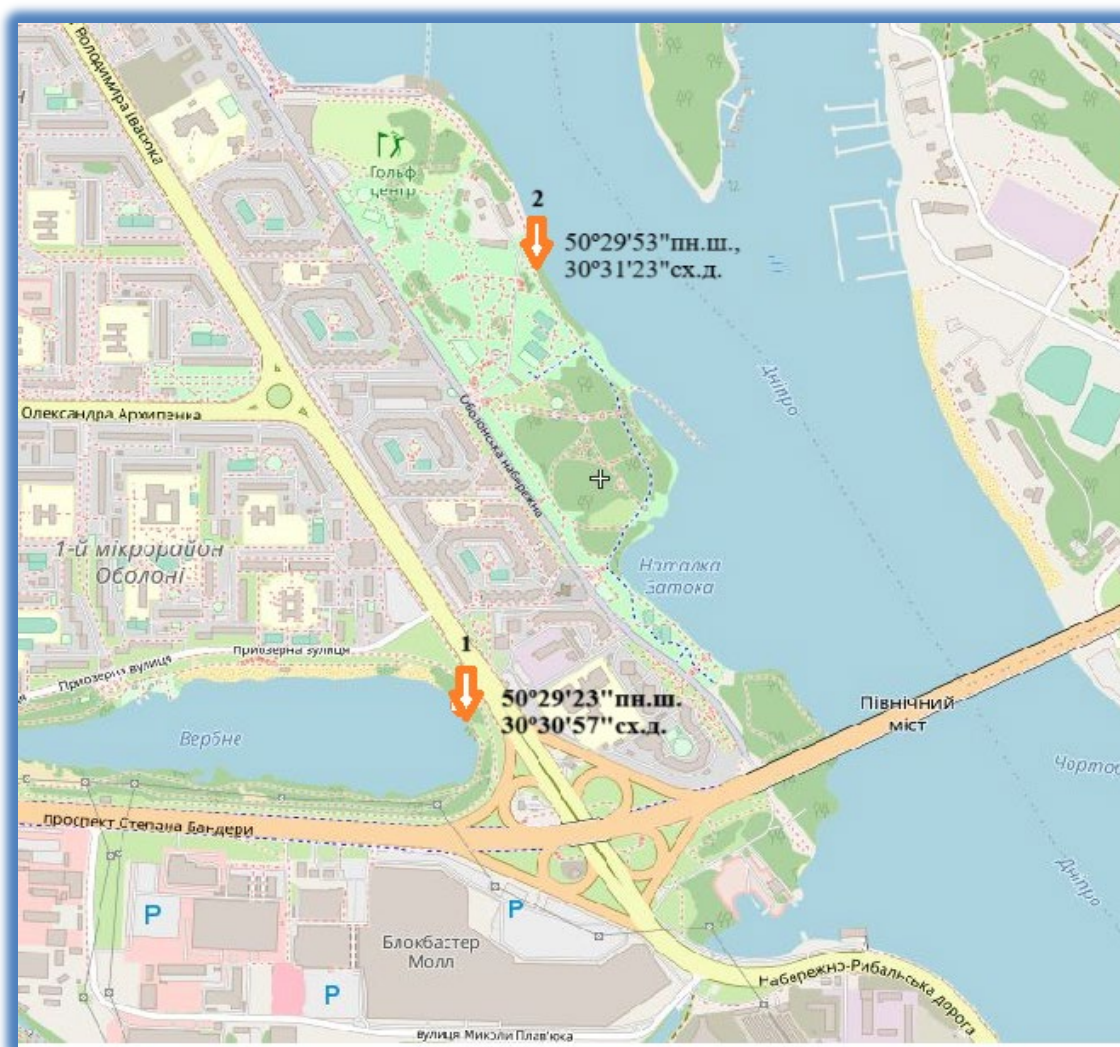


Рис. 2.1. Карта-схема досліджуваних водних екосистем з вказаними координатами стаціонарних точок відбору проб: Станція 1 – озеро Вербне,

Станція 2 – руслова ділянка Канівського водосховища, які є стаціонарними станціями відбору проб Інституту гідробіології НАНУ [152].

Вибір досліджуваних водних екосистем зумовлено тим, що обрано типові представники лотичної та лентичної екосистем м. Києва. По-перше, проточність мілководь руслової ділянки Канівського водосховища (лотична екосистема) протягом літньо-осіннього періоду є досить інтенсивною [119]. Важливим критерієм була і наявність ВВР та достатня площа заростання ними. Також з Дніпром історично асоційовано виникнення великої кількості київських водойм [10]. Загалом, дослідженням руслової ділянки Канівського водосховища присвячено низку праць [8, 9, 11, 22, 29, 34, 49, 51, 52, 57, 125, 128, 133, 144, 150, 152, 154, 202, 214].

Вибір лентичної водної екосистеми (оз. Вербне) пов'язаний з основними особливостями водойми і здійснювався за такими критеріями [7, 10, 43, 44, 45, 46, 47]:

- водойма утворена у заплаві Дніпра (а також оз. Редькине, оз. Мінське, оз. Видубицьке, оз. Малинівка, оз. Берізка, оз. Вирлиця, оз. Бервенець, оз. Боброве, оз. Тягле, оз. Сонячне);
- наближена до природних гідроекосистем і є природним заказником (а ще оз. Редькине, оз. Тягле, оз. Малинівка, оз. Алмазне);
- ізольована (живлення за рахунок ґрунтових вод і атмосферних опадів), що аналогічно: оз. Тягле, оз. Редькине;
- відповідає за трофічністю, сапробністю лотичній екосистемі (русловій ділянці Канівського водосховища) і є мезоевтрофною-евтрофною [3, 28, 43, 44, 45, 137], та характеризується наявністю спільних видів ВВР.

Проведенням гідробіологічних, гідроекологічних, гідрологічних, гідрохімічних досліджень оз. Вербне займалися [3, 6, 17, 39, 43, 44, 45, 48, 78, 99, 103, 107, 134, 172]. Водночас стосовно цієї водної екосистеми публікації є нечисленними та охоплюють період активної вегетації ВВР [18]. Оскільки водойма входить до природно-заповідного фонду України [97, 104], знаходиться у межах м. Києва, то для збереження біорізноманіття та виявлення певних змін у

цій екосистемі необхідно продовжувати дослідження. При вивченні водних об'єктів, що мають відповідний статус, одним з першочергових завдань є детальний аналіз їхньої біоти [146]. З огляду на те, що серед основних продуцентів первинних потоків енергії, кисню та органічної речовини у літоралі оз. Вербне важлива роль належить альгоугрупованням, дослідження їхнього таксономічного різноманіття, кількісного розвитку за показниками чисельності та біомаси є актуальним [15].

Вивчення фітопланктону водойми було розпочато у 1986 р. [3] і в подальшому продовжено В.І. Щербаком [137], у 2004 р. він ґрунтовно вивчав фітопланктон у сезонному аспекті. Фітоепіфітон описаний П.Д. Ключенком, Т.Ф. Шевченко, Г.В. Харченко [134]. Мікрофітобентос з 2018 р. досліджувався О.А. Давидовим і Д.П. Ларіоновою [39, 70].

Важливо, що серед численних водойм (більше ніж 300), які розташовані на території м. Києва, різних за генезисом, морфометричними параметрами та ступенем антропогенного навантаження на їхні екосистеми [7, 10, 45], на особливу увагу заслуговує оз. Вербне, яке з 1994 р. входить до складу іхтіолого-ботанічного ландшафтного заказника місцевого значення природно-заповідного фонду України [97, 104] і відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття, утворюючи унікальний ландшафт міста [146]. Провідна роль у біоті озера належить альгоугрупованням, тому оцінка їхньої структури виявить наскільки дана водна екосистема наближена до природної [146].

Озеро Вербне (50°29'23"пн.ш., 30°30'57"сх.д.) розташоване у правобережній частині Києва, у межах рекреаційної зони Оболонського району, на території житлового масиву Оболонь [10, 43]. Водойма знаходиться у заплаві р. Дніпро, яка раніше мала з ним гідравлічний зв'язок [43]. У 1960-ті рр. внаслідок видобування піску способом гідронамиву для розбудови на той час нового житлового масиву (Оболонський район м. Києва) водойма була відмежована від основної частини заплави [36, 43]. Це призвело до зміни її морфометричних параметрів, зокрема суттєво зменшилася площа мілководь [36, 127].

Сучасні морфометричні характеристики оз. Вербне наступні: довжина 1,1 км, ширина 60 – 240 м, середня глибина 14 м, площа водного дзеркала 16,4 га, площа прибережної смуги 16,1 га [43, 94, 127]. Дно озерної літоралі переважно піщане, утворено старицевим алювієм, зарості ВВР займають близько третини мілководь акваторії [43, 45]. Вода навесні прозора, влітку та восени світло-зеленуватого кольору за рахунок водоростей.

Унікальний ландшафт оз. Вербне використовується з рекреаційною метою. Джерелом забруднення води є поверхневий та ґрунтовий стоки з площі водозабору [43, 91, 127]. Оскільки водойма знаходиться у безпосередній близькості до автостради, то вплив нафтопродуктів на кількісні та якісні показники альгоугруповань потенційно існує [23, 134].

Водний баланс озера пов'язаний з атмосферними опадами, випаровуванням води з його поверхні, притоком поверхневих і ґрунтових вод [43, 91, 94]. Характерними особливостями озера є мезотрофно-евтрофність, непроточність водойми з уповільненим водообміном. Живлення озера підземними джерелами вказує на природне походження цієї водної екосистеми. Окрім того, оз. Вербне є одним із озер Києва, яке зберегло свою самоочисну здатність [10, 28, 43, 45, 94, 103].

Ретроспективний аналіз літературних джерел показав, що водойма є старицею колишньої річки Почайни. По її історичному руслу розташована низка проточних озер системи Опечень [93, 94]. Проте з озерами системи Опечень оз. Вербне гідравлічного зв'язку немає [10, 43], тобто це типова лентична екосистема акваландшафту міста.

Руслова ділянка Канівського водосховища (парк «Наталка»)

Руслова частина Канівської гідроєкосистеми створює акваландшафт міста Києва, її ділянка у районі парку «Наталка» (50°29'53"пн.ш., 30°31'23"сх.д.) зазнає різних антропогенних впливів (забруднення з точкових джерел та розсіяним поверхневим стоком), окрім цього нерівномірний гідрологічний режим, а саме коливання швидкості течії та рівня води (внутрішньодобові коливання до 1,2 м),

обумовлений піковими попусками Київської ГЕС [42, 87, 88, 118, 133]. У мілководній зоні спостерігається інтенсифікація динаміки водних мас, що суттєво впливає на структурно-функціональні характеристики альгоугруповань літоралі [31, 32, 133, 202]. Швидкість течії становить 0,01–0,7 м/с, так навесні 0,5–0,7 м/с, влітку 0,2–0,3 м/с (конкретні дані відсутні, узагальнено ті, що є у наукових джерелах) [8, 41, 42, 87, 88, 118, 133, 159]. При найбільших об'ємах попусків Київської ГЕС вона може досягати 1,0–1,2 м/с [42], у нижньому б'єфі – 1,5–2,5 м/с [8, 159]. Транзитна зона пролягає уздовж правого берега де сформувалися мілководдя [41, 133]. Сезонні коливання рівня води у Канівському водосховищі є незначними [125, 118], як і інтенсивність вітрового хвилювання, висота хвиль не перевищує 0,1 м [133].

Водний баланс Канівського водосховища формується приблизно на 75% скидами із Київського, що поповнюється річковими водами (в основному Дніпра та Прип'яті), які багаті на залізо та мінеральні зависі. Ці домішки перешкоджають розвитку *Cyanobacteria*. Нижче по каскаду концентрація заліза зменшується та збільшується частка *Cyanobacteria* у фітопланктоні [41]. Хімічний склад вод Дніпра і Прип'яті приблизно однаковий, але у водах Прип'яті більше гумусу, амонійного азоту й заліза, тому їх колір темніший, а прозорість нижча. До Канівського водосховища надходять однорідні водні маси, що проходять через Київський гідровузол [96].

Гідрологічний режим руслової частини формується окрім скидів з Київського водосховища, також і стоком р. Десни [117, 133]. Деснянська вода, що надходить до Канівського водосховища, під час попусків тяжіє до лівого берега [87, 96, 118, 157]. Змішування вод відбувається нижче за течією, повне – поза Київською ділянкою Канівського водосховища [96].

Станція відбору проб розташована так, що через неї проходить основна маса води під час скидів ГЕС із нижніх горизонтів Київського водосховища [87, 114]. Ділянка з добре вираженим річковим режимом [125], з сформованими складними імпульсно-стабілізованими екосистемами з характерними абіотичними умовами і

біотичними компонентами [118]. На глибині 0,5–1,0 м слабо замулений пісок [42].

Інтенсивність водообміну, швидкість течії та каламутність води водної екосистеми впливають на розвиток фітопланктону [86, 108, 117], динаміка водних мас – на формування ВВР, що обумовлює розвиток фітоепіфітону [109, 117], динаміка водних мас, каламутність, механічні характеристики донних ґрунтів – на склад і розподіл бентосних організмів [117, 124]. Для фітомікробентосу виявлено стійке наростання біомаси при зниженні щільності донних відкладів (від пісків до мулистих глин) [41]. Для фітопланктону характерно, що у штильову погоду 80–90% *Cyanobacteria* концентрується у верхньому метровому шарі води. А при середній інтенсивності хвилювання він вміщує всього 8–13 % загальної біомаси [119].

Течії – важливий екологічний чинник, що формує середовище існування гідробіонтів [41], вони забезпечують водообмін між окремими ділянками водотоку, перерозподіл тепла, живих організмів, біогенних елементів [8]. Вплив течії на показники розвитку фітопланктону відображено у коефіцієнті, який змінюється у межах від лімітуючої величини, що визначає негативний вплив цього чинника на показники, до критичного, при якому планктонні водорості не розвиваються [86]. Діапазоном для *Bacillariophyta* є швидкість течії 0,7–2,0 м/с, для *Cyanobacteria* – 0,2–0,6 м/с і для фітопланктону змішаного складу – 0,5–1,5 м/с [83]. Величини біомаси угруповання водної товщі знаходяться у протилежній залежності від попусків Київської ГЕС. Нерівномірний швидкісний режим і періодичне протягом доби підвищення швидкості течії до величин, що лімітують вегетацію водоростей, впливає негативно на продукцію фітопланктону на досліджуваній ділянці [88].

Особливості гідрологічного режиму позначаються і на мікрофітобентосі, який знаходиться у тісному взаємозв'язку з фітопланктоном [42, 159]. Добовий режим роботи Київської ГЕС порушує структуру донних угруповань після досягнення максимального рівня води спостерігається зменшення кількісних показників розвитку мікрофітобентосу. Зарості занурених ВВР послаблюють цей

вплив [159]. Висока швидкість течії у прибережній зоні при великих об'ємах попусків Київської ГЕС призводить до збіднення видового складу і до зниження кількісних показників донного угруповання [42]. Сприятливими для розвитку мікрофітобентосу є швидкості течії, що не перевищують 0,1–0,2 м/с, швидкості 0,5–0,6 м/с лімітують формування водоростей на дні [124]. Мікрофітобентос характеризується найбільшим видовим складом, чисельністю і біомасою при слабкій та помірній проточності [42]. Основними чинниками, що впливають на формування і розподіл водоростей донного угруповання є характер ґрунту, течія, коливання рівня води. Останній впливає на склад і розподіл мікрофітобентосу у літоральній зоні [42].

Важливими чинниками гідрологічного режиму є водний баланс, динаміка вод, гідрофізичні характеристики водних мас і донних відкладів, які мають регулюючий і лімітуючий вплив на існування гідробіонтів [41]. Серед фізичних факторів найважливішим є температура води, оскільки більшість гідробіонтів має досить вузький діапазон толерантності [41, 82]. Гідротермічні, біологічні й хімічні процеси у водних екосистемах тісно пов'язані між собою, але найчастіше відбуваються не синхронно, особливо біологічні, що підпорядковані попереднім гідротермічним процесам [96].

2.2. Абіотичні характеристики

Проводили збір інформації про досліджувані водні екосистеми, опис місцевості, погодних умов, запис показників вимірів ($t_{\text{води}}$, $t_{\text{повітря}}$, рН води, рівень кисню у водних екосистемах), фото та відеозйомку [80, 211]. Наявність чи відсутність чітко виражених точкових джерел забруднення та різних типів плям на поверхні водойми, колір води визначали візуально під час маршрутних обстежень водних екосистем [15].

Безпосередньо перед відбором альгологічних проб вимірювали температуру води, абсолютний вміст кисню та величини рН за допомогою ртутного польового гідробіологічного термометра, оксиметра (модель 8403), рН-метра (DELFA-PH2).

Насичення води киснем розраховували з урахуванням температури води на момент відбору проб [15, 80, 106].

Наведені натурні дослідження важливих показників таких, як вміст розчиненого у воді кисню, ступінь насичення води киснем, рН води, а також температурний режим (табл. 2.1, 2.2).

Кисень і рН.

Згідно з літературними даними у оз. Вербне концентрація розчиненого кисню змінювалась у межах 5,6–14,6 мг О₂/дм³ протягом року, показник рН – 6,9– 8,8 [91].

Таблиця 2.1

Гідрохімічна, гідрофізична характеристика оз. Вербне

Показники		Весна	Літо	Осінь	Зима	Річний
t _{води} , °C		<u>8,3–22,4</u> 16,4	<u>20,7–31,3</u> 26,1	<u>2,9–27,4</u> 11,8	<u>5,2–7,6</u> 6,2	<u>2,9–31,3</u> 16,6
О ₂	мг О ₂ /дм ³	<u>8,40–13,85</u> 10,4	<u>6,30–8,54</u> 7,17	<u>4,93–11,3</u> <u>5,5,8</u>	<u>5,96–12,6</u> 9,1	<u>4,93–13,85</u> 7,8
	%, наси чення	<u>83,3–118,1</u> 106,2	<u>74,6–112,2</u> 89,4	<u>36,4–107,6</u> 67,7	<u>49,83–99,3</u> 73,2	<u>36,44–118,1</u> 84,5
рН		<u>8,40–8,84</u> 8,7	<u>8,18–9,18</u> 8,67	<u>7,63–8,29</u> 7,03	<u>7,74–8,73</u> 8,0	<u>7,63–9,18</u> 8,07

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Так, за період досліджень концентрація розчиненого кисню коливалася у межах 4,93–13,85 мг О₂/дм³, найбільший дефіцит кисню спостерігався у жовтні-листопаді 2024 р. і це було пов'язано з закінченням вегетації ВВР (див. табл. 2.1).

У цілому, проведений порівняльний аналіз отриманих натурних даних з ретроспективними [91] показав, що як за показниками рН, так і вмісту кисню суттєвих змін у гідрохімічному режимі не зареєстровано.

Гідрохімічний режим руслової ділянки Канівського водосховища (парк «Наталка») пов'язаний зі стоком Київського водосховища та р. Десна, а також з

внутрішньоводоймовими процесами [158]. Зокрема кисневий режим цієї гідроекосистеми формується під впливом як внутрішньоводоймових процесів, так і скидання води через греблю Київської ГЕС у нижній б'єф [158]. Концентрація розчиненого кисню змінюється у межах 5,16–13,49 мг О₂/дм³ [158] протягом року, показник рН – 6,7–8,9 [125].

Таблиця 2.2

Гідрохімічна, гідрофізична характеристика
ділянки Канівського водосховища

Показники		Весна	Літо	Осінь	Зима	Річний
t _{води} , °C		<u>6,9–21,1</u> 16,25	<u>19,4–31,2</u> 26,2	<u>4,5–25,6</u> 14,0	<u>1,2–4,8</u> 2,5	<u>1,2–31,2</u> 16,5
О ₂	мг О ₂ /дм ³	<u>5,89–8,05</u> 6,7	<u>4,09–7,58</u> 6,01	<u>5,62–14,4</u> 7,6	<u>7,9–13,6</u> 9,9	<u>4,09–14,4</u> 7,28
	%, наси чення	<u>64,9–71,4</u> 68,3	<u>51,8–99,0</u> 75,8	<u>58,6–127,6</u> 81,7	<u>56,5–96,0</u> 72,3	<u>51,8–127,6</u> 76,8
рН		<u>7,41–8,07</u> 7,69	<u>7,74–8,84</u> 8,02	<u>7,63–8,18</u> 7,5	<u>7,74–8,18</u> 8,0	<u>7,41–8,84</u> 7,72

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

За період досліджень концентрація розчиненого кисню коливалася у межах 4,09–14,4 мг О₂/дм³, найбільший дефіцит кисню встановлений у липні 2024 р. (див. табл. 2.2).

Максимальне насичення киснем води оз. Вербне спостерігалось навесні, що пов'язано з початком «сезону вегетації». У русловій ділянці Канівського водосховища цей показник був найвищим у літньо-осінній період 2023 р., та обумовлений процесом «цвітіння» води влітку (так, станом на 15.08.23 біомаса фітопланктону складала 61,8 мг/дм³, що відповідало ступеню «інтенсивне» [105]), а саме активною фотосинтетичною діяльністю. Вже надалі у 2024 р. і у 2025 р. тенденція до підвищення насичення води киснем спостерігалась навесні при

флуктуаційному збільшенні цього показника влітку та на початку осені 2024 р. до 83–93%.

Зниження концентрації кисню призводить до інтенсифікації процесів вторинного забруднення водного середовища за рахунок міграції речовин з донних відкладів [72, 125].

Показники рН води водойми та водотоку зростають у період вегетаційного сезону (весна-літо) при максимальному фотосинтезі, а знижуються при зниженні фотосинтетичної діяльності (осінь-зима).

Так, показник рН води оз. Вербне у весняно-літній період змінювався у межах 8,18–9,18, у осінньо-зимовий період – 7,63–8,73, русової ділянки Канівського водосховища – 7,41–8,84, 7,63–8,18 відповідно.

У 2024 році спостерігалось зниження показника рН води водотоку у літній період, це може бути пов'язано з сукупністю чинників: високою температурою води, процесом скаламучування (перепади рівня води, дощі), «цвітінням» води, явищем «нагону».

Важливим абіотичним чинником, що визначає інтенсивність фотосинтетичної аерації води – є *температурний режим* [125]. Так, за даними Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) [131] середня місячна температура повітря по м. Києву на 1881 р. складала 5,6 °С, а на 2024 р. – 11,4 °С. У цілому, за останні 40 років середньомісячна температура повітря у м. Києві підвищилася на 1,5–2,0 °С.

У 2024 році ЦГО [131] зафіксувала численні погодні рекорди у м. Києві, серед яких: 2024 рік став найтеплішим за всю історію спостережень, вересень 2024 року виявився найтеплішим за останні 140 років, а влітку було встановлено 18 температурних рекордів, 14 з яких припали на липень.

Підвищення температури повітря супроводжується підвищенням температури води. Так, з 1977 р. до 2019 р. середньорічна температура води у русловій ділянці Канівського водосховища зросла на 2,0–3,0 °С [12].

Саме у 2024 р. температура води досягала рекордних значень, особливо на літоралі, яка швидше реагує на флуктуації температури повітря [150].

Більш детальна характеристика показників рН, абсолютного вмісту кисню, насичення води киснем, температури води за конкретними датами спостережень впродовж різних сезонів 2023–2025 рр. у оз. Вербне та русловій ділянці Канівського водосховища наведені у Додатку А (Рис. 1–6.).

Оцінка основних абіотичних складових водойми та водотоку за результатами досліджень кореляційної залежності між абіотичними чинниками і біомасою та чисельністю фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону на основі даних, отриманих під час досліджень 2023–2025 рр. на водних екосистемах, показала (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Кореляційна залежність між $t_{\text{води}}$ °С, O_2 (мг/дм³), рН, O_2 (%) і чисельністю (N) та біомасою (B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону
(на основі даних 2023–2025 рр.)

Абіотичні чинники	Фітопланктон				Мікрофітобентос				Фітоепіфітон			
	r (N) / p		r (B) / p		r (N) / p		r (B) / p		r (N) / p		r (B) / p	
Оз. Вербне												
t _{води} , °C	0,453	0,119	0,415	0,159	-0,005	0,986	-0,395	0,146	-0,252	0,386	-0,269	0,351
O ₂ (мг/дм ³)	-0,234	0,441	-0,219	0,472	0,348	0,203	0,624	0,013	0,589	0,027	0,603	0,022
pH	0,589	0,034	0,560	0,047	0,120	0,669	-0,066	0,815	0,034	0,907	0,032	0,914
O ₂ , %	0,059	0,848	0,046	0,881	0,382	0,160	0,405	0,134	0,457	0,010	0,458	0,099
Руслова ділянка Канівського водосховища												
t _{води} , °C	0,406	0,169	0,469	0,106	-0,412	0,162	-0,404	0,171	-0,264	0,383	-0,408	0,166
O ₂ (мг/дм ³)	-0,069	0,821	-0,104	0,736	0,332	0,267	0,551	0,051	0,271	0,370	0,173	0,571
pH	0,836	0,0004	0,803	0,0009	0,188	0,539	0,284	0,346	0,585	0,036	0,157	0,609
O ₂ , %	0,390	0,187	0,391	0,187	0,1310	0,669	0,414	0,160	0,234	0,442	-0,121	0,694

За достовірними значеннями побудована (рис. 2.2) кореляційна залежність між O_2 (мг/дм³) та біомасою мікрофітобентосу на основі даних, отриманих під час досліджень 2023–2025 рр. на оз. Вербне. Основним чинником, що впливає на показники біомаси фітоепіфітону та мікрофітобентосу водойми є кисень.

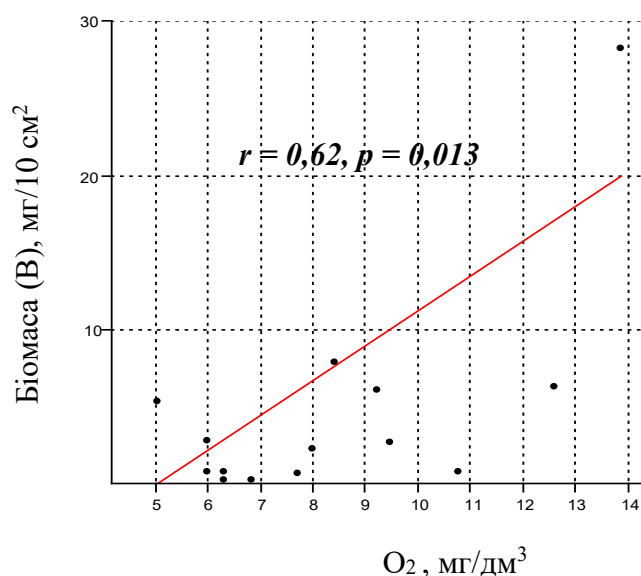


Рис.2.2. Кореляційна залежність між O_2 (мг/дм³) та біомасою (В) (мг/10 см²) мікрофітобентосу на основі даних, отриманих під час досліджень 2023–2025 рр. на оз. Вербне.

Згідно [69] фітопланктон відіграє важливу роль у формуванні рН води дніпровських водосховищ. Результати дослідження (див. Табл. 2.3) показали, що дійсно існує кореляційна залежність між показником рН і біомасою та чисельністю фітопланктону, а також виявили, що така кореляційна залежність достовірна не тільки для дніпровських водосховищ, але і для оз. Вербне. Між фітопланктоном і фітоепіфітоном руслової ділянки Канівського водосховища існує тісний взаємозв'язок завдяки гідродинамічним процесам, що і пояснює залежність між показником рН та чисельністю фітоепіфітону водотоку.

Біогенні елементи. За даними досліджень [48] у поверхневих горизонтах літоралі оз. Вербне концентрації неорганічних форм азоту, фосфору впродовж вегетаційного сезону коливаються у широких межах – 0,03–1,57 мг N/дм³, 0,02–0,32 мг P/дм³.

Показано [91], що сезонна динаміка амонійного азоту (NH₄⁺) у воді озера має максимальне значення влітку та мінімальне взимку, також характерним є рівномірний у часі розподіл вмісту нітритного азоту (NO₂⁻) з максимальними значеннями навесні та мінімальними у зимовий період. Встановлено суттєве підвищення вмісту нітратної форми мінерального азоту (NO₃⁻), який коливається у межах від 0,009 до 0,315 мг N/дм³, і характеризується мінімальними значеннями

протягом вегетаційного періоду та максимальними восени. Сезонні зміни впливають на вміст і внутрішньорічну динаміку фосфат-іонів (PO_4^{3-}) [91]. Так, вміст фосфатів зменшується із зниженням температурного режиму води, а при температурі води $+7-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ він знову дещо зростає [99].

Таким чином, розподіл неорганічного азоту і фосфору у поверхневому горизонті води оз. Вербне характеризується підвищенням концентрацій нітритної і нітратної форм азоту та фосфат іонів навесні, а також мінімальними їхніми значеннями влітку під час вегетаційного періоду [91].

Аналіз результатів досліджень руслової ділянки Канівського водосховища показав, що з 1981 знизилася концентрація NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , а також сумарний вміст всіх форм азоту $\sum \text{N}$, і навпаки вміст PO_4^{3-} характеризується тенденцією до зростання ($0,046-0,058\text{ мг P/дм}^3$) [41, 144]. Саме дисбаланс співвідношення $\sum \text{N}/\text{PO}_4^{3-}$ у багаторічному аспекті призводить до зміни структурної організації альгоугруповань [81, 113, 144, 158]. Встановлено, що концентрація азоту нітратів коливалася протягом року у межах $0,057 - 0,936\text{ мг N/дм}^3$ (влітку розвиток первиннопродуцентів призводить до зниження показника, а його максимальне значення спостерігалось навесні [158] та взимку [125]), вміст амонійного азоту у воді змінювався протягом року у межах $0,188-0,651\text{ мг N/дм}^3$ з максимальними значеннями взимку, азоту нітритів – $0-0,020\text{ мг N/дм}^3$ (найвищі показники спостерігалися у осінньо-зимовий період, мінімальні у весняно-літній), концентрація фосфору фосфатів коливалась у межах $0-0,135\text{ мг P/дм}^3$ з максимальними значеннями влітку [158], взимку [125] та мінімальними навесні [125, 158]. Згідно з дослідженнями [158], багаторічна динаміка концентрацій неорганічних форм азоту у воді на русловій ділянці Канівського водосховища мала нестабільний характер.

Силіцій. Показники розчиненого силіцію у поверхневих горизонтах літоралі оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища впродовж року коливаються у широких межах – $0,04-4,4\text{ мг Si/дм}^3$, $0,9-11,9\text{ мг Si/дм}^3$ відповідно та залежать від сезонних змін і внутрішньорічної динаміки, так у зимово-весняний

період досягають максимального значення, а у весняно-осінній є мінімальними [48, 125].

За критеріями *іонного складу* вода оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища належить до прісних вод гідрокарбонатно-кальцієвого типу [43, 72, 125].

Таким чином, узагальнення зроблене як за результатами натурних досліджень, так і за літературними даними показало, що наведена низка абіотичних чинників у водотоці та водоймі є позитивними для вегетації водоростей планктону, бентосу, епіфітону.

2.3. Вибір та опрацювання проб фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу

Проби *фітопланктону*, *фітоепіфітону*, *мікрофітобентосу* відбирали впродовж 2022–2025 рр. цілорічно і опрацьовували згідно з методикою гідробіологічних досліджень [80]. Використовували як польові, так і лабораторні методи досліджень.

Важливо, що для таких гідроекосистем м. Києва, як оз. Вербне та руслова ділянка Канівського водосховища, домінуючим є спільний вид повітряно-водяної рослини (ПВР) – рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.); саме тому фітоепіфітон відбирали з цієї рослини-едифікатора [8, 43, 62, 109, 116].

Вперше одночасно відбирали проби фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу на одних і тих самих станціях. Використано методичний підхід, що базується на комплексному дослідженні альгоугруповань з застосуванням нового алгоритму дій у роботі, в основі якого лежить паралельний відбір проб фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону на кожній з досліджуваних станцій.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометрами Владимирової або МБ-ТЕ в трьох повторностях на глибині 0,5 м (в місцях, вільних від заростей ВВР) формуючи інтегровану пробу, яку фіксували 40%-ним розчином формальдегіду з розрахунку 1:10 [138].

Глибина 0,5 м обрана, у зв'язку з тим, що ширина мілководної зони оз. Вербне вузька (приблизно 1,5 м), а на русловій ділянці Канівського водосховища, ця глибина є оптимальною для відбору проб при нестабільності пікових режимів роботи Київської ГЕС.

Проби фітоепіфітону відбирали з домінуючого у досліджуваних водних екосистем *Typha angustifolia* L. методом зрізання під водою фрагменту рослини довжиною 5–8 см, яку поміщали в склянку об'ємом 100 см³ і заливали дистильованою водою. У лабораторії з відібраних зразків рослини щіточкою зчищали фітообростання та фіксували 40%-ним розчином формальдегіду у розрахунку 1:10 [24, 152].

Проби фітопланктону відбирали з поверхневого горизонту об'ємом 0,5 дм³, одну пробу консервували 40%-ним розчином формальдегіду з розрахунку 1:100, іншу залишали в живому стані для уточнення видів водоростей, згущували (методом седиментації) [132].

Камеральне опрацювання водоростей проводили у камері Нажотта (об'ємом 0,02 см³) за допомогою світлових мікроскопів Carl Zeiss (Jena), МБИ-3 з використанням окулярів: 7X, 10X, 15X та об'єктивів: 20X, 40X, 90X (імерсійний) [138].

Для більш точної ідентифікації представників Bacillariophyta виготовляли постійні препарати, використовуючи синтетичну смолу Naphrax з показником заломлення світла 1,74 [120].

Видову приналежність водоростей встановлювали з використанням визначників [2, 40, 56, 66, 67, 75, 76, 77, 89, 90, 92, 120, 129, 130, 189, 190, 207]. Таксономічна номенклатура водоростей приведена згідно з сучасною міжнародною системою AlgaeBase [179].

Кількісні показники водоростей (чисельність, біомасу) визначали загальноприйнятими методами [24, 138]. Чисельність альгоугруповання обраховували, як суму чисельностей кожного виду присутнього у даному альгоугрупованні на момент відбору проб [80]. Розрахунки чисельності фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону подібні, різниця полягає у тому,

що фітопланктон обчислювали на 1 дм³ води досліджуваної водної екосистеми; мікрофітобентос – на одиницю площі ґрунту, яка дорівнює площі січення трубки мікробентометра; фітоепіфітон – на одиницю площі рослини-едифікатора, з подальшим перерахунком чисельності контурних угруповань на 10 см² поверхні субстрату [80].

Біомасу альгоугруповання визначали розрахунково-об'ємним методом, вона дорівнювала сумі біомас кожного виду наявного в угрупованні [80], без врахування біотопічної приуроченості. Біомасу кожного виду розраховували – перемножуючи чисельність даного виду на відповідний об'єм клітини.

Об'єм клітини вираховували:

- використовували об'єм клітини наведений у електронній базі Інституту гідробіології (результат багаторічних напрацювань співробітниками інституту);
- вираховували об'єм клітини за розмірами власних вимірів (параметри вимірювали для 30 водоростевих клітин), прирівнюючи форму клітини водорості до відповідної геометричної фігури [68];
- використовували міжнародний електронний ресурс «Biovolume and surface area calculations for microalgae, using realistic 3D models» [165].

Одиниці вимірювання чисельності фітопланктону тис.кл/дм³, мікрофітобентосу, фітоепіфітону – тис.кл/10 см² і біомаси відповідно – мг/дм³, мг/10 см² [80].

Біотопічну приуроченість характеризували згідно [4, 194] і узгоджували з даними наведеними у визначниках (див. вище).

Також, виділення еколого-морфологічної групи крупних діатомових, літоральних евритопних діатомових з урахуванням їхньої приуроченості до певних біотопів, автохтонних компонентів мікрофітобентосу (бентонтів) та алохтонних компонентів (планктонтів та перифітонтів), перифітонтів, що об'єднують види з подібними екологічними та морфологічними ознаками здійснено з урахуванням інформації, що наведена у публікаціях [25, 42, 193, 194]

та відомостей, що містяться у відповідних визначниках прісноводних водоростей, виданих на теренах України.

Індекс інформаційного різноманіття Шеннона розраховували як за чисельністю (H_N), так і біомасою (H_B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону [81, 95, 105, 209]:

$$H_N = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N},$$

де N_i – чисельність i -го виду, N – загальна чисельність усіх видів альгоугруповання, n – число видів і внутрішньовидових таксонів.

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

де B_i – біомаса i -го виду, B – загальна біомаса усіх видів альгоугруповання, n – число видів і внутрішньовидових таксонів.

Так, при $H > 2$ альгоугруповання є полідомінантним, і негативний вплив чинників, що призводять до деградації даного угруповання, є незначним.

При $H \leq 1$ альгоугруповання представлено або монодомінантним, або олігодомінантним комплексом, водоростями найбільш стійкими до дії негативних впливів чинників [80].

Для оцінки багаторічної динаміки фітопланктону В.І. Щербаком [136] запропоновано інтегральний індекс, який об'єднує три структурні показники водоростевих угруповань: видове багатство, чисельність та біомасу, що має переваги у порівнянні з індексом Шеннона (H). Запропонований індекс характеризує ще і зміну відносної участі у фітопланктоні водоростей різних відділів, що дає можливість дослідити роль яких водоростей у фітопланктоні знижується, а яких зростає [1, 136].

Індекс видової подібності Серенсена (K_S) розраховували згідно [204].

Дендрограма видової подібності фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону водойми та водотоку побудована за алгоритмом «парні групи» (paired group, Dice) у програмі PAST1.32. Результатом кластерного аналізу є подібність угруповань, які входять до одного кластеру, і своєрідність видового складу водоростей різних екологічних груп між кластерами.

Домінуючий комплекс, представлений видами-домінантами та субдомінантами, визначали як за чисельністю, так і біомасою [152]. При аналізі домінуючих комплексів водоростей різних екологічних груп домінуючими вважалися види, які формували від 10% і вище, а субдомінантами – від 5,0 до 9,9% загальної чисельності чи біомаси [154].

Проби відбирали як при стабільних внутрішньодобових коливаннях рівня води, так і у період стрімкого його підняття (використовували дані ЦГО, УкрГМЦ [122, 131]). Періодичні різкі перепади рівнів води на русловій ділянці Канівського водосховища були пов'язані з нестабільністю пікових режимів роботи Київської ГЕС у результаті військових дій.

Також проби альгоугруповань відбирали і у зимовий період: як у безльодовий, так і з лунки, зробленої в льодовому покриві (товщина льоду до 5 см), так і з лунки, зробленої буром при товщині льоду 10 см.

Індекс сапробності розраховували методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека [123, 203]. Екологічну оцінку якості води за результатами сапробності та визначення трофності виконано за [80, 106].

Індекс сапробності альгоугруповання розраховували за чисельністю та біомасою видів-індикаторів, використовували формулу: $S = \sum_{i=1}^N S_i h_i / \sum_{i=1}^N h_i$, де S_i – індикаторна значимість i -го виду; h_i – його чисельність (біомаса), N – кількість видів-індикаторів [188]. Індикаторна значимість виду визначалася за [4].

Статистична обробка масиву даних проведена за допомогою програм: Microsoft Excel, PAST1.32.

РОЗДІЛ 3. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ ФІТОПЛАНКТОНУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ

3.1. Таксономічний склад

Фітопланктон оз. Вербне за період досліджень представлений 196 видами (199 внутрішньовидовими таксонами водоростей із номенклатурним типом виду включно), які відносяться до 8 відділів, 14 класів, 36 порядків, 62 родин і 105 родів.

У русловій ділянці Канівського водосховища ідентифіковано 192 види (195 ввт) з 7 відділів, 13 класів, 36 порядків, 57 родин, 112 родів.

Лентична екосистема за флористичним спектром характеризувалась таким комплексом – Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria (рис. 3.1), тоді як лотична – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria (рис. 3.2). Особливістю водойми було те, що видовий склад Miozoa представлений більшою (в два рази) кількістю видів (10 видами), ніж у водотоку (5 видами). Подібна тенденція спостерігалась і для представників Charophyta.

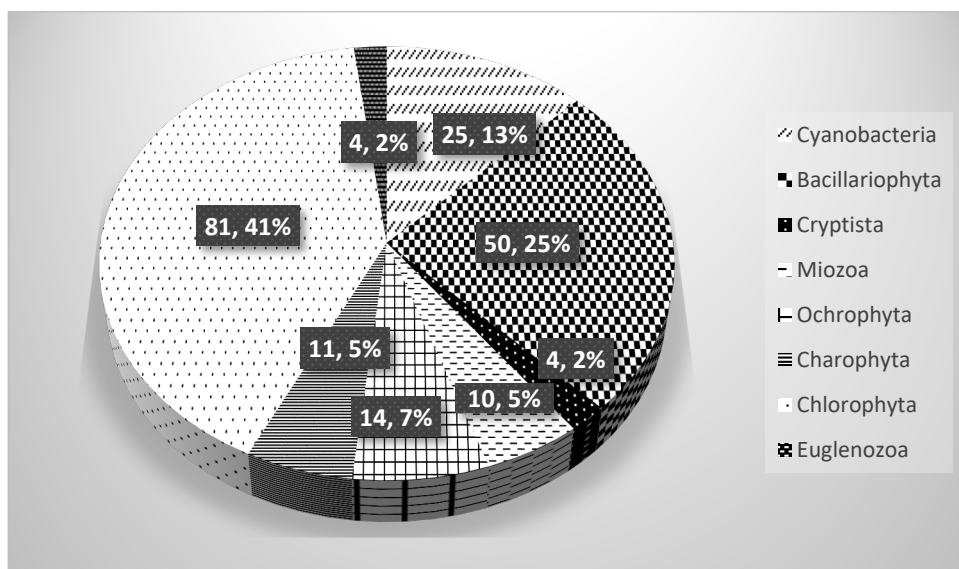


Рис. 3.1. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) фітопланктону лентичної екосистеми.

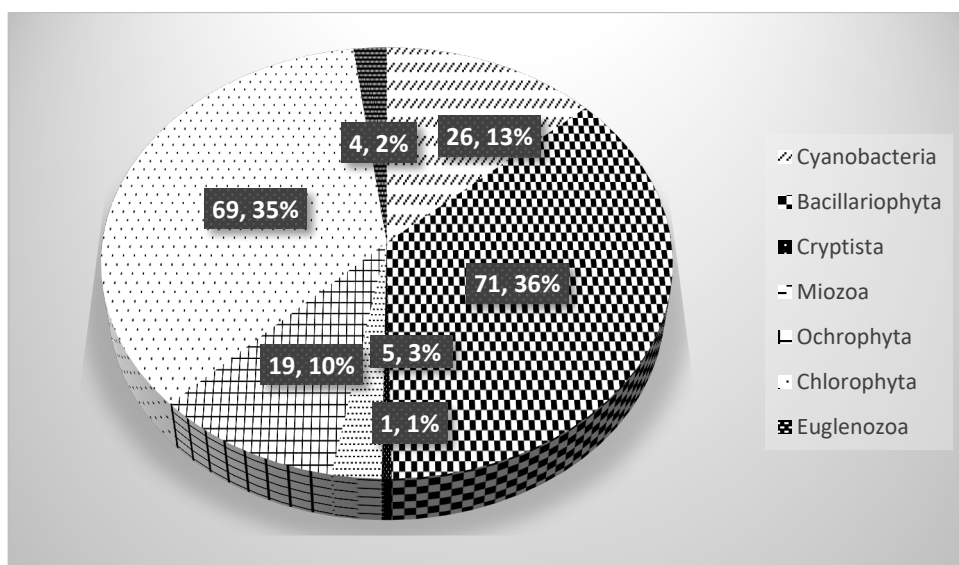


Рис. 3.2. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) фітопланктону лотичної екосистеми.

У сезонному аспекті варто відзначити, що як у лентичній, так і у лотичній екосистемах Chlorophyta та Cyanobacteria характеризуються найбільшою кількістю ввт у літній період, а Bacillariophyta – у зимовий. Водночас водотік вирізняється високим різноманіттям Bacillariophyta ще влітку (табл. 3.1). Натомість представники Euglenozoa виявлені на літоралі водотоку лише влітку, у той час як на мілководді водойми вони відмічені у всі сезони та їхня найбільша кількість була восени (2–3 ввт).

Таблиця 3.1

Сезонна динаміка таксономічного складу фітопланктону (ввт)
лентичних і лотичних водних екосистем (2023–2025 рр.)

Відділи / сезони	Лентична					Лотична				
	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$
Cyanobacteria	$\frac{4-8}{6,7}$	$\frac{9-11}{9,8}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{1-4}{3}$	$\frac{1-11}{7,1}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{1-15}{9,4}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{1-2}{1,25}$	$\frac{1-15}{4,7}$
Bacillariophyta	$\frac{1-11}{7,7}$	$\frac{1-5}{2,4}$	$\frac{0-5}{2,5}$	$\frac{0-16}{10}$	$\frac{0-16}{5,4}$	$\frac{0-12}{6}$	$\frac{2-23}{14,8}$	$\frac{3-6}{4,5}$	$\frac{3-23}{13}$	$\frac{0-23}{11,3}$
Cryptista	$\frac{1-2}{1,3}$	$\frac{0-2}{0,6}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{0-1}{0,7}$	$\frac{0-2}{0,9}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-1}{0,2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,2}$
Miozoa	$\frac{0-2}{1}$	$\frac{1-6}{2,6}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-2}{1}$	$\frac{0-6}{1,5}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-3}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-3}{0,6}$
Ochrophyta	$\frac{0-4}{2}$	$\frac{1-3}{1,8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-3}{1}$	$\frac{0-4}{1,4}$	$\frac{1-4}{2,5}$	$\frac{3-12}{6,6}$	$\frac{0-6}{3}$	$\frac{0-5}{3}$	$\frac{0-12}{4,3}$
Charophyta	$\frac{0-2}{1}$	$\frac{0-5}{2,4}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{0-1}{0,3}$	$\frac{0-5}{1,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Chlorophyta	$\frac{14-20}{17}$	$\frac{11-25}{17,0}$	$\frac{9-24}{16,5}$	$\frac{2-13}{7,0}$	$\frac{2-25}{14,6}$	$\frac{0-3}{1,5}$	$\frac{14-30}{21,4}$	$\frac{1-8}{4,5}$	$\frac{0-3}{1,25}$	$\frac{0-30}{9,5}$
Euglenozoa	$\frac{1-2}{1,7}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2-3}{2,5}$	$\frac{0-2}{0,7}$	$\frac{0-3}{1,7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,3}$
Всього	$\frac{32-46}{38,3}$	$\frac{28-50}{38,6}$	$\frac{21-43}{32}$	$\frac{10-37}{23,7}$	$\frac{10-50}{34,1}$	$\frac{7-18}{12,5}$	$\frac{29-73}{54,2}$	$\frac{7-23}{15}$	$\frac{8-33}{19}$	$\frac{7-73}{30,9}$

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Результати дослідження сезонної динаміки таксономічного складу фітопланктону показали, що у 2023–2025 рр. лентична та лотична екосистеми характеризувалися високим таксономічним різноманіттям у літній період завдяки Chlorophyta і Cyanobacteria, зокрема водойма була представлена кількістю ввт, яка коливалась у межах 28–50, водотік – 29–73. Встановлено, що альгоугруповання водойми найменшим видовим багатством формувалося взимку (кількість таксонів змінювалась у межах 10–37 ввт) в основному через зменшення Chlorophyta і Cyanobacteria, водотік – навесні (7–18 ввт) та восени (7–23 ввт), що обумовлено меншим різноманіттям Chlorophyta, Bacillariophyta та Cyanobacteria. Фітопланктон лентичної екосистеми характеризувався більшим видовим багатством Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa, Miozoa, Charophyta, Ochrophyta, Cryptista, лотичної – Bacillariophyta.

У водних екосистемах провідна роль відділів змінюється в залежності від сезону (див. табл. 3.1), а також має певні особливості у міжрічному аспекті. Дослідження 2023–2025 рр. фітопланктону лентичної екосистеми показали, що у весняний сезон переважали Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria: у 2023 р. у формуванні видового багатства угруповання зберігалась така послідовність відділів, у 2024 р. – Chlorophyta – Cyanobacteria, у 2025 р. – Chlorophyta – Bacillariophyta. У літній і осінній періоди фітопланктон характеризувався переважанням Chlorophyta – Cyanobacteria, у зимовий період 2024 р. та 2025 р. угруповання водойми формувалося в основному Bacillariophyta – Chlorophyta, у 2023 р. – Cyanobacteria – Chlorophyta і Euglenozoa.

Водночас дослідження сезонної динаміки таксономічного складу фітопланктону лотичної екосистеми показали, що весняний сезон представлений в основному Bacillariophyta, але у 2024 р. переважали Chlorophyta та Cyanobacteria. У літній сезон фітопланктон водотоку характеризувався комплексом Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria, а восени угруповання було представлено приблизно однаковою кількістю видів – Chlorophyta – Bacillariophyta та Ochrophyta – Cyanobacteria, але у 2023 р. осінній фітопланктон формували представники Bacillariophyta, Cyanobacteria і Chlorophyta. Взимку у

водотоці переважають Bacillariophyta, у 2023 р. угруповання формувалося Bacillariophyta і Ochrophyta – Cyanobacteria і Chlorophyta.

Таким чином, для лентичної екосистеми характерним є те, що провідна роль у видовому біорізноманітті належить водоростям відділів Chlorophyta – Cyanobacteria – Bacillariophyta, а для лотичної – Bacillariophyta – Chlorophyta.

3.2. Показники рясності

На рівні відділів у формуванні показників рясності виявлені наступні закономірності: як у лентичній, так і у лотичній екосистемах провідна роль належить Cyanobacteria, у формуванні біомаси водотоку відмічено вагомий внесок Chlorophyta, у водоймі – Bacillariophyta (табл. 3.2, 3.3). Важливою особливістю фітопланктону є роль представників відділів, які у формуванні його біомаси складала частку від 1–5%: у лентичній екосистемі це Bacillariophyta, Euglenozoa, Miozoa, Ochrophyta, що характеризувалися приблизно однаковими частками, водночас у лотичній екосистемі – в основному Chlorophyta, показники інших відділів були незначними.

Результати досліджень показників рясності фітопланктону свідчать про те, що водойма представлена провідними відділами Cyanobacteria – Chlorophyta, у той час як водотік – Cyanobacteria – Bacillariophyta.

Чисельність та біомаса фітопланктону як лентичної, так і лотичної екосистем характеризувалися найбільшими показниками влітку завдяки Cyanobacteria, так у водоймі середня чисельність складала 674941,8 та за період досліджень коливалась у межах 45132,0–1817456,0 (тис.кл/дм³), біомаса – 23,38, 1,85–66,86 (мг/дм³), у водотоці – 192089,0, 21911,0–571734,0 (тис.кл/дм³), 16,06, 1,04–61,80 (мг/дм³) відповідно (табл. 3.2, 3.3). Найнижчі показники кількісного розвитку для водойми відмічені взимку: чисельність – 14086, 2157,0–20185,0 (тис.кл/дм³), біомаса – 1,042, 0,60–1,83 (мг/дм³), натомість для водотоку – навесні (відповідно 31390,5, 30245,0–32536,0 тис.кл/дм³ та 1,17, 0,45–1,88 мг/дм³) переважно через зменшення показників Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta.

Таблиця 3.2

Показники рясності у сезонному аспекті фітопланктону лентичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / сезони	весна		літо		осінь		зима		<i>lim</i> <i>mean</i>	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Суанобacteria	<u>27026-393217</u> 164666,7	<u>0,442-10,693</u> 4,528	<u>43735-1813176</u> 669711	<u>1,052-64,406</u> 21,398	<u>10234-53742</u> 31988	<u>0,297-1,369</u> 0,833	<u>713-20079</u> 13124,0	<u>0,010-0,536</u> 0,311	<u>713-1813176</u> 303531,0	<u>0,010-64,406</u> 9,475
Bacillariophyta	<u>110-2867</u> 1394,3	<u>0,005-1,530</u> 0,826	<u>33-450</u> 205,6	<u>0,006-0,285</u> 0,079	<u>0-1048</u> 524	<u>0-0,303</u> 0,151	<u>0-224</u> 80	<u>0-0,170</u> 0,073	<u>0-2867</u> 499,92	<u>0-1,530</u> 0,261
Cryptista	<u>23-198</u> 110,3	<u>0,012-0,021</u> 0,018	<u>0-177</u> 39,8	<u>0-0,096</u> 0,024	<u>58-132</u> 95	<u>0,013-0,029</u> 0,021	<u>0-92</u> 37,3	<u>0-0,208</u> 0,070	<u>0-198</u> 64,0	<u>0-0,208</u> 0,033
Miozoa	<u>0-22</u> 12,7	<u>0-0,785</u> 0,285	<u>33-180</u> 72,6	<u>0,173-1,695</u> 0,513	<u>0-11</u> 5,5	<u>0-0,033</u> 0,017	<u>0-196</u> 69,3	<u>0-1,099</u> 0,366	<u>0-196</u> 47,7	<u>0-1,695</u> 0,350
Ochrophyta	<u>0-2310</u> 961,7	<u>0-0,787</u> 0,441	<u>22-2268</u> 569,6	<u>0,006-1,657</u> 0,368	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-80</u> 26,7	<u>0-0,006</u> 0,002	<u>0-2310</u> 447,15	<u>0-1,657</u> 0,244
Charophyta	<u>0-220</u> 100,7	<u>0-0,172</u> 0,102	<u>0-297</u> 84,8	<u>0-0,323</u> 0,092	<u>11-35</u> 23	<u>0,012-0,036</u> 0,024	<u>0-35</u> 11,67	<u>0-0,034</u> 0,011	<u>0-297</u> 62,08	<u>0-0,323</u> 0,065
Chlorophyta	<u>2165-17759</u> 10183,3	<u>0,427-2,149</u> 1,111	<u>1166-12140</u> 4202,2	<u>0,372-1,846</u> 0,737	<u>1485-13746</u> 7615,5	<u>0,194-2,636</u> 1,415	<u>24-1220</u> 725,33	<u>0,004-0,347</u> 0,168	<u>24-17759</u> 5305,23	<u>0,004-2,636</u> 0,796
Euglenozoa	<u>82-432</u> 208,0	<u>0,305-1,112</u> 0,626	<u>33-100</u> 56,2	<u>0,069-0,298</u> 0,165	<u>92-190</u> 141	<u>0,274-0,735</u> 0,505	<u>0-35</u> 11,67	<u>0-0,118</u> 0,039	<u>0-432</u> 94,0	<u>0-1,112</u> 0,295
Всього	<u>47021-406725</u> 177637,7	<u>4,973-13,634</u> 7,936	<u>45132-1817456</u> 674941,8	<u>1,846-66,855</u> 23,377	<u>25372-55412</u> 40392	<u>1,885-4,045</u> 2,965	<u>2157-20185</u> 14086,0	<u>0,599-1,834</u> 1,042	<u>2157-1817456</u> 310051,08	<u>0,599-66,855</u> 11,519

Примітка. N – чисельність (тис.кл/дм³), B – біомаса (мг/дм³). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Таблиця 3.3

Показники рясності у сезонному аспекті фітопланктону лотичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / сезони	весна		літо		осінь		зима		$\frac{lim}{mean}$	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Cyanobacteria	<u>30058-30884</u> 30471	<u>0,421-0,432</u> 0,427	<u>16985-535372</u> 180155,2	<u>0,404-52,129</u> 12,138	<u>12495-54313</u> 33404	<u>0,336-1,488</u> 0,912	<u>17556-262850</u> 88562	<u>0,246-3,680</u> 1,243	<u>12495-535372</u> 106367,2	<u>0,246-52,129</u> 5,257
Bacillariophyta	<u>0-840</u> 420	<u>0-1,201</u> 0,601	<u>475-13057</u> 4540,2	<u>0,162-8,517</u> 2,825	<u>45-350</u> 197,5	<u>0,032-1,052</u> 0,542	<u>75-2993</u> 2993	<u>0,022-2,054</u> 1,089	<u>0-13057</u> 2175,7	<u>0-8,517</u> 1,597
Cryptista	<u>0-21</u> 10,5	<u>0-0,002</u> 0,001	<u>0-156</u> 31,20	<u>0-0,017</u> 0,003	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-156</u> 13,6	<u>0-0,017</u> 0,001
Miozoa	<u>0-28</u> 14	<u>0-0,147</u> 0,073	<u>0-26</u> 11,4	<u>0-0,172</u> 0,073	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-41</u> 12,75	<u>0-0,123</u> 0,038	<u>0-41</u> 10,5	<u>0-0,172</u> 0,051
Ochromytha	<u>21-784</u> 402,5	<u>0,002-0,101</u> 0,052	<u>57-1348</u> 652,8	<u>0,009-0,282</u> 0,107	<u>0-375</u> 187,5	<u>0-0,042</u> 0,021	<u>0-440</u> 163	<u>0-0,206</u> 0,061	<u>0-1348</u> 392,0	<u>0-0,282</u> 0,071
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Chlorophyta	<u>0-145</u> 72,5	<u>0-0,027</u> 0,013	<u>1008-21645</u> 6641,8	<u>0,285-1,675</u> 0,836	<u>114-938</u> 526	<u>0,004-0,224</u> 0,114	<u>0-839</u> 225	<u>0-0,054</u> 0,014	<u>0-21645</u> 2715,8	<u>0-1,675</u> 0,345
Euglenozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-156</u> 56,4	<u>0-0,235</u> 0,076	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-156</u> 21,7	<u>0-0,235</u> 0,029
Всього	<u>30245-32536</u> 31390,5	<u>0,452-1,881</u> 1,167	<u>21911-571734</u> 192089,0	<u>1,039-61,800</u> 16,058	<u>12654-55976</u> 34315	<u>0,372-2,806</u> 1,589	<u>17776-267163</u> 90049,75	<u>0,487-6,117</u> 2,445	<u>12654-571734</u> 111696,5	<u>0,372-61,800</u> 7,353

Примітка. N – чисельність (тис.кл/дм³), B – біомаса (мг/дм³). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

У лентичній екосистемі провідна роль відділів змінюється в залежності від сезону, так в кожен з них вагомий вплив на кількісні показники фітопланктону мають представники таких відділів (див. табл. 3.2): навесні та влітку чисельність та біомасу формували Cyanobacteria, восени – чисельність – Cyanobacteria і Chlorophyta, біомасу – Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa, взимку – чисельність – Cyanobacteria, біомасу – Miozoa, Cyanobacteria. У міжрічному аспекті спостерігалися певні особливості.

Водночас у лотичній екосистемі вагомий вплив на кількісні показники фітопланктону мають представники таких відділів (див. табл. 3.3): навесні чисельність формували Cyanobacteria, біомасу – Bacillariophyta і Cyanobacteria; влітку чисельність характеризувалася Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta, біомаса – Cyanobacteria – Bacillariophyta, восени – Cyanobacteria, та Cyanobacteria – Bacillariophyta відповідно; взимку – Cyanobacteria – Bacillariophyta та Cyanobacteria – Bacillariophyta відповідно.

Таким чином, для лентичної екосистеми характерним є те, що провідна роль у формуванні показників рясності належить водоростям відділів Cyanobacteria – Chlorophyta, а для лотичної – Cyanobacteria – Bacillariophyta.

Домінуючий комплекс за чисельністю та біомасою фітопланктону літоралі лентичної та лотичної екосистем мав певні відмінності: у лентичній екосистемі представлений Cyanobacteria, тоді як у лотичній екосистемі він формувався комплексом Cyanobacteria – Bacillariophyta. У водоймі найвищими показниками чисельності та біомаси характеризувався *Limnothrix redekei*³, також вагомий вплив на ці показники мали ще такі структуроутворюючі види як *Anagnostidinema amphibium* та *Planktothrix agardhii*. У міжрічному аспекті у складі домінуючого комплексу водойми спостерігалися певні зміни. Характерною особливістю домінуючого комплексу лотичної екосистеми було те, що за чисельністю

³ Тут і далі по тексту автори виду наведені у додатку Б.

переважав – *Microcystis pulverea*, біомаса формувалася в основному представниками Cyanobacteria та Bacillariophyta.

У міжрічному аспекті домінуючий комплекс водойми у 2023 р. та 2024 р. формували Cyanobacteria, у 2025 р. – більш різноманітно, водночас водотоку характеризувався переважано Cyanobacteria та Bacillariophyta.

На рис. 3.3, 3.4 представлена сезонна динаміка кількісних показників (N, B) структуроутворюючих видів фітопланктону, а саме: *Limnothrix redekei*, *Anagnostidinema amphibium*, *Planktothrix agardhii*, та *Microcystis pulverea*.

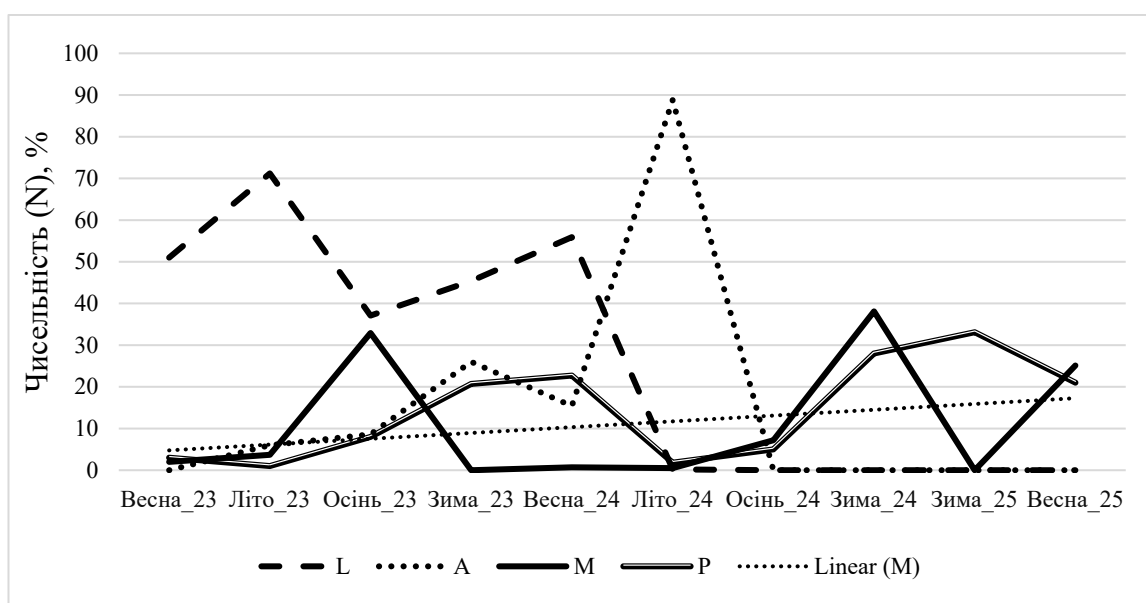


Рис. 3.3. Сезонна динаміка чисельності (N, %) структуроутворюючих видів фітопланктону лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L), *Anagnostidinema amphibium* (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulverea* (M).

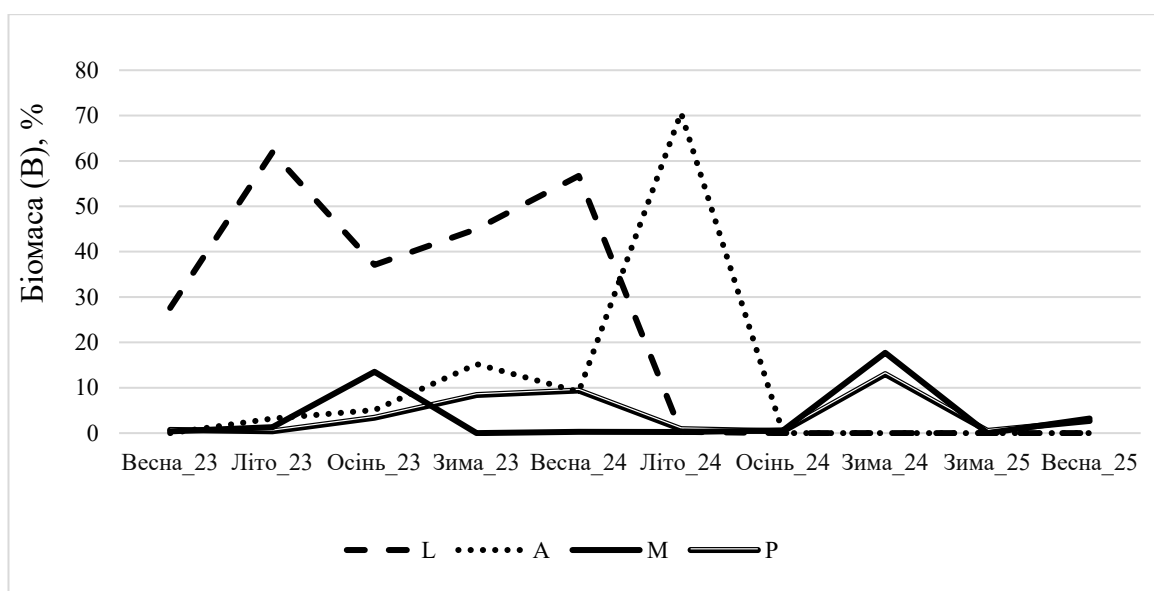


Рис. 3.4. Сезонна динаміка біомаси (В, %) структуроутворюючих видів фітопланктону лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L), *Anagnostidinema amphibium* (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulvereae* (M).

У лентичній екосистемі спостерігалось зменшення ролі виду, який переважав за чисельністю та біомасою у домінуючому комплексі – *Limnothrix redekei* та збільшення – *Microcystis pulvereae*, що показує лінія тренду (рис. 3.3, 3.4). Натомість у лотичній екосистемі видом, що домінував за цими кількісними показниками, був *Microcystis pulvereae* в усі сезони. Влітку 2024 р. встановлено значне збільшення чисельності та біомаси *Anagnostidinema amphibium* з подальшим зменшенням цих показників. У міжрічному аспекті чисельність *Planktothrix agardhii* зростала (див. рис. 3.3, 3.4).

Таким чином, за період досліджень 2023–2025 рр. у фітопланктоні водойми спостерігалось зменшення ролі структуроутворюючого виду – *Limnothrix redekei* та збільшення – *Microcystis pulvereae*. Водночас характерною особливістю водотоку було домінування *Microcystis pulvereae*.

3.3. Особливості сезонної і міжрічної динаміки фітопланктону водойми та водотоку

Зимовий період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Дослідження зимового фітопланктону мали певні особливості і потребували більш докладного опису. Оскільки протягом 2023–2025 рр. спостерігалися різні зимові умови (температурний режим, льодові умови), особливо це прослідковується при характеристиці структури угруповання водойми, так у 2023 р. фітопланктон був представлений переважно Cyanobacteria, у 2024 р. – Bacillariophyta і Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta. У зимовий сезон 2023 р. угруповання водної товщі водойми формувалося 10 видами водоростей із 5 відділів, що були представлені Cyanobacteria – 40% від загальної кількості видів, Chlorophyta та Euglenozoa – по 20%. У грудні 2024 р. у фітопланктоні було ідентифіковано 37 видів водоростей із 5 відділів, найбільшу частку флористичного різноманіття складали: Bacillariophyta – 43%, Chlorophyta – 35%, Cyanobacteria – 11 %. Фітопланктон у лютому 2025 р. характеризувався 24 видами водоростей з 5 відділів, переважно Bacillariophyta – 59% та Chlorophyta – 25% (рис. 3.5).

При аналізі флористичного спектра зимового фітопланктону лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігалися такі зміни: у 2023 р. структура формувалася Cyanobacteria, Chlorophyta та Euglenozoa, у 2024 р. – Bacillariophyta, Chlorophyta та Cyanobacteria, у 2025 р. – Bacillariophyta та Chlorophyta (рис. 3.5).

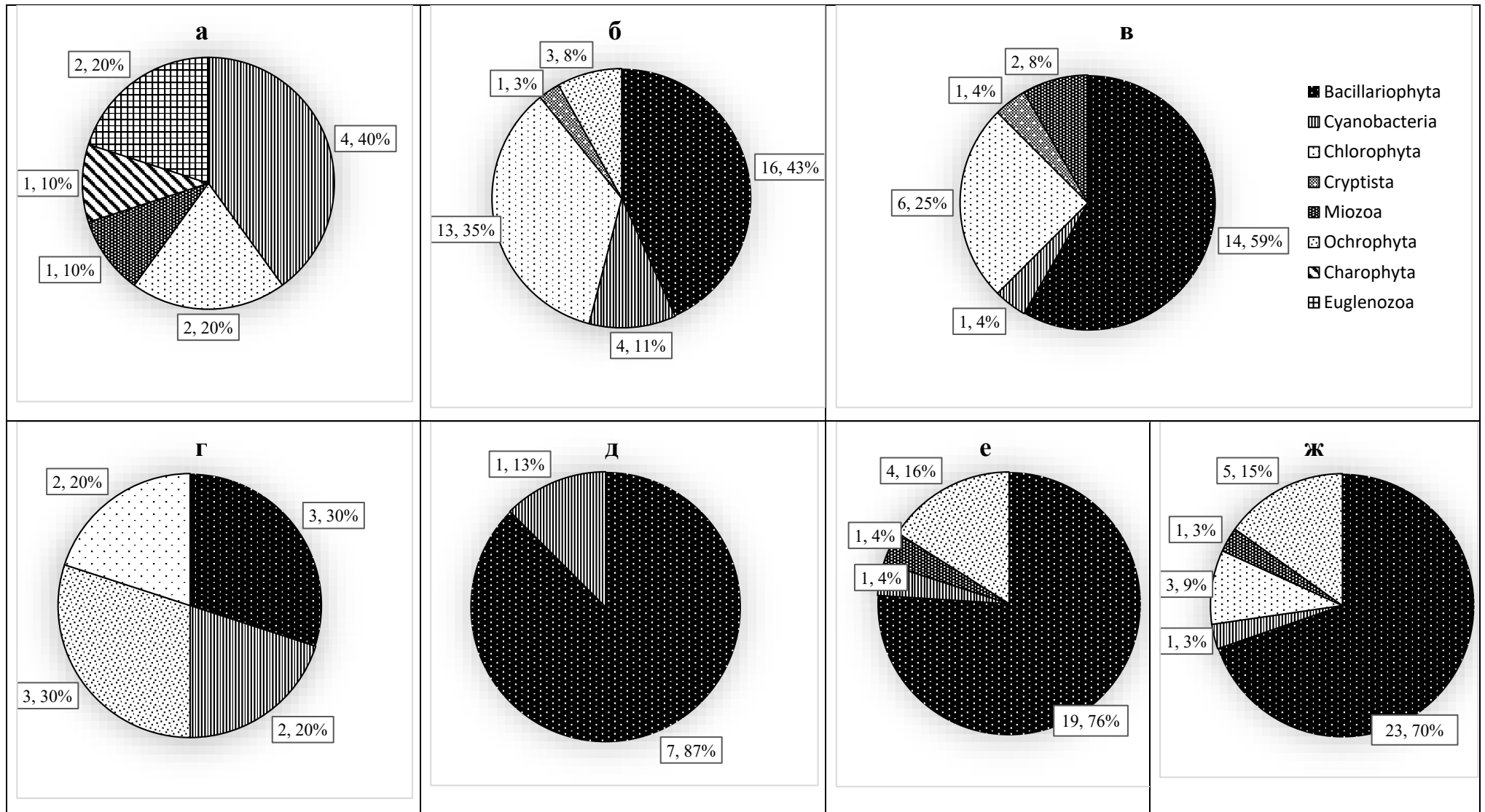


Рис. 3.5. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) зимового фітопланктону лентичної : грудень 2023 р. (а), грудень 2024 р. (б), лютий 2025 р. (в) та лотичної екосистем: грудень 2023 р. (г), грудень 2024 р. (д), січень 2025 р. (е), лютий 2025 р. (ж).

Особливості формування зимового фітопланктону у літоралі лотичної екосистеми обумовлені коливаннями рівня води, що пов'язані з режимом роботи Київської ГЕС, більш інтенсивними гідродинамічними процесами. Видова структура угруповання водотоку у зимовий період характеризувалась переважно Bacillariophyta та Ochrophyta. У зимовому фітопланктоні 2023 р. лотичної екосистеми було ідентифіковано 10 видів водоростей з 4 відділів, представлених переважно Bacillariophyta та Ochrophyta – 30%, Cyanobacteria та Chlorophyta – 20%. Фітопланктон у грудні 2024 р. формувався 8 видами водоростей з 2 відділів, найбільшу частку з яких складали Bacillariophyta – 87%. У січні 2025 р. було ідентифіковано 25 видів водоростей з 4 відділів, що характеризувалися в основному Bacillariophyta – 76% та Ochrophyta – 16%. У лютому 2025 р. було ідентифіковано 32 види (33 ввт) водоростей з 5 відділів, переважно представлених Bacillariophyta – 70% та Ochrophyta – 15% (див. рис. 3.5).

При порівнянні у міжрічному аспекті флористичні спектри фітопланктону лотичної та лентичної екосистем можна зазначити, що у зимовий сезон 2023 р. угруповання водойми формувалося в основному представниками Cyanobacteria, водотоку – Bacillariophyta – Ochrophyta у однакових частках. Натомість у 2024–2025 рр. водні екосистеми характеризувалися переважно Bacillariophyta. Видове багатство фітопланктону як водойми, так і водотоку у міжрічному аспекті відрізнялось, оскільки зимовий період 2023 р. був теплішим.

За чисельністю та біомасою фітопланктону лентичної екосистеми у 2023 р. спостерігалось переважання Cyanobacteria (99% від загальної чисельності 20185,0 тис. кл/дм³ та 78% від загальної біомаси 0,69 мг/дм³). Це було пов'язано з домінуванням структуроутворюючих видів угруповання водойми: *Limnothrix redekei* (45,4% та 45,0%) за чисельністю та біомасою, а також зі значним вкладом у показники чисельності *Anagnostidinema amphibium* (26,2% та 15,3%), *Planktothrix agardhii* (20,7% та 8,5%). Окрім наведених видів, домінуючий комплекс був представлений ще *Jaaginema geminatum* та *Trachelomonas intermedia*.

У грудні 2024 р. спостерігалось значне збільшення кількісних показників *Microcystis pulvereae* (38,1% та 17,7% від загальних кількісних показників). Окрім

цього, відмічено домінування за цими критеріями – *Microcoleus amoenus* (24,5% та 30,1%), *Planktothrix agardhii* (28,0% та 13,0%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 19916 тис. кл/дм³, біомаса – 0,599 мг/дм³. За цими показниками фітопланктону переважали Cyanobacteria (93% та 65% відповідно), значно менший вклад Chlorophyta – 6% та 26% відповідно. Домінуючий комплекс формували ще такі види: *Tetrastrum elegans*, *Lagerheimia genevensis*, *Cymbella aspera*.

Так, у лютому 2025 р. загальна чисельність фітопланктону складала 2157 тис. кл/дм³ і представлена переважано Chlorophyta – 43% та Cyanobacteria – 33%, біомаса – 1,834 мг/дм³ формувалася за рахунок Miozoa (60%) та Chlorophyta (19%). Chlorophyta за чисельністю характеризувалися полідомінантністю з переважанням *Tetraselmis arnoldii* (21,3%), натомість Cyanobacteria були представлені *Planktothrix agardhii* (33,1%). Значне збільшення біомаси у цей період пов'язано з розвитком Miozoa, а саме *Unruhadinium penardii* (58,1%). Також домінуючий комплекс характеризувався ще такими видами: *Monoraphidium contortum*, *Lemmermannia triangularis*, *Cryptomonas ovata*.

У лотичній екосистемі у 2023 р чисельність фітопланктону складала 33727,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,52 мг/дм³, за кількісними показниками структура угруповання формувалася Cyanobacteria (99% та 92% відповідно), що було обумовлено монодомінуванням *Microcystis pulverea* (98,4% та 89,0%).

У грудні 2024 р. спостерігалось зниження показників рясності, так чисельність фітопланктону складала 17776,0 тис. кл/дм³ та характеризувалася в основному Cyanobacteria – 99%, біомаса – 0,487 мг/дм³, Cyanobacteria – 50% та Bacillariophyta – 50%. Що також було пов'язано з домінуванням *Microcystis pulverea* (98,2% та 48,5%). Домінуючий комплекс за біомасою був представлений ще такими видами: *Melosira varians*, *Fragilaria fragilarioides*, *Stephanocyclus meneghinianus*.

Січень 2025 р. характеризувався зростанням чисельності фітопланктону – 41533 тис. кл/дм³ завдяки Cyanobacteria (97%) та біомаси – 2,656 мг/дм³,

структура якої визначалася на 77% Bacillariophyta та 21% Cyanobacteria, спостерігалось домінуванням *Microcystis pulverea* (97,1% та 21,3%), за біомасою – *Melosira varians* (60,0%).

У лютому 2025 р. загальна чисельність фітопланктону всіх відділів складала 267163 тис. кл/дм³ та характеризувалася Cyanobacteria (98%), біомаса – 6,117 мг/дм³, яка була представлена в основному Cyanobacteria (60%) та Bacillariophyta (34%). Що також було обумовлено домінуванням *Microcystis pulverea* (98,4% та 60,2%), за біомасою ще *Stephanocyclus meneghinianus* (8,7%).

Домінуючий комплекс лентичної екосистеми у зимовий період 2023 р. складали переважно представники Cyanobacteria і Euglenozoa, у 2024 р. – Cyanobacteria, Miozoa, Chlorophyta та Cryptista. Лотичної екосистеми – Cyanobacteria та Cyanobacteria – Bacillariophyta відповідно.

Для водойми та водотоку, які були досліджені, відібрано та опрацьовано проби фітопланктону у зимовий період. Проаналізовано його таксономічний склад та кількісні показники розвитку. Встановлено, що у цю пору року характерним для лентичної екосистеми було формування фітопланктону представниками Bacillariophyta – Chlorophyta, у той час як для лотичної – Bacillariophyta. Варто зазначити, що у водоймі у зимовий період 2024 р. у порівнянні з 2023 р. відбулося зменшення ролі виду, що переважав за показниками чисельності та біомаси у домінуючому комплексі – *Limnotherix redekei*, з наступним збільшенням – *Microcystis pulverea*, у водотоку як за показниками чисельності, так і біомаси домінував *Microcystis pulverea*.

Весняний період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Як відомо [180, 211], особливості зимових умов (температурний режим, наявність льодового покриву та ін.) можуть впливати на формування весняних альгоугруповань, а також на подальші зміни в їхній структурі.

У фітопланктоні літоралі лентичної екосистеми весняного сезону 2023 р. було ідентифіковано 46 видів водоростей із 7 відділів. Найбільшу частку флористичного різноманіття складали: Chlorophyta – 44% від загальної кількості видів, Bacillariophyta – 24%, Cyanobacteria – 18% [14] (рис.3.6).

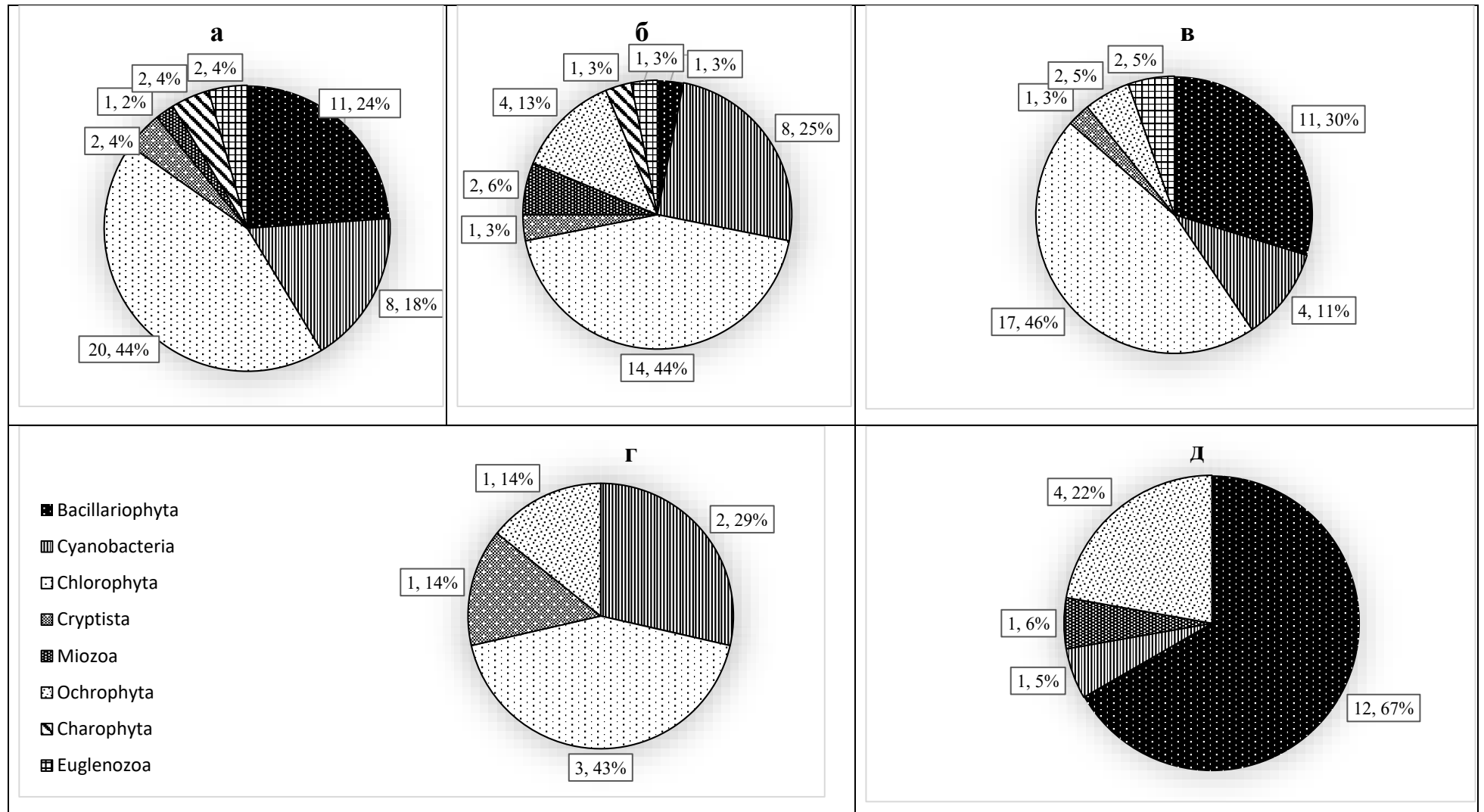


Рис. 3.6. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) фітопланктону весняного сезону водойми: 2023 р. (а), 2024 р. (б), 2025 р. (в) та водотоку: 2024 р. (г), 2025 р. (д).

Фітопланктон водойми весняного сезону 2024 р. представлений 32 видами водоростей із 8 відділів, структуру угруповання формували на 44% Chlorophyta, на 25% Cyanobacteria. У водотоці у цей період було ідентифіковано 7 видів водоростей із 4 відділів, які характеризувалися Chlorophyta – 43% та Cyanobacteria – 29% (див. рис. 3.6). Флористичний спектр весняного фітопланктону 2024 р. лентичної і лотичної екосистем визначався Chlorophyta та Cyanobacteria (див. рис. 3.6). Як і у лотичній, так і у лентичній екосистемах спостерігалось суттєве зниження кількості представників Bacillariophyta, їхня чисельність і біомаса були незначними та не впливали на загальні показники.

Фітопланктон весняного сезону 2025 р. у водоймі формували 37 видів водоростей із 6 відділів, що характеризувалися Chlorophyta – 46%, Bacillariophyta – 30%, Cyanobacteria – 11% (див. рис. 3.6). У водотоку у цей період було ідентифіковано 18 видів водоростей із 4 відділів, структуру угруповання визначали Bacillariophyta – 67% та Ochrophyta – 22%. Таким чином, таксономічний склад весняного фітопланктону 2025 р. озера формувався переважно: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria, руслової ділянки – Bacillariophyta і Ochrophyta, з переважанням представників Bacillariophyta (див. рис. 3.6).

Весняний фітопланктон лентичної екосистеми у міжрічному аспекті характеризувався Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria, у лотичній формувався: у 2023 р. переважно Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta.

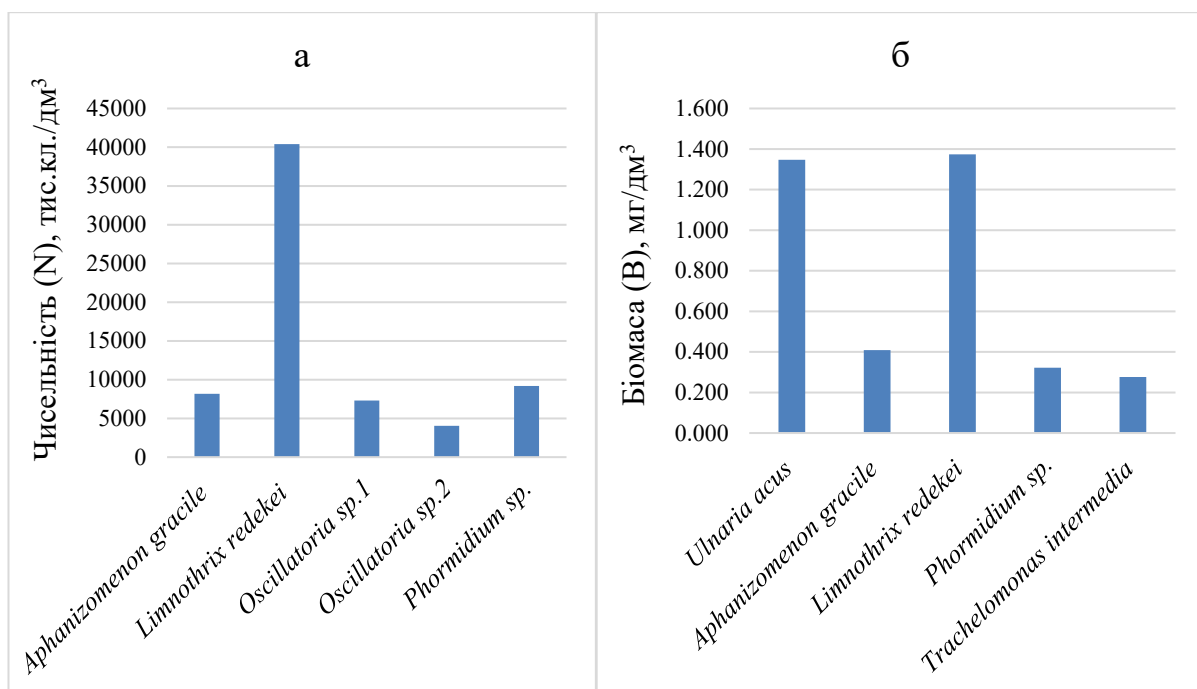
Загалом можна зазначити, що за дослідженнями 2023 р. у водоймі домінуючі відділи альгоугруповання за кількістю видів і біомасою були розташовані у протилежній послідовності, так Cyanobacteria представлені найменшою кількістю видів, але найбільшою біомасою. Загальна чисельність фітопланктону всіх відділів навесні складала 79167,0 тис. кл/дм³ та характеризувалася: Cyanobacteria – 93%, Bacillariophyta – 4%, Chlorophyta – 3%; біомаса – 4,994 мг/дм³ [14], Cyanobacteria – 49%, Bacillariophyta – 31%, Chlorophyta – 9%. Що було пов'язано з переважанням за цими показниками *Limnothrix redekei* та за біомасою *Ulnaria acus*. Так, за чисельністю домінуючий комплекс складала: *Limnothrix redekei* (51,0%),

Phormidium sp., *Aphanizomenon gracile*; за біомасою: *Limnothrix redekei* (27,6%), *Ulnaria acus* (27,1%), *Aphanizomenon gracile*, *Phormidium* sp., *Trachelomonas intermedia* [14].

Дослідження весняного фітопланктону 2024 р. показали: оскільки зима була тепла та льодовий покрив був відсутній, спостерігалась така послідовність домінуючих відділів за кількістю видів Chlorophyta – Cyanobacteria, за чисельністю і біомасою переважали представники Cyanobacteria, роль Bacillariophyta була незначною та практично не впливала на показники. Загальна чисельність фітопланктону навесні складала 406725,0 тис. кл/дм³, біомаса – 13,63 мг/дм³, структуру формували за чисельністю: Cyanobacteria – 97%, Chlorophyta – 3%, Ochrophyta – 1%; за біомасою: Cyanobacteria – 78%, Ochrophyta, Miozoa, Chlorophyta – по 6%. Весняний фітопланктон характеризувався домінуванням за чисельністю та біомасою *Limnothrix redekei* (55,9% та 56,7%). Так, за чисельністю домінуючий комплекс складали: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Anagnostidinema amphibium*; за біомасою: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Anagnostidinema amphibium*, *Ceratium hirundinella*.

У 2025 р. спостерігали значне зниження показників чисельності і біомаси Cyanobacteria та збільшення – Chlorophyta. Вагома роль у біомасі була представників Euglenozoa. Bacillariophyta за кількістю видів відновила показник 2023 р., а за чисельністю та біомасою була представлена в 2 рази менше, ніж у 2023 р. Загальна чисельність фітопланктону навесні складала 47021,0 тис. кл./дм³ завдяки Cyanobacteria – 57%, Chlorophyta – 38%, Bacillariophyta – 3%; біомаса – 5,20 мг/дм³ відповідно Chlorophyta – 41%, Euglenozoa – 21%, Bacillariophyta – 18%, Ochrophyta – 10%. За чисельністю домінуючий комплекс формували: *Microcystis pulverea* (25,1%), *Planktothrix agardhii* (21,4%), *Lagerheimia genevensis* (16,2%), *Phormidium* sp.; за біомасою: *Lagerheimia genevensis* (16,6%), *Trachelomonas intermedia* (11,6%), *Trachelomonas volvocina*, *Dinobryon* sp., *Willea irregularis*.

У лентичній екосистемі, в річній динаміці, у структурі домінуючого комплексу фітопланктону за показниками рясності спостерігається зменшення ролі *Limnothrix redekei*, з наступним збільшенням – *Microcystis pulverea* (рис. 3.7, 3.8).



**Oscillatoria sp.1* (2,0 мкм), *Oscillatoria sp.2* (2,8 мкм)

Рис. 3.7. Домінуючі та субдомінуючі види весняного фітопланктону 2023 р. за чисельністю (N) (а) та біомасою (B) (б) лентичної екосистеми.

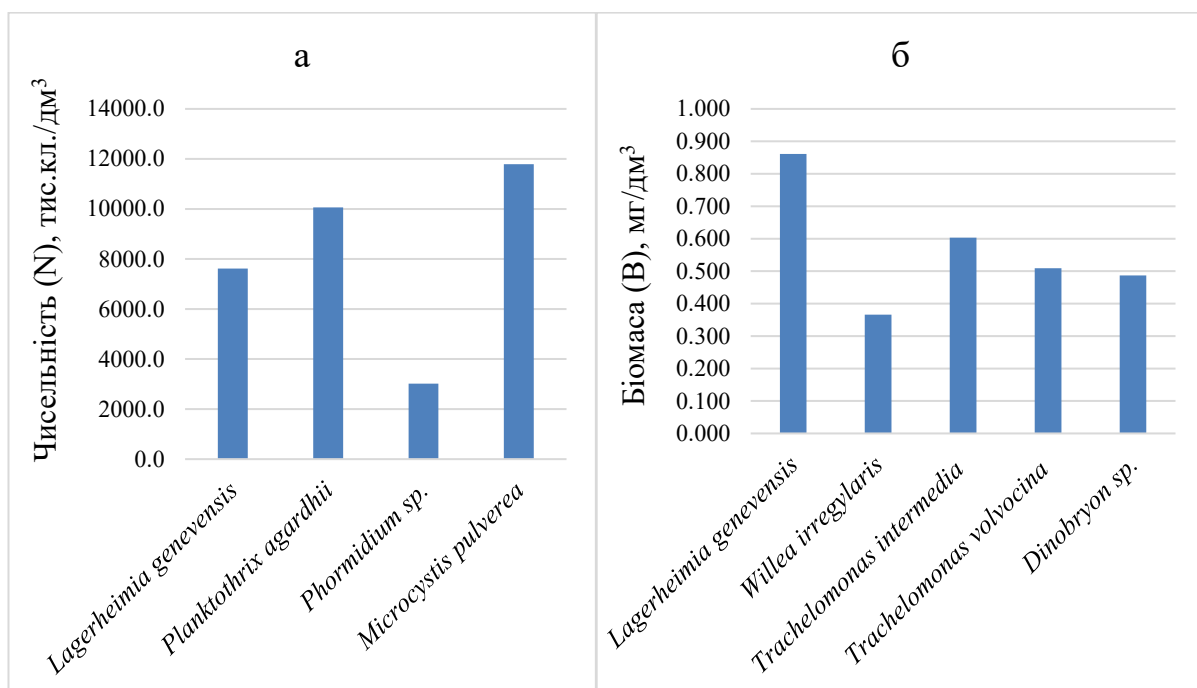


Рис. 3.8. Домінуючі та субдомінуючі види весняного фітопланктону 2025 р. за чисельністю (N) (а) та біомасою (B) (б) лентичної екосистеми.

За період досліджень у весняному фітопланктоні змінився склад домінуючого комплексу, так у 2023 р. переважав як за чисельністю, так і за

біомасою *Limnothrix redekei*, у 2025 р. за чисельністю – *Microcystis pulverea*, а за біомасою – *Lagerheimia genevensis*.

Навесні 2024 р. у лотичній екосистемі загальна чисельність фітопланктону складала 30245,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,45 мг/дм³, водотік характеризувався переважанням *Cyanobacteria* (99% та 93% відповідно), що було зумовлене домінуванням *Microcystis pulverea* (99,2% та 92,9%).

У весняний період 2025 р. загальна чисельність альгоугруповання руслової ділянки складала 32536,0 тис. кл/дм³ та була представлена: *Cyanobacteria* – 95%, *Bacillariophyta* – 3%, *Ochrophyta* – 2%; біомаса – 1,88 мг/дм³, *Bacillariophyta* – 64%, *Cyanobacteria* – 23%, *Miozoa* – 8%, *Ochrophyta* – 5%. Комплекс домінуючих видів фітопланктону літоралі водотоку за чисельністю формували: *Microcystis pulverea* (94,9%); за біомасою: *Surirella librile* (25,3%), *Microcystis pulverea* (23,0%), *Stephanocyclus meneghinianus* (14,3%), *Peridiniopsis quadridens* (7,8%), *Navicula reinhardtii* (7,4%).

Як у лентичній, так і у лотичній екосистемах, за дослідженнями 2024 р., за кількістю видів переважали представники відділу *Chlorophyta*, за чисельністю та біомасою – *Cyanobacteria*, роль *Bacillariophyta* була незначною. У 2025 р. *Bacillariophyta* представлені у лотичній екосистемі 11 видами і у лотичній екосистемі – 12 видами, показники чисельності були незначними, водночас структуру біомаси фітопланктону *Bacillariophyta* формували у водоймі на 18%, у водотоці – на 64%.

Таким чином, весняний фітопланктон лентичної екосистеми характеризувався *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta* – *Euglenozoa* комплексом, що вказує на певний антропогенний вплив на фітоценоз водойми [14]. Фітопланктон лотичної екосистеми представлений комплексом *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta* – *Ochrophyta* з переважанням за кількісними показниками розвитку представників відділу *Cyanobacteria*, що теж вказує на вплив антропогенних чинників.

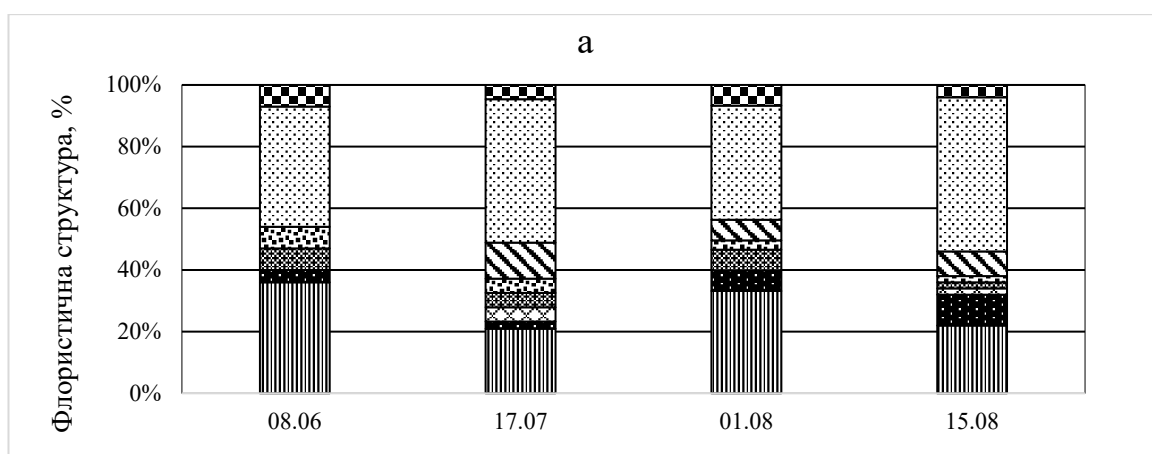
Літній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Дослідження літнього фітопланктону виявили особливості формування його структури, показників рясності у цей період, які більш розгорнуто проаналізовано на прикладі 2023 р. у лотичній та у лентичній екосистемах.

Фітопланктон водойми у червні був представлений 28 видами водоростей із 6 відділів, провідна роль у флористичному спектрі належала Chlorophyta – 39% та Cyanobacteria – 36%. Певні особливості формування фітопланктону спостерігалися і у водотоці, так у цей період було ідентифіковано 29 видів, представлених меншою кількістю відділів – 4, ніж у водоймі. Флористичне різноманіття характеризувалося переважно Chlorophyta – 48% та Ochrophyta – 41%.

У липні у водоймі було ідентифіковано 43 види водоростей із 8 відділів, які представлені в основному Chlorophyta – 47% та Cyanobacteria – 21%. У водотоці виявлено 73 види водоростей із 6 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали: Chlorophyta – 34%, Bacillariophyta – 32%, Cyanobacteria – 21%.

У серпні у фітопланктоні лентичної екосистеми було встановлено 64 види водоростей із 8 відділів, які на 45% формували Chlorophyta, на 22% – Cyanobacteria. У серпні у лотичній екосистемі було ідентифіковано 83 види водоростей із 7 відділів. Флористичну основу угруповання складали: Chlorophyta – 35%, Bacillariophyta – 31%, Cyanobacteria – 18% (рис. 3.9).



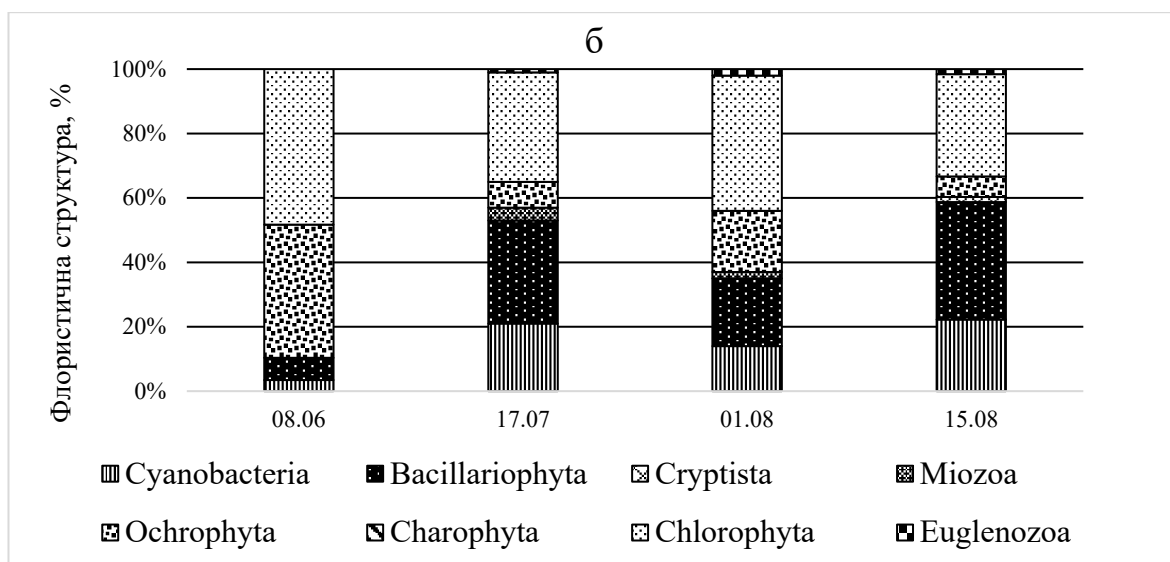


Рис. 3.9. Флористичний спектр (%) фітопланктону літнього сезону 2023 р. лентичної (а) та лотичної (б) екосистем.

Так, протягом літнього сезону 2023 р. фітопланктон водойми характеризувався комплексом: Chlorophyta – Cyanobacteria, натомість у водотоці спостерігалася зміна – у червні – Chlorophyta – Ochrophyta, у липні-серпні – Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria.

За чисельністю та біомасою фітопланктону лентичної та лотичної екосистем по відділах встановлена наступна послідовність (рис. 3.10):

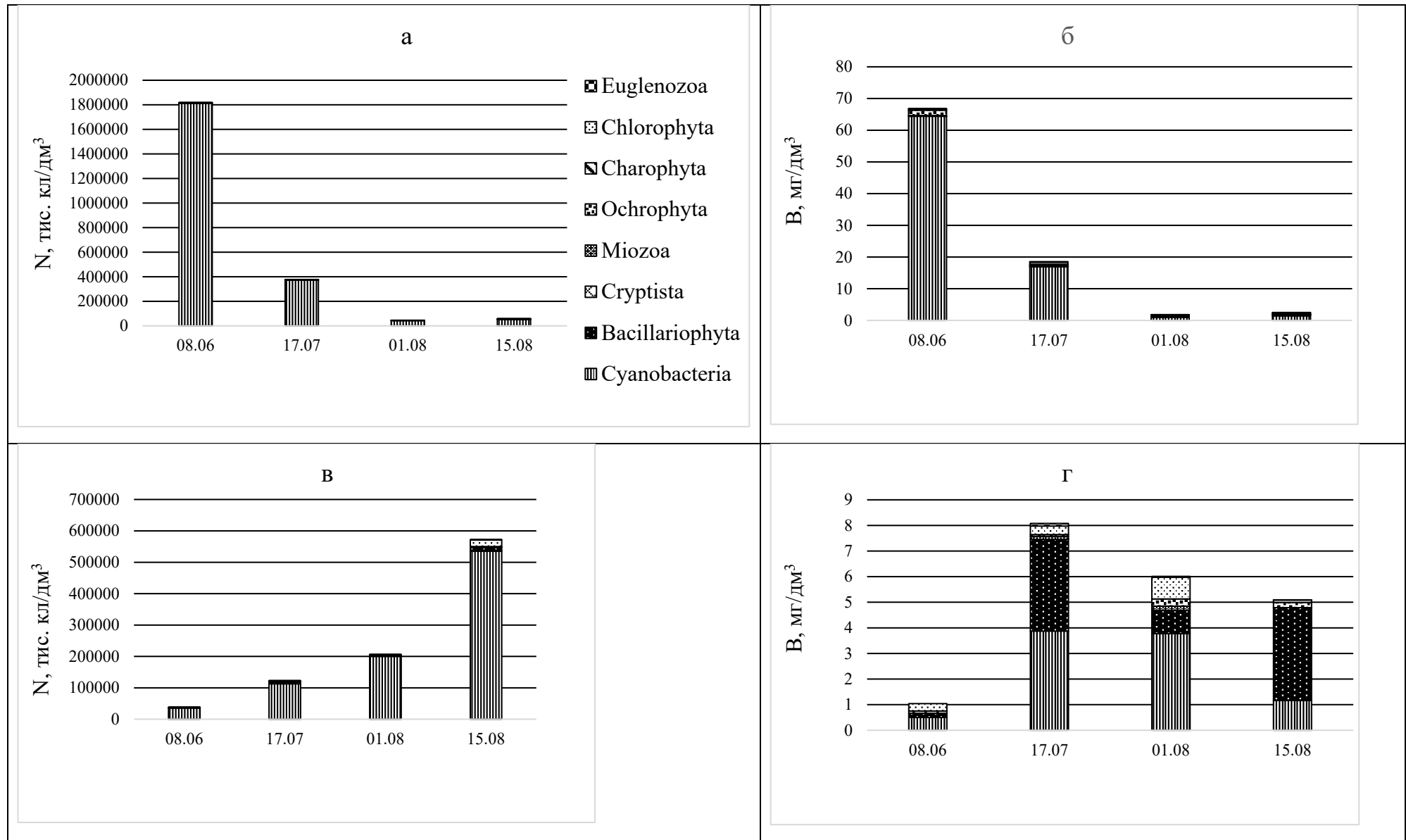


Рис. 3.10. Показники рясності (N, B) фітопланктону літнього сезону 2023 р. лентичної (а), (б) та лотичної екосистем (в) та (г).

Так, протягом літнього сезону 2023 р. фітопланктон водойми та водотоку за чисельністю характеризувався переважанням *Cyanobacteria*. У лентичній екосистемі у цей період за біомасою спостерігалася така зміна структури фітопланктону, а саме: *Cyanobacteria*, *Cyanobacteria* – *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* – *Chlorophyta* – *Bacillariophyta*, і у лотичній: *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* – *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*.

Протягом літнього сезону виявлено зменшення чисельності фітопланктону у лентичній екосистемі та збільшення у лотичній (див. рис. 3.10).

У водоймі влітку 2023 р. комплекс домінуючих видів фітопланктону за чисельністю формували: *Limnothrix redekei*, *Anagnostidinema amphibium*; за біомасою: *Limnothrix redekei*, *Aphanizomenon flos-aquae*. Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Anabaenopsis raciborskii*, *Phacotus coccifer*, *Planktothrix agardhii*, *Jaaginema geminatum*, *Planktolyngbya limnetica*, *Peridiniopsis quadridens*, *Fragilaria crotonensis*. За чисельністю домінуючий комплекс протягом літа характеризувався *Cyanobacteria*; за біомасою змінювався у такій послідовності: *Cyanobacteria*, *Cyanobacteria* – *Chlorophyta* – *Miozoa*, *Cyanobacteria* – *Miozoa* – *Bacillariophyta*.

У лотичній екосистемі за чисельністю домінуючий комплекс формували: *Microcystis pulvereae*, *Pseudanabaena mucicola*, *Dolichospermum flosaquae*, *Microcystis wesenbergii*; за біомасою: *Dolichospermum flosaquae*, *Microcystis pulvereae*, *Microcystis wesenbergii*, *Nitzschia dissipata*, *Microcystis aeruginosa*. Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Aulacoseira italica*, *Phacotus coccifer*, *Willea irregularis*, *Melosira varians*, *Colemanosphaera charkowiensis*. За чисельністю домінуючий комплекс протягом літа характеризувався *Cyanobacteria*; за біомасою змінювався у такій послідовності: *Cyanobacteria* – *Chlorophyta* – *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*.

Таким чином, порівняння фітопланктону водойми та водотоку за кількісними та якісними характеристиками протягом літа дало змогу встановити особливості формування його структури.

У фітопланктоні літнього сезону 2024 р. лентичної екосистеми було ідентифіковано 42 види водоростей із 7 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складала: Chlorophyta – 43%, Cyanobacteria – 22%, Miozoa – 14%. У лотичній екосистемі було виявлено 63 види водоростей із 6 відділів, найбільшу частку складала: Chlorophyta – 48%, Bacillariophyta – 27%, Cyanobacteria – 17% (рис. 3.11).

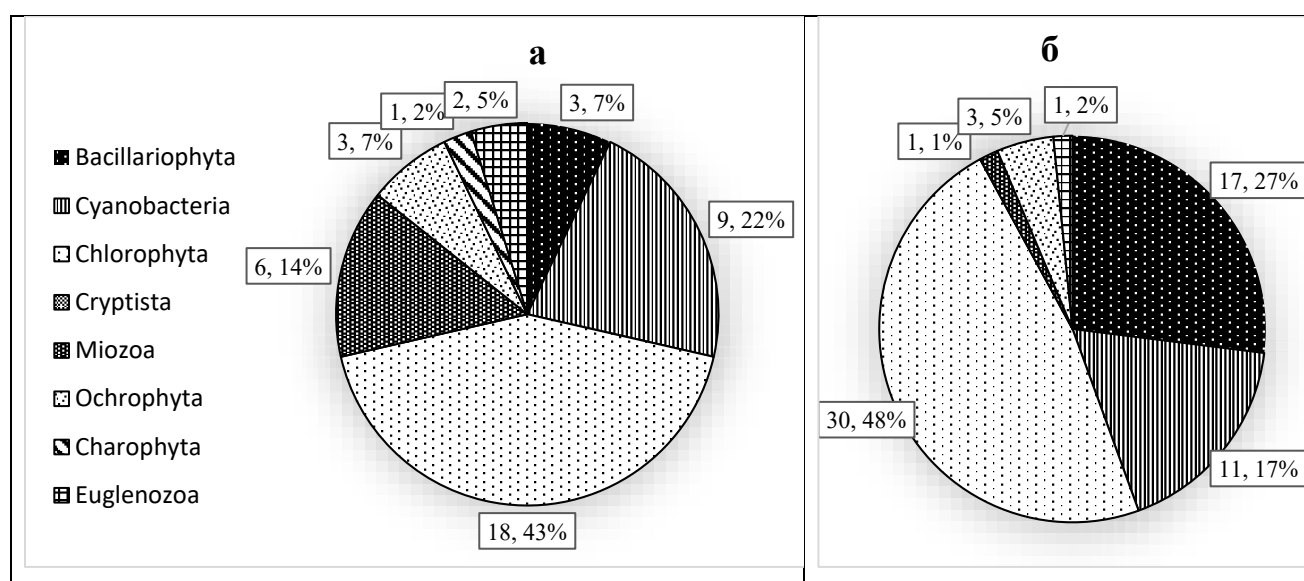


Рис. 3.11. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) літнього фітопланктону лентичної (а) та лотичної (б) екосистем 2024 р.

Літній фітопланктон у міжрічному аспекті представлений: у лентичній екосистемі – Chlorophyta і Cyanobacteria, у лотичній – Chlorophyta, Bacillariophyta та Cyanobacteria.

За чисельністю та біомасою фітопланктон літнього сезону 2024 р. лентичної екосистеми характеризувався переважно Cyanobacteria (99% та 85%) та формувався такими видами домінуючого комплексу за чисельністю: *Anagnostidinema amphibium* (88,8%); за біомасою: *Anagnostidinema amphibium* (70,6%), *Anabaenopsis raciborskii* (7,4%). Загальна чисельність фітопланктону складала

1077480,0 тис. кл/дм³, біомаса – 27,112 мг/дм³. Набагато менший вплив на біомасу мали Chlorophyta (7%) та Miozoa (6%).

Загальна чисельність фітопланктону лотичної екосистеми літнього сезону 2024 р. складала 21911,0 тис. кл/дм³ завдяки Cyanobacteria – 78%, Chlorophyta – 15%, Bacillariophyta – 7%; біомаса – 3,367 мг/дм³ за участі Chlorophyta – 50%, Bacillariophyta – 29%, Cyanobacteria – 12%. Домінуючий комплекс літнього фітопланктону 2024 р. формували за чисельністю: *Microcystis pulverea* (46,5%), *Merismopedia tenuissima* (11,4%); за біомасою: *Microglena monadina* (18,5%), *Phacotus coccifer* (12,0%), *Trachelomonas ornata* (7,0%), *Aulacoseira italica* (6,6%).

Таким чином, при аналізі флористичного спектра літнього фітопланктону лентичної та лотичної екосистем у міжрічному аспекті зберігається відповідно така послідовність: Chlorophyta – Cyanobacteria та Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria. За показниками рясності та домінуючого комплексу у водоймі переважають представники відділу Cyanobacteria, у водотоку спостерігалася така зміна комплексів провідних відділів – Cyanobacteria – Bacillariophyta, Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta.

Осінній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Встановлені певні особливості формування альгоугруповання водойми та водотоку в осінній період. У фітопланктоні літоралі лентичної екосистеми осіннього сезону 2023 р. було ідентифіковано 21 вид водоростей із 5 відділів, які характеризувалися в основному Chlorophyta – 43% та Cyanobacteria – 33% (рис. 3.12). У осінньому альгоугрупованні 2024 р. було встановлено 43 види водоростей із 7 відділів, найбільшу частку складали: Chlorophyta – 56%, Cyanobacteria – 16%, Bacillariophyta – 12% (рис. 3.12).

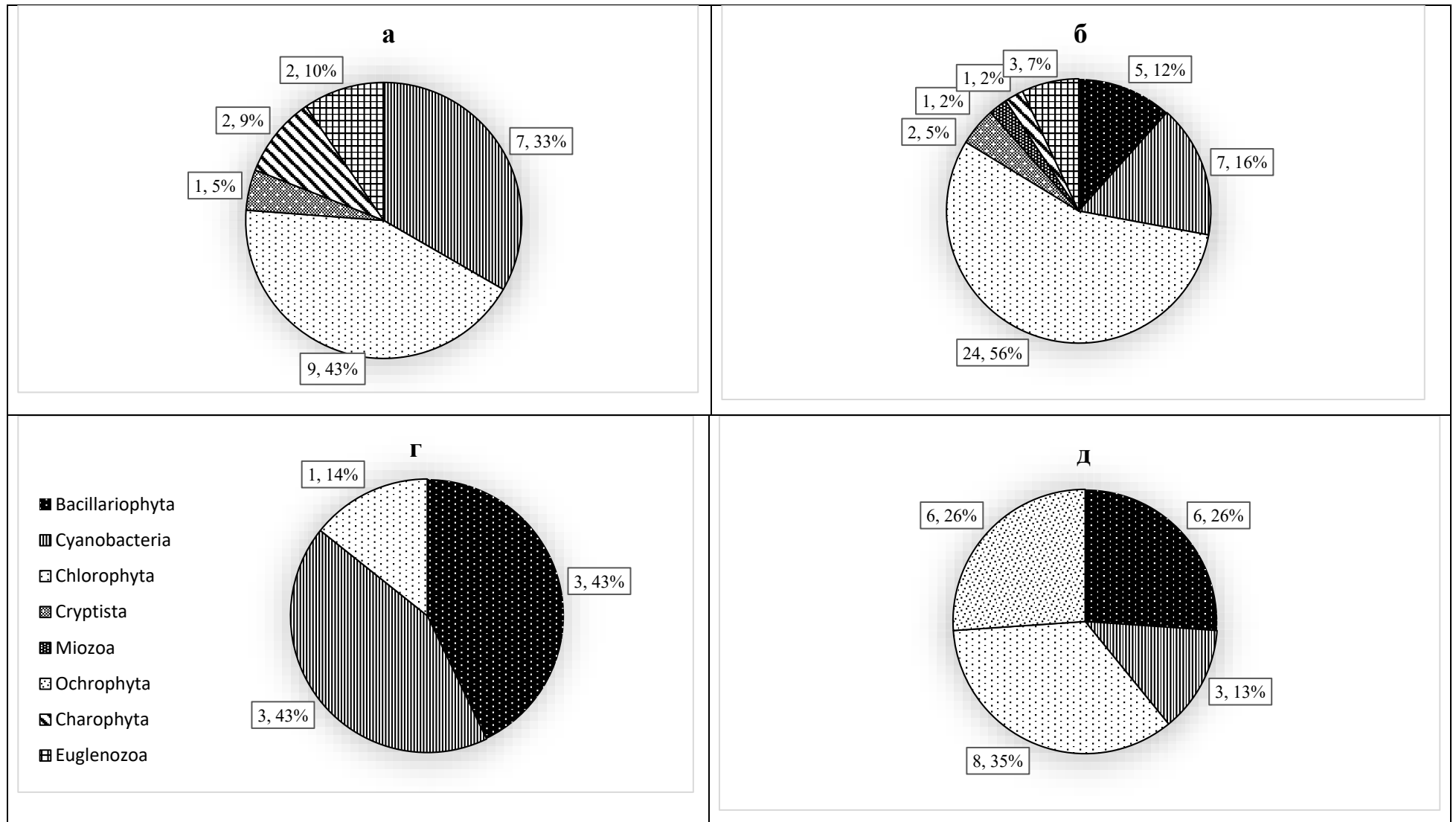


Рис. 3.12. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) фітопланктону осіннього сезону водойми: 2023 р. (а), 2024 р. (б) та водотоку: 2023 р. (в), 2024 р. (д).

При аналізі флористичного спектра осіннього фітопланктону лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається переважання Chlorophyta.

У альгоугрупованні літоралі лотичної екосистеми осіннього сезону 2023 р. було ідентифіковано 7 видів водоростей із 3 відділів, структура угруповання визначалась на 43% Bacillariophyta і Cyanobacteria та на 14% Chlorophyta (див. рис. 3.12). У фітопланктоні осіннього сезону 2024 р. виявлено 23 види водоростей із 4 відділів, найбільшу частку складали: Chlorophyta – 35%, Bacillariophyta та Ochrophyta – 26%, Cyanobacteria – 13% (див. рис. 3.12).

При аналізі флористичного спектра осіннього угруповання водної товщі лотичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається переважання Bacillariophyta і Cyanobacteria у 2023 р., Chlorophyta – Bacillariophyta та Ochrophyta у 2024 р.

Загальна чисельність фітопланктону лентичної екосистеми восени 2023 р. складала 55412,0 тис. кл/дм³ та формувалася переважно Cyanobacteria (97%); біомаса – 1,89 мг/дм³, Cyanobacteria – 73%, Euglenozoa – 15%, Chlorophyta – 10%. Домінуючий комплекс альгоугруповання літоралі водойми представлений за чисельністю: *Limnothrix redekei* (37,1%), *Microcystis pulverea* (32,9%), *Anagnostidinema amphibium* (8,6%), *Planktothrix agardhii* (8,2%), *Jaaginema geminatum* (7,5%); за біомасою: *Limnothrix redekei* (37,1%), *Microcystis pulverea* (13,5%), *Trachelomonas intermedia* (10,2%), *Jaaginema geminatum* (9,2%), *Anagnostidinema amphibium* (5,1%).

Восени 2024 р. загальна чисельність альгоугруповання (25372,0 тис. кл/дм³) характеризувалася: Chlorophyta – 54%, Cyanobacteria – 40%, Bacillariophyta – 4%; біомаса (4,045 мг/дм³) – Chlorophyta – 65%, Euglenozoa – 18%, Cyanobacteria та Bacillariophyta по 7%. За чисельністю домінуючий комплекс фітопланктону формували: *Geminellopsis fragilis* (38,3%), *Phormidium* sp. (11,9%), *Anagnostidinema lemmermannii* (10,9%), *Microcystis pulverea* (7,2%), *Planktothrix agardhii* (5,1%); за біомасою: *Geminellopsis fragilis* (48,0%), *Trachelomonas intermedia* (17,4%).

У лотичній екосистемі загальна чисельність осіннього альгоугруповання 2023 р. складала 12654,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,372 мг/дм³ та характеризувалися *Cyanobacteria* (99% та 90%). За чисельністю домінуючий комплекс формували: *Microcystis pulverea* (97,7%); за біомасою: *Microcystis pulverea* (46,6%), *Aphanizomenon flos-aquae* (43,4%), *Aneumastus tuscus* (5,2%).

У 2024 р. загальна чисельність фітопланктону складала 55976,0 тис. кл/дм³ та характеризувалася *Cyanobacteria* (97%), біомаса – 2,81 мг/дм³, *Cyanobacteria* – 53%, *Bacillariophyta* – 37%, *Chlorophyta* – 8%. За чисельністю домінуючий комплекс представлений: *Microcystis pulverea* (82,0%), *Microcystis wesenbergii* (12,7%); за біомасою: *Cymbella aspera* (31,2%), *Microcystis wesenbergii* (28,5%), *Microcystis pulverea* (22,9%).

Так, при аналізі показників рясності осіннього угруповання водної товщі у міжрічному аспекті спостерігалось наступне: у лентичній екосистемі переважали представники *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, натомість у лотичній – *Cyanobacteria*.

Таким чином, особливості фітопланктону водойми та водотоку як в сезонному, так і в річному аспектах формуються під впливом внутрішньоводоймних процесів та сезонних чинників. У міжрічному аспекті спостерігалися зміни у домінуючому комплексі водойми, а саме зменшення ролі структуроутворюючого виду оз. Вербне – *Limnothrix redekei*, натомість для руслової ділянки Канівського водосховища притаманним було домінування *Microcystis pulverea*.

3.5. Сапробіологічна характеристика якості води за фітопланктоном

За період досліджень 2023–2025 рр. розраховано індекси сапробності за чисельністю та біомасою фітопланктону лотичної та лентичної екосистем (табл. 3.4).

Характеристика лентичної та лотичної водних екосистем
за показниками сапробності

Лентична		Лотична	
β'' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
за чисельністю	за біомасою	за чисельністю	за біомасою
2,23±0,05	2,15±0,05	1,69±0,04	1,89±0,08
β'' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні

Примітка. Середнє значення показника.

Сапробіологічна оцінка якості водного середовища показала, що у лентичній екосистемі індекс сапробності за чисельністю (S_N) фітопланктону змінювався в межах 1,92–2,54, що відповідало β' - та α' -мезосапробній зоні, за біомасою (S_B) – 1,55–2,43, β' - та β'' - мезосапробній зоні відповідно. У лотичній екосистемі – S_N змінювався в межах 1,50–1,83, що відповідало β' -мезосапробній зоні, S_B – 1,28–2,21, α -олігосапробній та β'' -мезосапробній зоні відповідно.

Підвищення індексів сапробності водойми та водотоку спостерігалось у літній сезон 2024 р., коли S_N досягав 2,54, що відповідає α' - мезосапробній зоні, у водотоці – S_B – 2,21, β'' -мезосапробній зоні і вказувало на посередній та задовільний відповідно стан якості води.

Дослідження розвитку фітопланктону водойми та величин індексу сапробності дозволили встановити, що у міжрічному аспекті, стан водної екосистеми: клас якості вод III, категорія якості вод – 4, сапробність – β'' -мезосапробна зона, трофість – евтрофна. Для водотоку клас якості вод відповідає – II, категорія якості вод – 3, сапробність – β -мезосапробна (β' -мезосапробна зона), трофість (переважаючий тип) – мезотрофі (мезоевтрофі).

Таким чином, проведений аналіз таксономічного складу, чисельності, біомаси, домінуючого комплексу у сезонному та міжрічному (2023–2025 рр.) аспектах встановив, що фітопланктон лотичних та лентичних екосистем відрізняється за таксономічним різноманіттям, найвищі показники встановлені

влітку. Лентична екосистема за флористичним спектром характеризувалась комплексом Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria, у той час як лотична – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria. Також встановлено, що співвідношення відділів змінювалось в залежності від сезону року.

Вперше для водойми у зимовий період проаналізовано таксономічний склад та кількісні показники розвитку фітопланктону. Досліджено, що у цю пору року характерним для лентичної екосистеми було переважання представників Bacillariophyta – Chlorophyta.

За показниками рясності фітопланктону лентична екосистема представлена Cyanobacteria – Chlorophyta, тоді як лотична – Cyanobacteria – Bacillariophyta. Лентична та лотична екосистеми за чисельністю та біомасою характеризувалися найбільшими показниками влітку.

Домінуючий комплекс фітопланктону літоралі водойми представлений Cyanobacteria, тоді як водотоку – комплексом Cyanobacteria – Bacillariophyta.

У міжрічному аспекті у структурі домінуючого комплексу фітопланктону лентичної екосистеми спостерігалися певні зміни: зменшення ролі *Limnotherix redekei*, з наступним збільшенням ролі *Microcystis pulverea*. Натомість у лотичній екосистемі в усі сезони протягом періоду досліджень, видом, що переважав за показниками чисельності і біомаси у домінуючому комплексі, був *Microcystis pulverea*.

За сапробіологічною характеристикою якості водного середовища водойма і водотік відповідають III і II класам якості вод відповідно. Амплітуда коливань індексів сапробності у лентичній (S_N 1,92–2,54 і S_B 1,55–2,43) і у лотичній (S_N 1,50–1,83 і S_B 1,28–2,21) екосистемах вказує загалом на помірне органічне забруднення водних об'єктів.

РОЗДІЛ 4. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ ФІТОЕПІФІТОНУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ

4.1. Таксономічний склад

Фітоепіфітон літоралі лентичної водної екосистеми за період досліджень представлений 319 видами (332 внутрішньовидовими таксонами водоростей із номенклатурним типом виду включно), які відносяться до 8 відділів, 16 класів, 43 порядків, 74 родин і 143 родів.

У лотичній екосистемі у фітоепіфітоні було ідентифіковано 220 видів (223 ввт) з 7 відділів, 14 класів, 41 порядку, 64 родин, 111 родів.

Лентична та лотична водні екосистеми за флористичним спектром характеризувались комплексом Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria (рис. 4.1, 4.2). Важливою особливістю водойми було те, що вона відрізнялась більш різноманітно видами відділів, які складали частку від 1–5%, водночас у водотоці ці відділи представлені незначною кількістю видів. Варто зазначити, що Міозоа у лотичній екосистемі не виявлені, а у лентичній екосистемі встановлено 7 видів.

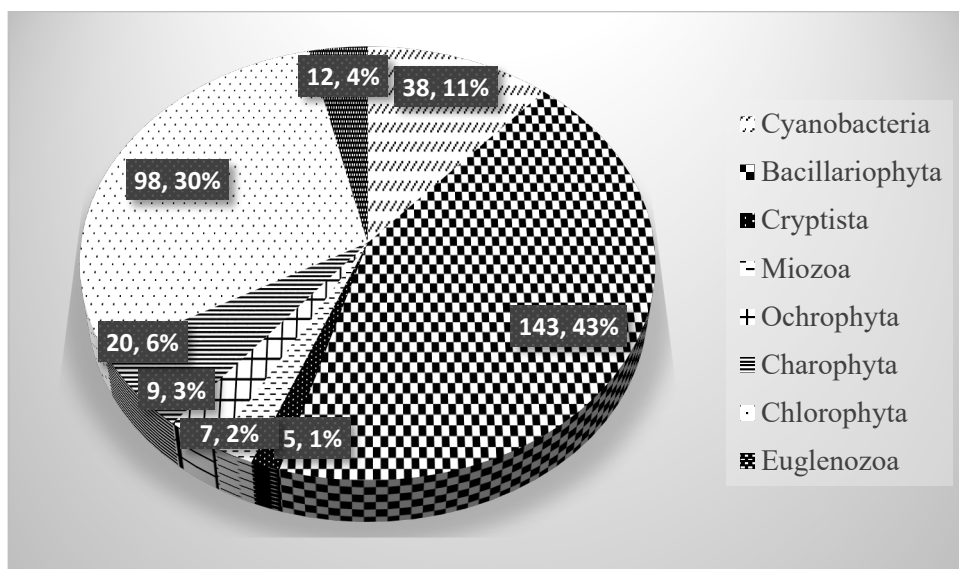


Рис. 4.1. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) фітоепіфітону лентичної екосистеми.

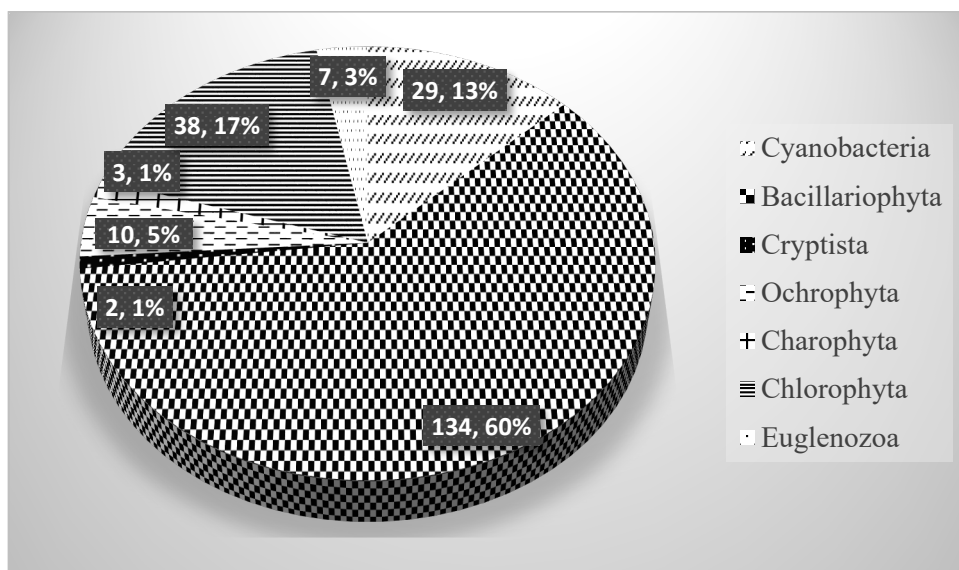


Рис. 4.2. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) фітоепіфітону лотичної водної екосистеми.

У сезонному аспекті Bacillariophyta у лентичній екосистемі характеризувалися найбільшою кількістю видів у весняний період (33–72 ввт), найменшою – у літній (20–51 ввт), натомість у лотичній – у зимовий (7–70 ввт) та осінній (12–28 ввт) відповідно (табл. 4.1). Відносно представників відділу Cyanobacteria спостерігалась протилежна тенденція, так влітку – найбільша кількість ввт встановлена у водоймі (10–12 ввт) та у водотоці (2–10 ввт), найменша: взиму – у лентичній екосистемі (2–7 ввт), навесні – у лотичній (1–2 ввт).

У озері Chlorophyta характеризувалися найбільшою кількістю ввт у літньо-осінній період, водночас у русловій ділянці Chlorophyta представлені приблизно однаковою кількістю ввт (5–6 ввт) протягом року.

Euglenozoa виявлені на літоралі водотоку влітку та восени, у той час як водойма характеризувалась присутністю водоростей Euglenozoa в усі сезони, які були представлені приблизно однаковою кількістю видів.

Таблиця 4.1

Сезонна динаміки таксономічного складу фітоепіфітону (ввт)
лентичних та лотичних водних екосистем (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	Лентична					Лотична				
	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$
Cyanobacteria	$\frac{4-9}{6}$	$\frac{10-12}{10,8}$	$\frac{7-10}{9}$	$\frac{2-7}{5,3}$	$\frac{2-12}{8,2}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{2-10}{6}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{2-5}{3,5}$	$\frac{1-10}{4,2}$
Bacillariophyta	$\frac{33-72}{54,3}$	$\frac{20-51}{41,6}$	$\frac{33-56}{44,7}$	$\frac{36-60}{44,7}$	$\frac{20-72}{45,6}$	$\frac{21-46}{33,5}$	$\frac{22-37}{31,4}$	$\frac{12-28}{20}$	$\frac{7-70}{48,3}$	$\frac{7-70}{35,2}$
Cryptista	$\frac{0-1}{0,7}$	$\frac{1-3}{2,0}$	$\frac{1-4}{2,3}$	$\frac{0-2}{1,0}$	$\frac{0-4}{1,6}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-1}{0,4}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,3}$
Miozoa	$\frac{0-1}{0,3}$	$\frac{0-5}{2,6}$	$\frac{0-1}{0,7}$	$\frac{0-1}{0,3}$	$\frac{0-5}{1,2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Ochrophyta	$\frac{0-3}{1,3}$	$\frac{0-3}{1}$	$\frac{0-5}{2}$	$\frac{1-3}{2}$	$\frac{0-5}{1,5}$	$\frac{1-4}{2,5}$	$\frac{0-5}{1,6}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{0-5}{2,5}$
Charophyta	$\frac{0-3}{1,3}$	$\frac{2-8}{5}$	$\frac{0-6}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-8}{2,7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,2}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-1}{0,3}$	$\frac{0-1}{0,2}$
Chlorophyta	$\frac{4-18}{10,7}$	$\frac{15-34}{26,2}$	$\frac{18-35}{25,3}$	$\frac{3-17}{8,7}$	$\frac{3-35}{18,9}$	$\frac{2-8}{5}$	$\frac{5-8}{6,2}$	$\frac{2-8}{5}$	$\frac{2-10}{6}$	$\frac{2-10}{5,8}$
Euglenozoa	$\frac{0-4}{2}$	$\frac{0-5}{1,6}$	$\frac{2-3}{2,3}$	$\frac{1-2}{1,3}$	$\frac{0-5}{1,8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-2}{0,6}$	$\frac{1-3}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-3}{0,5}$
Всього	$\frac{54-108}{76,7}$	$\frac{55-104}{90,8}$	$\frac{77-104}{89,3}$	$\frac{45-90}{63,3}$	$\frac{45-108}{81,6}$	$\frac{25-61}{43}$	$\frac{42-54}{46}$	$\frac{20-47}{33,5}$	$\frac{19-87}{62}$	$\frac{19-87}{48,7}$

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Результати дослідження сезонної динаміки таксономічного складу фітоепіфітону проведеного у 2023–2025 рр. показали, що характерною особливістю цього альгоугруповання у лентичній екосистемі є більше видове різноманіття представлене 8 відділами, ніж у лотичній. Зокрема, кількість ввт фітоепіфітону водойми за час досліджень коливалася в межах 45–108, водотоку – 19–87. Встановлено, що альгоугруповання водойми найбільшою кількістю ввт характеризувалось у весняний період (54 – 108 ввт) завдяки Bacillariophyta, найменшою – взимку (45 – 90 ввт) переважно через зменшення представників Cyanobacteria і Chlorophyta, водночас водотік найбільшою – у зимовий період (19–87 ввт) завдяки Bacillariophyta, найменшою – восени (20 – 47 ввт), що було обумовлено меншим видовим різноманіттям Bacillariophyta.

Фітоепіфітон лентичної екосистемі характеризувався більшим видовим багатством представленим в основному Bacillariophyta – Chlorophyta, а також Cyanobacteria, Charophyta, Euglenozoa, Miozoa, Cryptista, лотичної – Ochrophyta.

У водних екосистемах провідна роль відділів змінюється в залежності від сезону (див. табл. 4.1), а також має певні особливості у міжрічному аспекті.

Дослідження 2023–2025 рр. фітоепіфітону лентичної екосистемі показали, що у весняний сезон 2023 р. та 2024 р. переважали представники Bacillariophyta – Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta. У літньо-осінній період видове багатство формувалося комплексом Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria. Взимку фітоепіфітон характеризувався переважанням Bacillariophyta: у 2023 р. видове багатство формували представники Bacillariophyta – Chlorophyta, у 2024 р. – Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta.

Водночас дослідження 2023–2025 рр. сезонної динаміки таксономічного складу фітоепіфітону лотичної екосистемі показали, що у водотоці переважають представники Bacillariophyta, у міжрічному аспекті спостерігалися такі особливості формування видового багатства, так навесні 2025 р. субдомінантами виступали Chlorophyta, влітку 2023 р. – Chlorophyta – Cyanobacteria; влітку 2024 р. – Chlorophyta; восени 2023 р. — Cyanobacteria – Chlorophyta; восени 2024 р. —

Chlorophyta – Cyanobacteria; взимку 2024 р. – Cyanobacteria – Chlorophyta і Ochrophyta, взимку 2025 р. – Chlorophyta.

Таким чином, за результатами досліджень 2023–2025 рр. встановлено, що фітоепіфітон лотичних і лентичних екосистем характеризувався комплексом Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, проте водойма була представлена більшою кількістю видів, особливо Chlorophyta.

5.2. Показники рясності

Дослідження виявили закономірності формування показників рясності фітоепіфітону на рівні відділів. Так, у лентичній екосистемі провідна роль у формуванні показників чисельності належить відділам Bacillariophyta – Cyanobacteria, у лотичній – Cyanobacteria – Bacillariophyta, біомаси – Chlorophyta – Bacillariophyta та Bacillariophyta відповідно (табл. 4.2, 4.3).

Важливою особливістю фітоепіфітону є роль представників відділів, які у його чисельності складали частку від 1–5%, так у лентичній екосистемі Cryptista, Charophyta, Ochrophyta виявлені приблизно в однакових частках, тоді як у лотичній екосистемі, найбільша частка належала Chlorophyta, менш представлені Ochrophyta, показники інших відділів були незначними.

Лентична екосистема характеризувалася найбільшими кількісними показниками фітоепіфітону навесні завдяки Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, середня чисельність угруповання складала 11728,2 та за період досліджень коливалась у межах 864,7–33154,0 (тис. кл/10 см²), біомаса – 18,69, 0,10–55,32 (мг/10 см²), найнижчими – восени (відповідно 1011,0, 545,0–1869,0 тис. кл/10 см² і 0,30, 0,18–0,40 мг/10 см²) переважно через зменшення Cyanobacteria. Натомість альгоугруповання лотичної екосистеми найбільшими показниками чисельності характеризувалося восени (17333,0, 17331,0–17335,0 (тис. кл/10 см²)) завдяки Cyanobacteria, біомаси – взимку (4,11, 0,06–12,14 (мг/10 см²)) переважно через Bacillariophyta. Найнижчі величини чисельності фітоепіфітону водотоку були навесні (2162,5, 1076,0–3249,0 (тис. кл/10 см²)) через зменшення чисельності

Суанобактерія, а біомаси – влітку (0,208,0,06–0,44 (мг/10 см²)), що було обумовлено Bacillariophyta (табл. 4.2, 4.3).

У лентичній екосистемі вагомий вплив на кількісні показники фітоепіфітону мають представники відділів, провідна роль яких змінюється в залежності від сезону (табл. 4.2): навесні чисельність формували Bacillariophyta, біомасу – Chlorophyta – Bacillariophyta; влітку – чисельність – Суанобактерія, біомасу – Bacillariophyta; восени – чисельність – Суанобактерія – Bacillariophyta – Chlorophyta, біомасу – Bacillariophyta – Chlorophyta; зима: чисельність – Bacillariophyta – Суанобактерія, біомаса – Bacillariophyta.

Водночас у лотичній екосистемі вагомий вплив на кількісні показники фітоепіфітону мають представники таких відділів (табл. 4.3): у зимово-весний період чисельність формували Суанобактерія – Bacillariophyta, біомасу – Bacillariophyta; у літньо-осінній кількісні показники характеризувалися Суанобактерія.

У міжрічному аспекті структура угруповання водойми та водотоку за показниками рясності змінювалась і мала певні особливості.

Отже, особливостями розвитку фітоепіфітону досліджуваних водних екосистем є те, що для водойми характерна провідна роль у формуванні чисельності: Bacillariophyta – Суанобактерія, а для водотоку: Суанобактерія – Bacillariophyta, біомаси: Chlorophyta – Bacillariophyta та Bacillariophyta відповідно.

Показники рясності у сезонному аспекті фітоепіфітону лентичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	весна		літо		осінь		зима		<i>lim</i> <i>mean</i>	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Cyanobacteria	<u>657-7377</u> 2899,0	<u>0,016-0,074</u> 0,038	<u>343-3938</u> 1136,0	<u>0,008-0,079</u> 0,025	<u>150-915</u> 461,7	<u>0,003-0,026</u> 0,012	<u>52-1737</u> 699,0	<u>0,001-0,029</u> 0,013	<u>52-7377</u> 1275,7	<u>0,0007-0,079</u> 0,022
Bacillariophyta	<u>192-24509</u> 8387,5	<u>0,068-21,637</u> 7,433	<u>45-585</u> 202,9	<u>0,016-0,251</u> 0,112	<u>148-403</u> 259,4	<u>0,098-0,158</u> 0,137	<u>74-3250</u> 1396,9	<u>0,105-5,108</u> 1,836	<u>45-24509</u> 2224,7	<u>0,016-21,637</u> 2,056
Cryptista	<u>0-5</u> 1,7	<u>0-0,0006</u> 0,0002	<u>3-7</u> 4,4	<u>0,0003-0,0022</u> 0,0013	<u>7-18</u> 13,3	<u>0,002-0,009</u> 0,005	<u>0-16</u> 10,0	<u>0-0,033</u> 0,011	<u>0-18</u> 6,9	<u>0-0,009</u> 0,002
Miozoa	<1	<u>0-0,00004</u> 0,00001	<u>0-9</u> 3,0	<u>0-0,152</u> 0,053	<u>0-1</u> 0,3	<u>0-0,005</u> 0,002	<u>0-5</u> 1,67	<u>0-0,009</u> 0,003	<u>0-9</u> 1,5	<u>0-0,152</u> 0,022
Ochrophyta	<u>0-9</u> 5,3	<u>0-0,218</u> 0,073	<u>0-11</u> 2,8	<u>0-0,0023</u> 0,0005	<u>0-74</u> 25,0	<u>0-0,007</u> 0,003	<u>4-28</u> 13,0	<u>0,0004-0,009</u> 0,003	<u>0-74</u> 10,29	<u>0-0,218</u> 0,017
Charophyta	<u>0-43</u> 14,7	<u>0-0,034</u> 0,015	<u>1-38</u> 16,6	<u>0,0005-0,2337</u> 0,0795	<u>0-8</u> 4,0	<u>0-0,044</u> 0,016	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-43</u> 9,9	<u>0-0,234</u> 0,035
Chlorophyta	<u>8-1216</u> 419,4	<u>0,0008-33,359</u> 11,126	<u>30-259</u> 132,0	<u>0,009-0,091</u> 0,049	<u>49-451</u> 242,0	<u>0,007-0,241</u> 0,119	<u>9-68</u> 40,33	<u>0,013-0,179</u> 0,70	<u>8-1216</u> 197,5	<u>0,001-33,359</u> 2,442
Euglenozoa	<u>0-2</u> 0,7	<u>0-0,006</u> 0,002	<u>0-5</u> 1,2	<u>0-0,005</u> 0,002	<u>1-11</u> 5,3	<u>0,004-0,022</u> 0,010	<u>0-14</u> 5,67	<u>0-0,019</u> 0,007	<u>0-14</u> 2,9	<u>0-0,022</u> 0,005
Всього	<u>865-33154</u> 11728,2	<u>0,100-55,323</u> 18,687	<u>457-4780</u> 1498,9	<u>0,048-0,707</u> 0,323	<u>545-1869</u> 1011,01	<u>0,179-0,399</u> 0,303	<u>1277-3396</u> 2166,6	<u>0,314-5,189</u> 1,943	<u>457-33154</u> 3729,4	<u>0,048-55,323</u> 4,601

Примітка. N – чисельність (тис. кл/10 см²), B – біомаса (мг/10 см²). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Показники рясності у сезонному аспекті фітоепіфітону лотичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	весна		літо		осінь		зима		<i>lim</i> <i>mean</i>	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Cyanobacteria	<u>1006-1649</u> 1327,5	<u>0,014-0,023</u> 0,019	<u>7-20651</u> 7755,56	<u>0,0001-0,365</u> 0,127	<u>17004-17229</u> 17116,5	<u>0,242-0,249</u> 0,245	<u>1930-16558</u> 8641,8	<u>0,027-0,237</u> 0,125	<u>7-20651</u> 8479,5	<u>0,0001-0,365</u> 0,128
Bacillariophyta	<u>54-1344</u> 699,0	<u>0,113-1,556</u> 0,835	<u>36-144</u> 69,53	<u>0,033-0,070</u> 0,054	<u>33-48</u> 40,5	<u>0,033-0,042</u> 0,037	<u>22-8447,0</u> 2761,2	<u>0,024-11,904</u> 3,863	<u>22-8447</u> 990,11	<u>0,024-11,904</u> 1,344
Cryptista	<u>0-23</u> 11,5	<u>0-0,003</u> 0,001	<u>0-19</u> 4,0	<u>0-0,009</u> 0,002	<u>0-2</u> 1,0	<u>0-0,0002</u> 0,0001	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-23</u> 3,5	<u>0-0,009</u> 0,0009
Miozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Ochrophyta	<u>4-48</u> 26,0	<u>0,0004-0,0050</u> 0,0027	<u>0-16</u> 4,2	<u>0-0,002</u> 0,001	<u>2-5</u> 3,5	<u>0,0001-0,0002</u> 0,0002	<u>9-240</u> 70,0	<u>0,001-0,119</u> 0,033	<u>0-240</u> 27,7	<u>0-0,119</u> 0,011
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-1</u> 0,5	<u>0-0,0003</u> 0,0001	<u>0-1</u> 0,3	<u>0-0,0004</u> 0,0001	<u>0-1</u> 0,15	<u>0-0,0004</u> 0,0001
Chlorophyta	<u>12-185</u> 98,5	<u>0,007-0,023</u> 0,015	<u>7-71</u> 25,64	<u>0,004-0,097</u> 0,024	<u>48-287</u> 167,5	<u>0,010-0,073</u> 0,041	<u>13-593</u> 262,8	<u>0,002-0,195</u> 0,088	<u>7-593</u> 131,6	<u>0,002-0,195</u> 0,045
Euglenozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-1</u> 0,16	<u>0-0,003</u> 0,001	<u>3-4</u> 3,5	<u>0,001-0,024</u> 0,012	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-4</u> 0,6	<u>0-0,024</u> 0,002
Всього	<u>1076-3249</u> 2162,5	<u>0,135-1,6010</u> 0,872	<u>50-20833</u> 7859,1	<u>0,055-0,443</u> 0,208	<u>17331-17335</u> 17333,0	<u>0,295-0,378</u> 0,336	<u>1978-16726</u> 11736,0	<u>0,055-12,143</u> 4,109	<u>50-20833</u> 9633,1	<u>0,055-12,143</u> 1,530

Примітка. N – чисельність (тис. кл/10 см²), B – біомаса (мг/10 см²). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Домінуючий комплекс фітоепіфітону літоралі лентичної екосистеми за показниками чисельності формувався представниками Bacillariophyta – Cyanobacteria, біомаси – Chlorophyta – Bacillariophyta, тоді як у лотичній екосистемі за чисельністю – Cyanobacteria, за біомасою – Bacillariophyta – Cyanobacteria. У водоймі вагомий вплив на чисельність фітоепіфітону мали структуроутворюючі види, такі як *Limnothrix redekei*, *Anagnostidinema amphibium* та *Planktothrix agardhii*, на біомасу – види роду *Oedogonium*. У міжрічному аспекті у складі домінуючого комплексу фітоепіфітону літоралі лентичної екосистеми спостерігалися певні зміни.

Характерною особливістю домінуючого комплексу альгоугруповання лотичної екосистеми було те, що за чисельністю переважав – *Microcystis pulverea*, біомасу формували переважно *Microcystis pulverea* та представники Bacillariophyta.

У міжрічному аспекті домінуючий комплекс фітоепіфітону лотичної екосистеми представлений переважано Cyanobacteria, у 2025 р. – Cyanobacteria та Bacillariophyta, лентичної у 2023 р. – Cyanobacteria та Bacillariophyta, у 2024 р. – Cyanobacteria, Bacillariophyta та Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta, Chlorophyta та Cyanobacteria.

На рис. 4.3, 4.4 показана сезонна динаміка кількісних показників (N, B) структуроутворюючих видів фітоепіфітону водойми, а саме: *Limnothrix redekei*, *Anagnostidinema amphibium*, *Planktothrix agardhii*, та *Microcystis pulverea*.

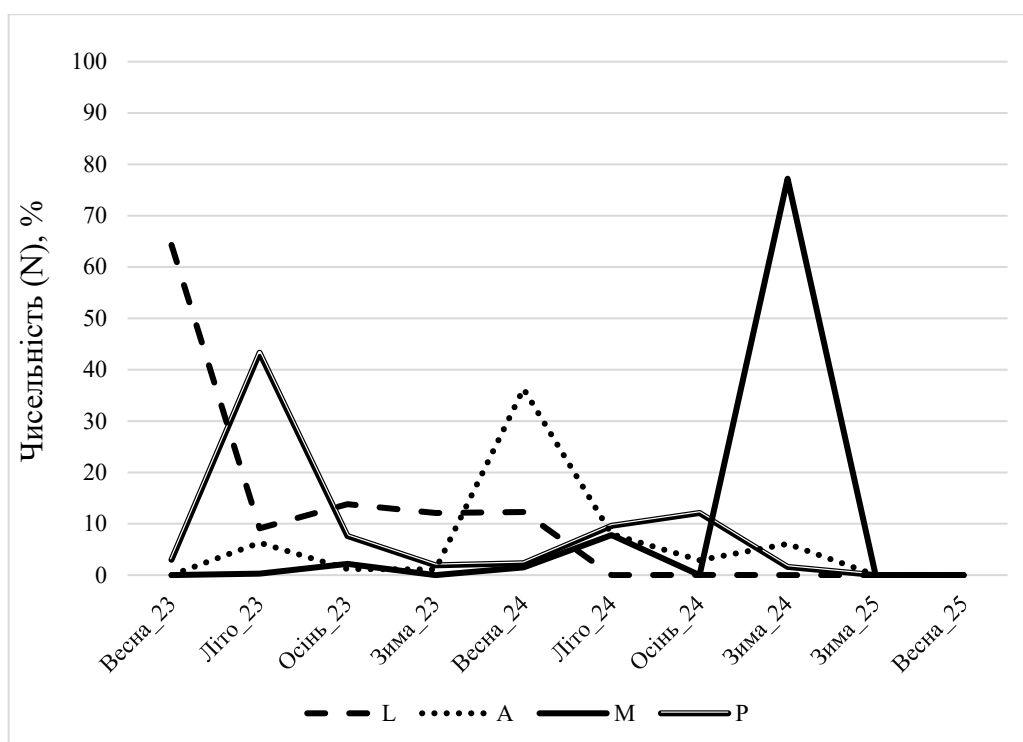


Рис. 4.3. Сезонна динаміка чисельності (N, %) структуроутворюючих видів фітоепіфітону лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L), *Anagnostidinema amphibium* (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulvereae* (M).

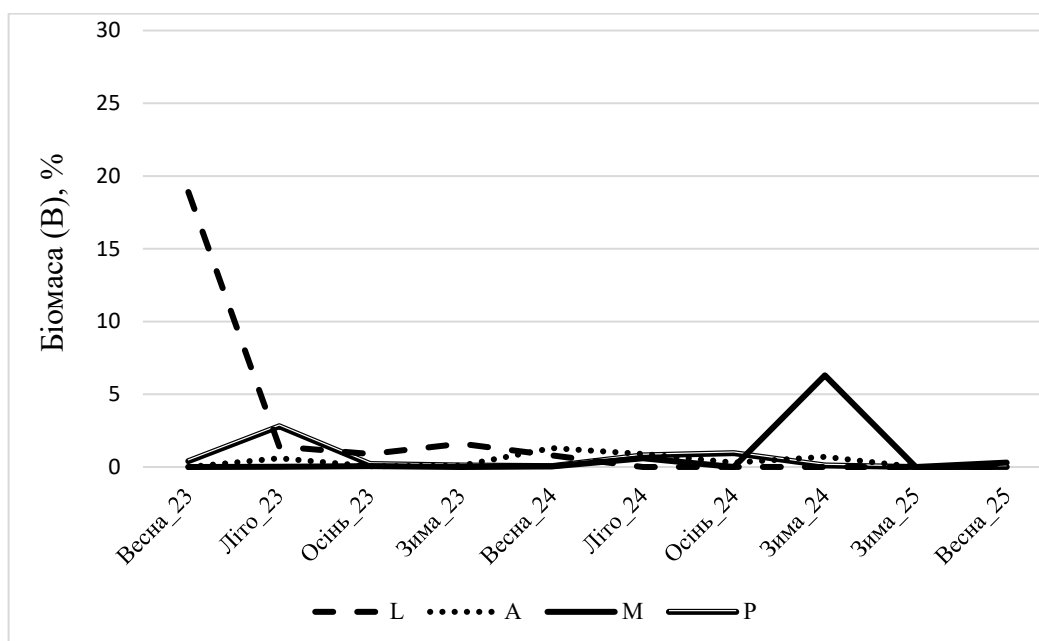


Рис. 4.4. Сезонна динаміка біомаси (B, %) структуроутворюючих видів фітоепіфітону лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L), *Anagnostidinema amphibium* (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulvereae* (M).

Спостерігається зменшення ролі *Limnotherix redekei*, а також *Planktothrix agardhii*. Навесні 2024 р. за чисельністю домінував *Anagnostidinema amphibium*. У грудні 2024 р. встановлено нехарактерне для водойми домінування *Microcystis pulvereae*.

Варто відзначити, що за час досліджень у структурі домінуючого комплексу фітоепіфітону лентичної екосистеми відбулися певні зміни:

- поступове зменшення ролі *Limnotherix redekei* як за показниками чисельності, так і біомаси;
- у осінній період 2023 р. серед представників Bacillariophyta переважали крупноклітинні діатомові, натомість у 2024 р. – дрібноклітинні центричні діатомові як за чисельністю, так і за біомасою;
- у зимовий період 2023 р. провідне місце посідали представники відділу Bacillariophyta, натомість у 2024 р. – Cyanobacteria – за чисельністю, Chlorophyta – за біомасою. У зимовий період 2024 р. у фітоепіфітоні, як і у фітопланктоні, літоралі лентичної екосистеми переважав за показниками чисельності *Microcystis pulvereae*, що було нехарактерним для лентичної екосистеми. Вже у 2025 р. домінуючий комплекс представлений Bacillariophyta.

Натомість при дослідженнях у міжрічному аспекті домінуючого комплексу фітоепіфітону літоралі лотичної екосистеми, він характеризувався переважанням *Microcystis pulvereae* в усі сезони

Таким чином, результати дослідження 2023–2025 рр. фітоепіфітону літоралі лентичної та лотичної екосистем свідчать про те, що у водоймі спостерігалася тенденція до зменшення ролі виду, що переважав за показниками чисельності та біомаси у домінуючому комплексі – *Limnotherix redekei* та збільшення – *Microcystis pulvereae*. Натомість у водотоку видом, що переважав за кількісними показниками, був *Microcystis pulvereae* в усі сезони протягом періоду досліджень. Зимові умови 2025 р. вплинули на структуру домінуючого комплексу фітоепіфітону лентичної екосистеми. Так у міжрічному аспекті спостерігалася така зміна: Bacillariophyta – Cyanobacteria (зима 2023 р.), Cyanobacteria – Chlorophyta –

Bacillariophyta (лютий 2024 р.), Bacillariophyta (лютий 2025 р.). Домінуючий комплекс зимового фітоепіфітону лотичної екосистеми був представлений: Cyanobacteria – Bacillariophyta.

4.3. Особливості сезонної та міжрічної динаміки фітоепіфітону досліджуваних екосистем

Зимовий період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Вперше у зимовий період проаналізовано таксономічний склад і встановлено кількісні показники розвитку фітоепіфітону. Для цього періоду характерним як для водойми, так і для водотоку було переважання представників Bacillariophyta.

У фітоепіфітоні літоралі лентичної екосистеми зимового сезону 2023 р. ідентифіковано 89 видів (90 ввт) водоростей з 6 відділів, провідна роль у флористичному спектрі належала Bacillariophyta (67%), дещо меша Chlorophyta (19%) (рис. 4.5). У фітоепіфітоні у грудні 2024 р. було встановлено 55 видів водоростей з 5 відділів, представлених переважно: Bacillariophyta – 69%, Cyanobacteria – 13%, Chlorophyta – 11%. У лютому 2025 року було ідентифіковано 45 видів водоростей з 7 відділів, які характеризувалися в основному Bacillariophyta – 80% (рис. 4.5).

При аналізі флористичного спектра зимового фітоепіфітону лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігалася така зміна: 2023 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta, 2024 р. – Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta, 2025 р. – Bacillariophyta (рис. 4.5).

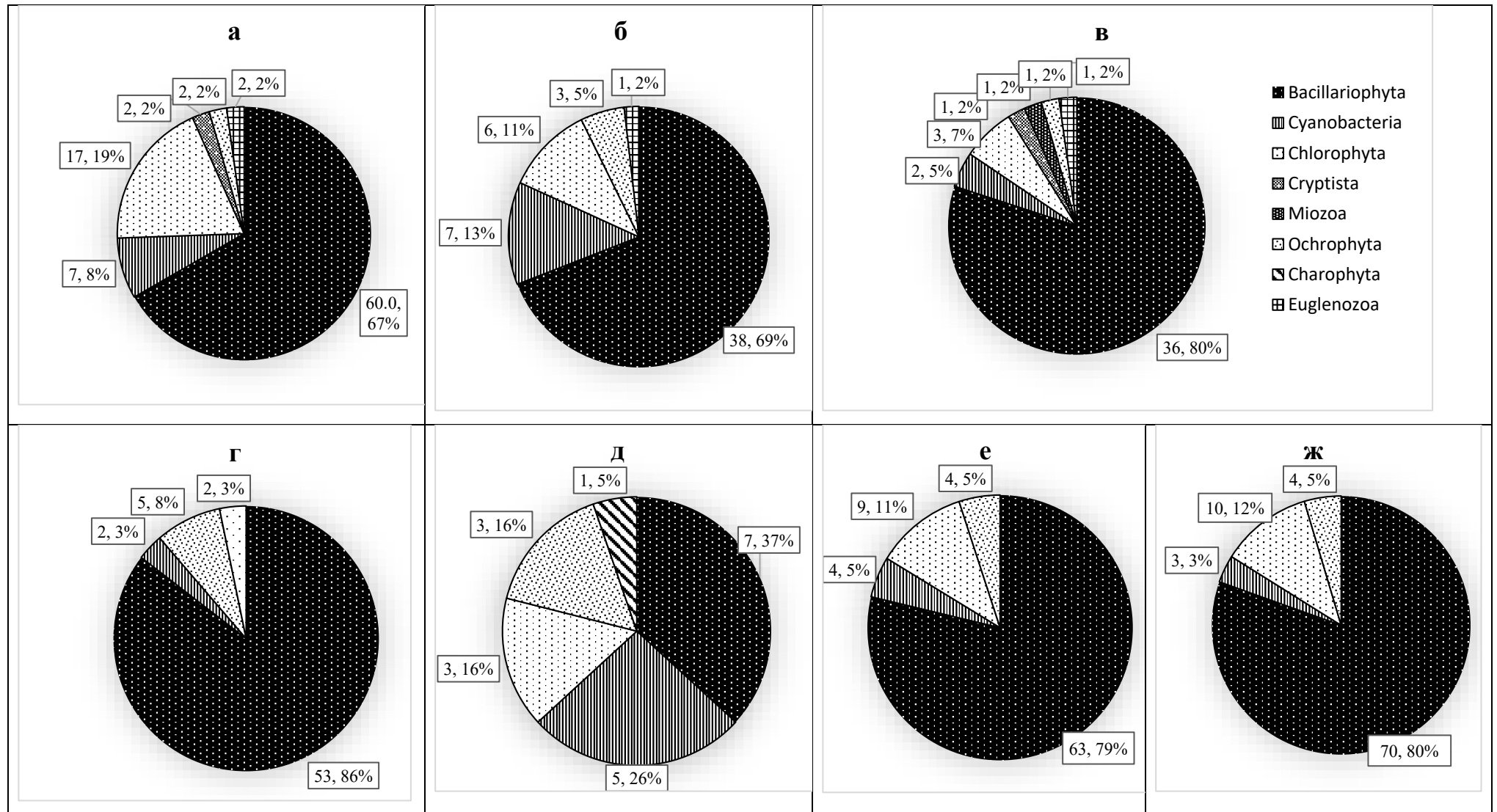


Рис. 4.5. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) зимового фітоепіфітону водойми: грудень 2023 р. (а), грудень 2024 р. (б), лютий 2025 р. (в) та водотоку: грудень 2023 р. (г), грудень 2024 р. (д), січень 2025 р. (е), лютий 2025 р. (ж).

У зимовому фітоепіфітоні 2023 р. лотичної екосистеми було ідентифіковано 61 вид (62 ввт) водоростей з 4 відділів, провідна роль у формуванні структури альгоугруповання належала Bacillariophyta (86%) (див. рис. 4.5). У фітоепіфітоні у грудні 2024 р. встановлено 19 видів водоростей з 5 відділів, представлених переважно: Bacillariophyta – 37%, Cyanobacteria – 26%, Chlorophyta – 16%. У січні 2025 р. виявлено 77 видів (80 ввт) водоростей з 4 відділів, які характеризувалися в основному Bacillariophyta – 79% та Chlorophyta – 11%. У лютому 2025 р. ідентифіковано 84 види (87 ввт) водоростей з 4 відділів, найбільшу частку складала Bacillariophyta – 80% та Chlorophyta – 12% (див. рис. 4.5).

Так, при аналізі флористичного спектра зимового фітоепіфітону лотичної екосистеми у міжрічному аспекті відбулися такі зміни: 2023 р. – Bacillariophyta, 2024 р. – Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta, 2025 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta (див. рис. 4.5).

За показниками рясності угруповання обростань лентичної екосистеми у 2023 р. спостерігалось переважання Bacillariophyta – 68% та 91% від загальної чисельності альгоугруповання, що складала 1276,7 тис. кл/10 см² та біомаси – 0,325 мг/10 см² відповідно, також на показники чисельності вагомий вплив мала Cyanobacteria – 24%. У зимовий період 2023 р. комплекс домінуючих видів фітоепіфітону водойми формували за чисельністю: *Amphora pediculus* (15,0%), *Achnanthes conspicua* (12,8%), *Limnothrix redekei* (12,1%), *Achnanthidium affine* (8,9%), *Navicula veneta* (6,5%), *Ulnaria acus* (5,2%); за біомасою: *Amphora pediculus* (11,8%), *Achnanthes conspicua* (7,5%), *Achnanthidium affine* (5,0%), *Ulnaria acus* (16,2%), *Tabularia tabulata* (13,8%).

У грудні 2024 р. загальна чисельність фітоепіфітону складала 1827,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася Cyanobacteria (95%); біомаса – 0,314 мг/10 см², переважно Chlorophyta – 57% та Bacillariophyta – 33%. Що було пов'язано з домінуванням за чисельністю *Microcystis pulverea* (77,2%) та певним вкладом *Jaaginema geminatum* (7,1%), *Anagnostidinema amphibium* (6,2%); за біомасою переважали *Oedogonium* sp. 2 (56,8%), *Cymbella aspera* (11,1%), *Microcystis pulverea* (6,3%).

У зимовий період 2025 р. спостерігалось збільшення чисельності та біомаси завдяки *Bacillariophyta* (96% та 98% відповідно). Загальна чисельність альгоугруповання складала 3396,0 тис. кл/10 см², біомаса – 5,19 мг/10 см². Що було пов'язано з домінуванням за чисельністю: *Epithemia porcellus* (7,4%), *Epithemia sorex* та *Encyonema leibleinii* (по 5,8%), *Planothidium hauckianum* (5,2%); за біомасою: *Epithemia porcellus* (14,5%), *Cymbella lanceolata* (14,0%), *Ulnaria ulna* (7,6%), *Melosira varians* (7,4%), *Gomphonema capitatum* (6,2%), *Cymbella tumida* (5,4%), *Cymbella cymbiformis* (5,2%).

У лентичній екосистемі спостерігалась зміна домінуючого комплексу протягом зимового періоду 2024–2025 рр., який складали представники відділів: Cyanobacteria, Bacillariophyta; за біомасою: Chlorophyta – Bacillariophyta – Cyanobacteria, Bacillariophyta.

За чисельністю фітоепіфітон лотичної екосистеми взимку 2023 р. характеризувався Cyanobacteria (98%), за біомасою Cyanobacteria (49%) та Bacillariophyta (45%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 1977,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,06 мг/10 см². Комплекс домінуючих видів фітоепіфітону водотоку формували за чисельністю: *Microcystis pulverea* (97,5%); за біомасою: *Microcystis pulverea* (49,3%), *Ulnaria ulna* та *Ulnaria biceps* (по 9,1%). У грудні 2024 р. загальна чисельність фітоепіфітону всіх відділів складала 16724,0 тис. кл/10 см² та формувалася Cyanobacteria на 99%, біомаса – 0,32 мг/10 см² характеризувалася: Cyanobacteria – 75%, Chlorophyta – 14%, Bacillariophyta – 9%. Вже у січні 2025 р. за показниками рясності спостерігалось збільшення частки Bacillariophyta, а також збільшення біомаси. Загальна чисельність альгоугруповання складала 11738,0 тис. кл/10 см² і формувалася переважно Cyanobacteria – 71% та Bacillariophyta – 22%, біомаса – 3,921 мг/10 см², Bacillariophyta – 89% та Chlorophyta – 5%. У лютому 2025 р. чисельність фітоепіфітону (16502,0 тис. кл/10 см²) формувалася переважно Bacillariophyta – 51% і Cyanobacteria – 47%, біомаса (12,143 мг/10 см²) – Bacillariophyta – 98%. Так, у зимовий період 2025 р. у водотоці теж спостерігалось збільшення чисельності та біомаси завдяки Bacillariophyta.

Протягом зими домінуючий комплекс змінювався і був представлений такими видами: *Microcystis pulverea*, *Fragilaria fragilarioides*, *Melosira varians*, *Nitzschia*

dissipata, *Navicula vulpina*, *Nitzschia vitrea*, *Oedogonium* sp.1, *Ulnaria amphirhynchus*, *Navicula veneta*, *Navicula tripunctata*, *Cymbella lanceolata*. У лотичній екосистемі домінуючий комплекс змінювався протягом зимового періоду 2024–2025 рр. у такій послідовності, так за чисельністю: Cyanobacteria, Cyanobacteria – Bacillariophyta; за біомасою: Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta, Bacillariophyta.

Отже, домінуючий комплекс лентичної екосистеми в зимовий період: 2023 р. складали представники відділів Bacillariophyta – Cyanobacteria, 2024 р. – Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta, 2025 р. – Bacillariophyta. Лотичної екосистеми – Cyanobacteria – Bacillariophyta, Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, Cyanobacteria – Bacillariophyta відповідно.

Весняний період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

У фітоепіфітоні літоралі лентичної екосистеми навесні 2023 р. було ідентифіковано 108 видів водоростей з 7 відділів, провідна роль у флористичному спектрі належала Bacillariophyta – 67% та Chlorophyta – 16%. У 2024 р. угруповання представлено 54 видами водоростей з 6 відділів, які характеризувалися переважно Bacillariophyta – 61% та Chlorophyta – 18%. Фітоепіфітон весняного сезону 2025 р. формувалася 68 видами водоростей з 5 відділів, переважну частку у структурі угруповання складали Bacillariophyta – 85% (рис. 4.6). При аналізі флористичного спектра весняного альгоугруповання лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така зміна: у 2023 р. та 2024 р. структура угруповання формувалася комплексом Bacillariophyta – Chlorophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta (рис. 4.6).

У весняному фітоепіфітоні 2024 р. лотичної екосистеми було встановлено 25 видів водоростей з 4 відділів, найбільшу частку у флористичному спектрі складали Bacillariophyta – 84%. У альгоугрупованні 2025 р. ідентифіковано 61 вид водоростей з 5 відділів, представлених переважно Bacillariophyta – 75% та набагато менше – Chlorophyta – 13% (рис. 4.6).

При аналізі флористичного спектра весняного фітоепіфітону лотичної екосистеми у міжрічному аспекті встановлена така зміна: у 2024 р. структура альгоугруповання формувалася – Bacillariophyta, у 2025 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta (рис. 4.6).

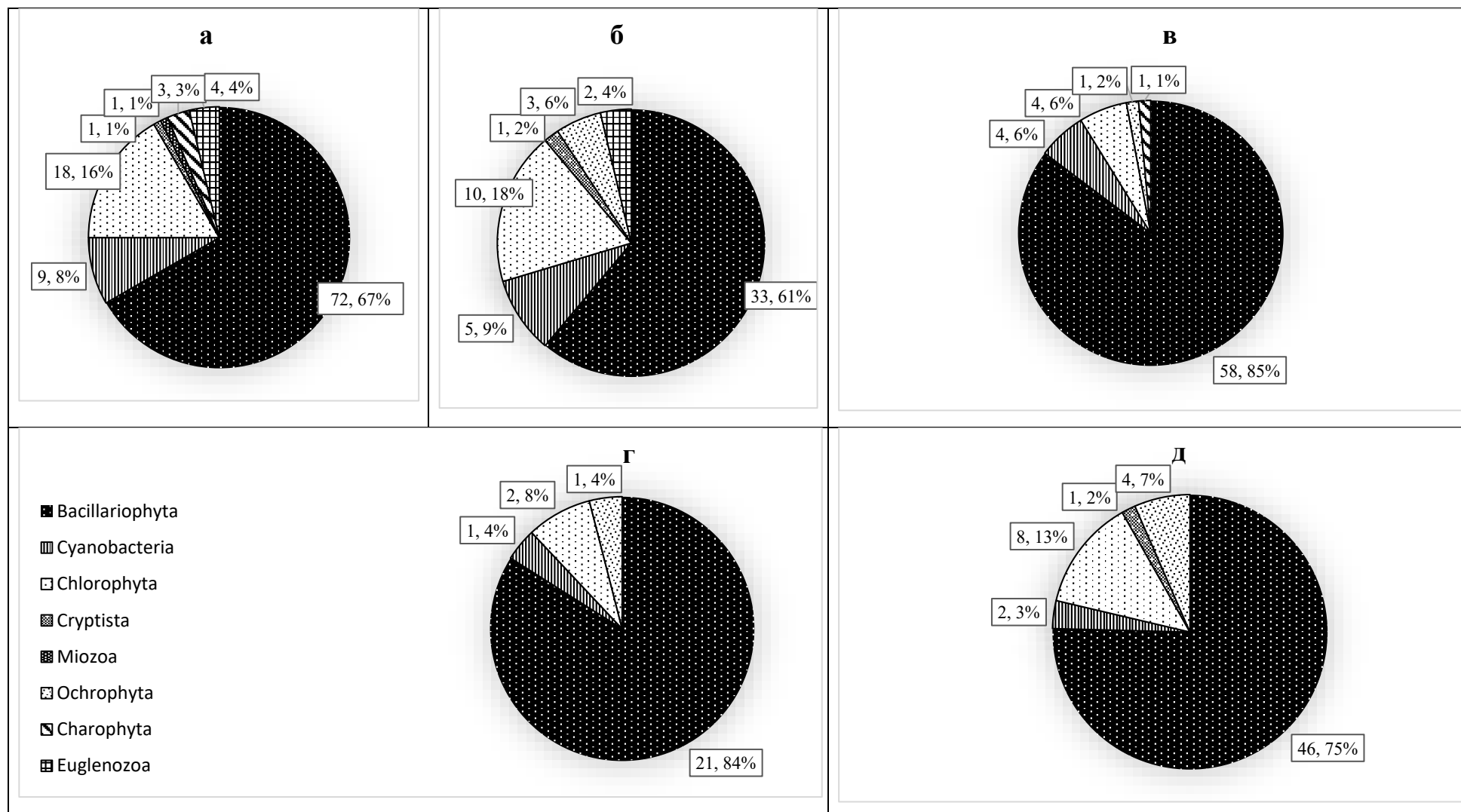


Рис. 4.6. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) фітоепіфітону весняного сезону водойми: 2023 р. (а), 2024 р. (б), 2025 р. (в) та водотоку: 2024 р. (г), 2025 р. (д).

За чисельністю та біомасою весняного фітоепіфітону 2023 р. лентичної екосистеми спостерігалось домінування *Limnothrix redekei* (64,3% та 18,9%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 864,7 тис. кл/10 см² та характеризувалась *Cyanobacteria* (77%) та *Bacillariophyta* (22%), біомаса – 0,10 мг/10 см² в основному *Bacillariophyta* (67%) та *Cyanobacteria* (23%). Домінуючий комплекс був представлений ще такими видами за чисельністю та біомасою: *Achnanthes minutissimum* (9,9% та 12,4%); за біомасою: *Cymbella ventricosa* (9,6%), *Cymbella cymbiformis* (9,3%), *Cosmarium orbiculatum* (9,2%), *Ulnaria amphirhynchus* (5,0%). Навесні 2024 р. загальна чисельність фітоепіфітону всіх відділів складала 1166,0 тис. кл/10 см² та формувалась в основному *Cyanobacteria* (56%) і *Bacillariophyta* – (40%); біомаса – 0,64 мг/10 см² переважно *Bacillariophyta* (93%). Домінуючий комплекс був представлений такими видами за чисельністю: *Achnanthes minutissimum* (36,3%), *Limnothrix redekei* (12,3%), *Fragilaria fragilarioides* (6,6%); за біомасою: *Fragilaria fragilarioides* (19,9%), *Ulnaria amphirhynchus* (18,0%), *Ulnaria biceps* (9,4%), *Encyonema leibleinii* (5,6%). Чисельність весняного фітоепіфітону 2025 р. складала 33154,0 тис. кл/10 см² та характеризувалась *Bacillariophyta* – 74%, *Cyanobacteria* – 22%, *Chlorophyta* – 4%; біомаса – 55,323 мг/10 см² була представлена переважно *Chlorophyta* – 60% та *Bacillariophyta* – 39%. Що було обумовлено домінуванням за чисельністю: *Pseudanabaena mucicola* (14,9%), *Halimnophora perpusilla* та *Fragilaria fragilarioides* (по 9,4%), *Navicula veneta* (8,4%); за біомасою: *Oedogonium* sp. 2 (60,3%), *Fragilaria fragilarioides* (9,3%).

За період досліджень альгоугруповання у водоймі спостерігалось зменшення ролі *Limnothrix redekei* за показниками чисельності та біомаси (див. рис. 4.3., 4.4)

Весняний фітоепіфітон 2024 р. лотичної екосистеми характеризувався за чисельністю *Cyanobacteria* (93%), за біомасою *Bacillariophyta* (84%) та *Cyanobacteria* (10%). Що було пов'язано з домінуванням за чисельністю: *Microcystis pulvereus* (93,0%); за біомасою: *Melosira varians* (30,9%), *Surirella librile* (12,6%), *Microcystis pulvereus* (10,5%), *Navicula reinhardtii* та *Ulnaria amphirhynchus* (по

7,4%), *Cocconeis placentula* var. *placentula* (5,3%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 1076,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,14 мг/10 см². Навесні 2025 р. фітоепіфітон характеризувався в основному за чисельністю *Cyanobacteria* (51,0%) та *Bacillariophyta* (41,0%), що було зумовлено домінуванням *Microcystis pulverea* (50,7%), *Gomphonella olivacea* (7,4%), *Fragilaria fragilarioides* (6,9%), *Fragilaria vaucheriae* (5,6%); за біомасою – *Bacillariophyta* (97,0%) та домінуванням: *Fragilaria fragilarioides* (23,0%), *Ulnaria amphirhynchus* (14,9%), *Navicula reinhardtii* (10,6%), *Nitzschia vitrea* (7,3%), *Navicula tripunctata* (6,0%), *Fragilaria vaucheriae* (5,7%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 3249,0 тис. кл/10 см², біомаса – 1,61 мг/10 см².

Отже, при аналізі флористичного спектра весняного фітоепіфітону лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така зміна: у 2023 р. та 2024 р. структуру формували *Bacillariophyta* та *Chlorophyta*, у 2025 р. – *Bacillariophyta*, лотичної: у 2024 р. – *Bacillariophyta*, у 2025 р. – *Bacillariophyta* та *Chlorophyta*. Показники рясності та домінуючого комплексу у лентичній екосистемі формувалися комплексом *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*, у лотичній – *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*.

Літній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Дослідження літнього фітоепіфітону виявили особливості формування його структури, показників рясності у цей період, які більш розгорнуто проаналізовано на прикладі 2023 р. у лотичній та лентичній екосистемах.

У фітоепіфітоні літоралі лентичної екосистеми у червні ідентифіковано 89 видів (93 ввт), які відносяться до 43 родин з 8 відділів, флористичну структуру в основному формували: *Bacillariophyta* – 55%, *Chlorophyta* – 22% та *Cyanobacteria* – 12% [17] (рис. 4.7). Особливістю фітоепіфітону літоралі лотичної екосистеми є те, що вона представлена набагато меншим видовим різноманіттям, встановлено 42 види (43 ввт), які відносяться до 21 родини з 4 відділів, основу видового складу фітоепіфітону формували *Bacillariophyta* – 79%, *Chlorophyta* – 12% та *Cyanobacteria* – 7% (рис. 4.7). У липні у водоймі було ідентифіковано 102 види

(104 ввт) водоростей з 8 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали: Bacillariophyta – 45%, Chlorophyta – 31%, Cyanobacteria – 12 %. У водотоці було встановлено 54 види водоростей з 5 відділів, представлених переважно: Bacillariophyta – 57%, Cyanobacteria – 17 %, Chlorophyta – 15%. У серпні у лентичній екосистемі було ідентифіковано 147 видів (148 ввт) водоростей з 7 відділів, які характеризувалися в основному Bacillariophyta – 41% та Chlorophyta – 34%. У лотичній екосистемі було виявлено 71 вид (73 ввт) водоростей з 6 відділів, найбільшу частку складали: Bacillariophyta – 63%, Cyanobacteria – 16%, Chlorophyta – 15% (рис. 4.7).

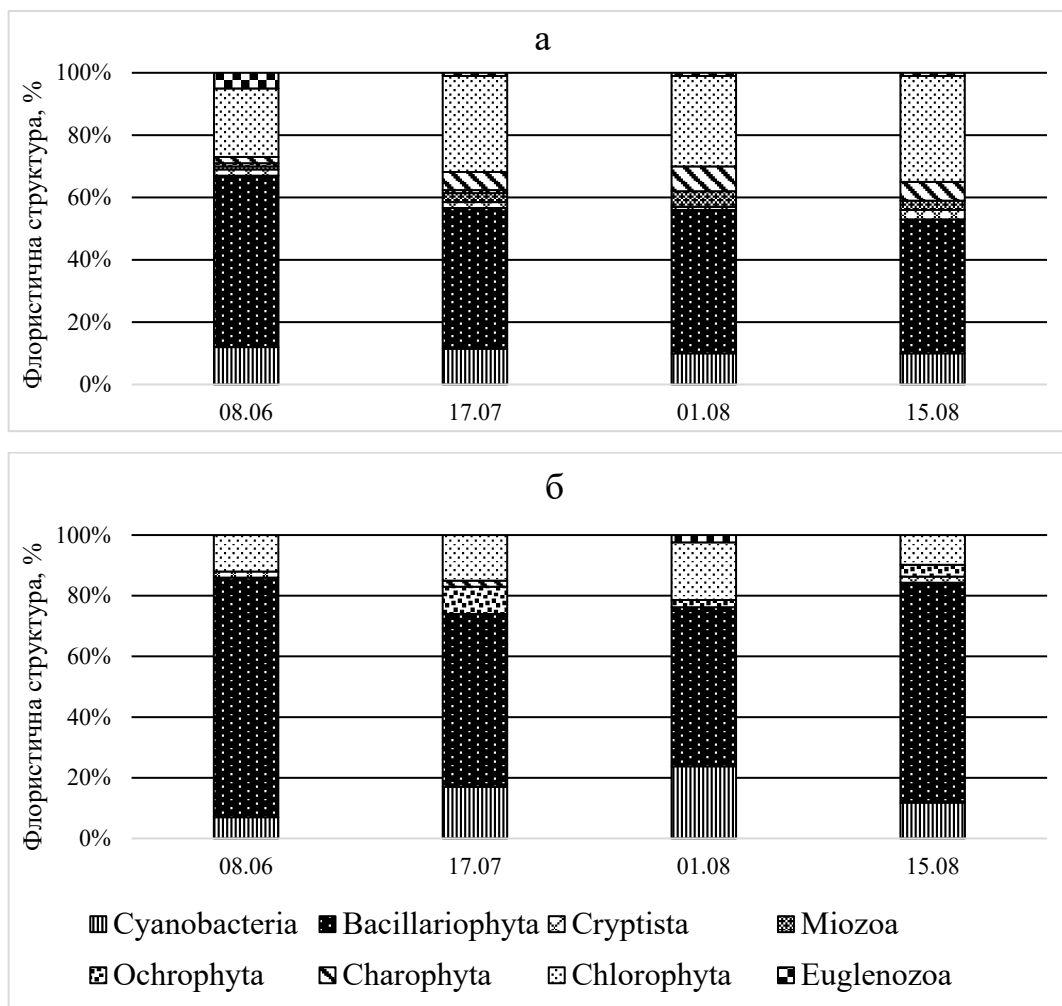


Рис. 4.7. Флористичний спектр (%) фітоепіфітону лентичної (а) та лотичної (б) екосистем літнього сезону 2023 р.

Важливою особливістю фітоепіфітону на *Typha angustifolia* L. є те, що водорості з різних відділів характеризуються певною приуроченістю. Так,

перифітонні та бентосні форми представлені в основному Bacillariophyta (96% та 100 % відповідно) [17]. Планктонні форми у фітоепіфітоні лентичної екосистеми влітку зазвичай складають більше 50% від загальної кількості видів (серед яких найвагомніше представлені Chlorophyta (36%) та Cyanobacteria (22%)) [17], водночас у фітоепіфітоні лотичної екосистеми – 27% від загальної кількості видів (Chlorophyta (42%) та Bacillariophyta (25%)). Встановлено, що фітоепіфітон *Tyrpha angustifolia* L. – складна гетерогенна система, яка формується з одного боку екологічними групами, а з іншого – видами з різних систематичних відділів. Основна роль у формуванні видового різноманіття у літній період, при масовому розвитку у товщі води фітопланктону, належить планктонним формам. У сезонному аспекті структурна організація фітоепіфітону може зазнавати певних змін: Bacillariophyta – Chlorophyta, Cyanobacteria – Bacillariophyta, Bacillariophyta – Cyanobacteria [17].

Так, за чисельністю та біомасою фітоепіфітону лентичної та лотичної екосистем по відділах спостерігалась наступна послідовність (рис. 4.8):

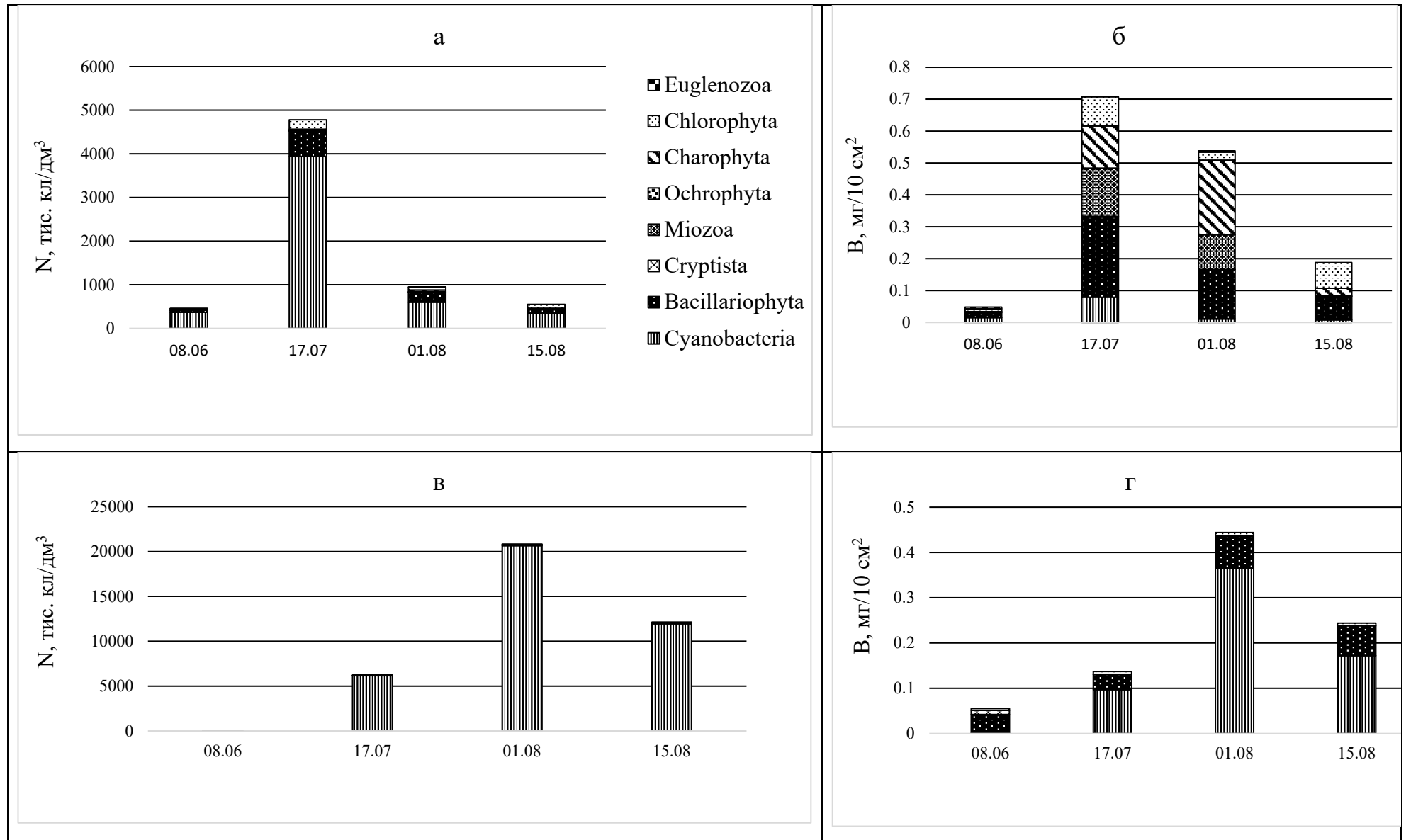


Рис.4.8. Показники рясності (N, B) літнього фітоепіфітону 2023 р. лентичної (а), (б) та лотичної (в) та (г) екосистем.

Літній фітоепіфітон водойми у 2023 р. формував такий комплекс домінуючих видів, які були представлені за чисельністю: *Planktothrix agardhii* (43,3%), *Limnothrix redekei* (9,1%), *Anagnostidinema amphibium* (6,3%), *Limnothrix planctonica* (5,5%); за біомасою: *Ceratium hirundinella* (13,8%), *Cosmarium punctulatum* (8,9%). Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і характеризувався ще такими видами: *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, види роду *Oedogonium*, *Microcrocis geminata*, *Achnantheidium affine*, *Planktolyngbya limnetica*, *Gomphonema angustatum*, *Cosmarium punctulatum*, *Cosmarium granatum*, *Anagnostidinema lemmermannii*, *Ulnaria amphirhynchus*.

Протяго літнього періоду домінуючий комплекс змінювався і був представлений за чисельністю: у червні-липні – Cyanobacteria, у серпні – Cyanobacteria – Bacillariophyta; за біомасою: у червні – Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta, у липні – Miozoa – Chlorophyta – Charophyta, у серпні – Charophyta – Miozoa – Bacillariophyta та Chlorophyta – Bacillariophyta – Charophyta.

Комплекс домінуючих видів літнього фітоепіфітону літоралі водотоку за чисельністю формували: *Microcystis pulverea* (88,4%), *Pseudanabaena mucicola* (5,6%); за біомасою: *Microcystis pulverea* (55,2%), *Microcystis aeruginosa* (13,5%). Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Cocconeis euglypta*, *Ulnaria ulna*, *Ulnaria amphirhynchus*, *Ulnaria oxyrhynchus*, *Melosira varians*, *Nitzschia dissipata*, *Planothidium lanceolatum*.

За чисельністю домінуючий комплекс змінювався протягом літа і характеризувався: у червні – Cryptista – Cyanobacteria – Bacillariophyta, у липні-серпні – Cyanobacteria; за біомасою: у червні – Bacillariophyta – Cryptista – Chlorophyta, у липні-серпні – Cyanobacteria – Bacillariophyta.

У фітоепіфітоні лентичної екосистеми літнього сезону 2024 р. було ідентифіковано 55 видів водоростей з 7 відділів, представлених переважно: Bacillariophyta – 36%, Chlorophyta – 27%, Cyanobacteria – 20% (рис. 4.9).

У фітоепіфітоні літоралі лотичної екосистеми літнього сезону 2024 р. було встановлено 42 види водоростей з 4 відділів, які характеризувалися в основному Bacillariophyta – 78% та Chlorophyta – 12 % (рис. 4.9).

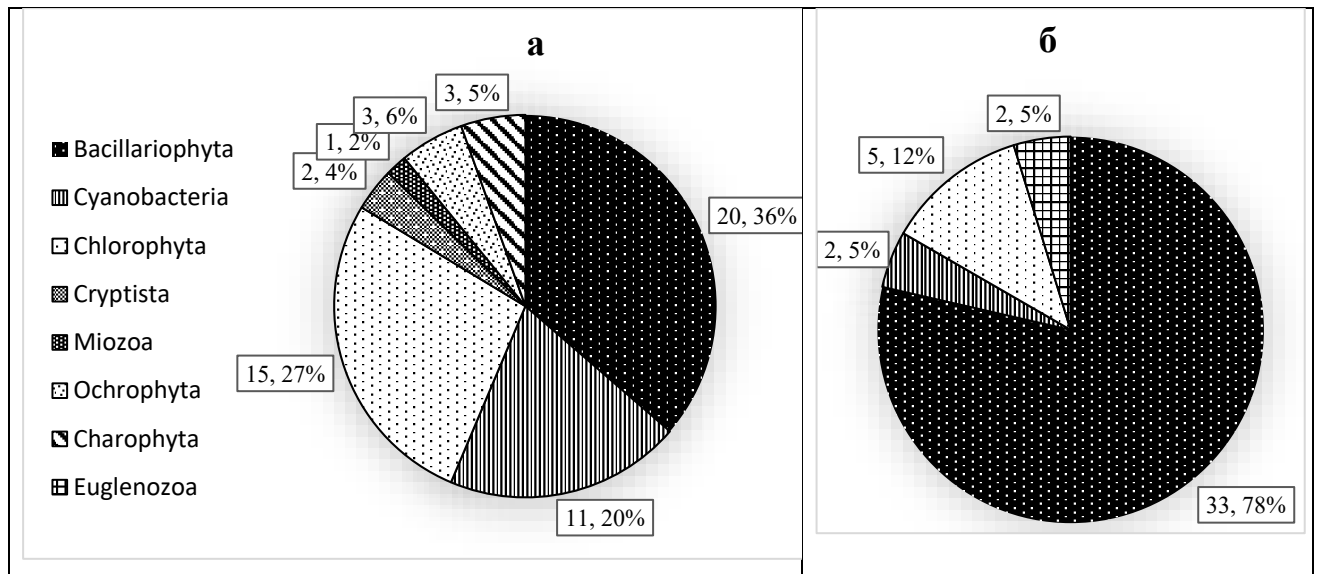


Рис. 4.9. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) фітоепіфітону водойми (а) та водотоку (б) літнього сезону 2024 р.

При аналізі флористичного спектра літнього фітоепіфітону у міжрічному аспекті та впродовж сезону встановлено, що у лентичній екосистемі зберігається така послідовність: Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, у лотичній екосистемі спостерігається така зміна: влітку 2023 р. флористична структура угруповання формувалася таким комплексом – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria та Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta, влітку 2024 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta.

Літній фітоепіфітон 2024 р. водойми характеризувався переважно за чисельністю Cyanobacteria (57%) і Chlorophyta (34%), за біомасою – Bacillariophyta (49%) і Chlorophyta (30%). Що було обумовлено домінуванням за чисельністю: *Oedogonium sp.1* (30%), *Limnithrix planctonica* (14,5%), *Planktothrix agardhii* (9,6%), *Anagnostidinema amphibium* (8,0%) *Microcystis pulverea* (7,8%), *Leptolyngbya valderiana* (7,0%); за біомасою: *Ulnaria amphirhynchus* (18,9%),

Oedogonium sp.1 (18,0%), *Epithemia porcellus* (6,8%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 758,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,13 мг/10 см².

Літній фітоепіфітон 2024 р. водотоку характеризувався переважно за чисельністю: Bacillariophyta – 71%, Chlorophyta – 14%, Cyanobacteria – 13%; за біомасою: Chlorophyta – 60%, Bacillariophyta – 38%. Комплекс домінуючих видів фітоепіфітону літоралі лотичної екосистеми формували за чисельністю: *Cocconeis euglypta* (39,7%), *Pleurocapsa minor* (12,7%), *Stigeoclonium farctum* та *Melosira varians* (по 7,9%), *Pseudostaurosira brevistriata* (5,6%); за біомасою: *Oedogonium sp.2* (58,8%), *Cocconeis euglypta* (24,7%), *Melosira varians* (8,6%). Загальна чисельність фітоепіфітону складала 50,4 тис. кл/10 см², біомаса – 0,16 мг/10 см².

Так, при аналізі показників рясності літнього фітоепіфітону у міжрічному аспекті спостерігалось наступне: у лентичній екосистемі у 2023 р. кількісні показники угруповання формувалися комплексом – Cyanobacteria – Bacillariophyta, у 2024 р. – Cyanobacteria – Chlorophyta – Bacillariophyta, у лотичній – Cyanobacteria – Bacillariophyta, Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria відповідно.

Осінній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Встановлено особливості формування епіфітних угруповань водойми та водотоку у пізньоосінній період. Публікації стосовно фітоепіфітону оз. Вербне нечисленні та охоплюють період активної вегетації ВВР [60, 61]. До сьогодні дослідження епіфітних альгоугруповань у пізньоосінній період, коли вегетація ВВР закінчується – не проводились [18].

За результатами досліджень у пізньоосінній період 2023 р. у фітоепіфітоні літоралі лентичної екосистеми ідентифіковано 79 видів (87 ввт), які відносились до 34 родин з 6 відділів [18], провідна роль у видовому багатстві належала Bacillariophyta – 64% та Chlorophyta – 21%. Інші відділи були менш представлені: Cyanobacteria – 8%, Charophyta – 4%, Euglenozoa – 2%, Cryptista – 1% (рис. 4.10).

Найбільшою кількістю ввт серед родин вирізнялись: Gomphonemataceae та Naviculaceae (по 9,0%), Achnanthidiaceae (8,0%) [18].

Натомість фітоепіфітон літоралі лотичної екосистеми представлений меншою кількістю ввт, ідентифіковано 19 видів (20 ввт), що відносились до 15 родин з 6 відділів, провідна роль у видовому багатстві належала Bacillariophyta – 60%, Cyanobacteria – 15%, Chlorophyta – 10%. Інші відділи були менш представлені: Ochrophyta, Euglenozoa, Cryptista (приблизно по 5%) (рис. 4.10). Найбільшою кількістю ввт серед родин вирізнялись: Naviculaceae (19,0%), Achnanthidiaceae, Cocconeidaceae, Oedogoniaceae (по 9,5%).

Встановлено, що структура фітоепіфітону літоралі лентичної та лотичної екосистем формувалася наступними компонентами: перифітонтами, бентонтами та планктонтами.

До складу домінуючого комплексу (за чисельністю) перифітонтів лентичної екосистеми входили: *Amphora pediculus* – 64,0%, *Gomphonema angustatum* – 10,4%, *Achnanthidium affine* – 6,6% [18]. Найбільші показники у планктонтів відмічені для: *Limnothrix redekei* – 41,6%, *Heteroleibleinia kossinskajae* – 20,1%, *Jaaginema geminatum* – 6,3% [18]. Домінуючий комплекс бентонтів сформований наступними видами: *Halamphora veneta* і *Navicula veneta* по 23,3%, *Amphora libyca* – 13,8%, *Amphora ovalis*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula capitatoradiata*, *Ulnaria ulna* по 5,2% [18].

До складу домінуючого комплексу (за чисельністю) перифітонтів лотичної екосистеми входили: *Oedogonium sp.1* – 46%, *Ulothrix zonata var. zonata* – 46%. Найбільші показники у планктонтів відмічені для: *Microcystis pulvereae* – 99,8%. Домінуючий комплекс бентонтів сформований наступними видами: *Gyrosigma acuminatum* – 11,1%, *Navicula veneta* – 22,2%, *Navicula capitatoradiata* – 33,3%, *Navicula vulpina* – 22,2%, *Fragilaria fragilarioides* – 11,1%.

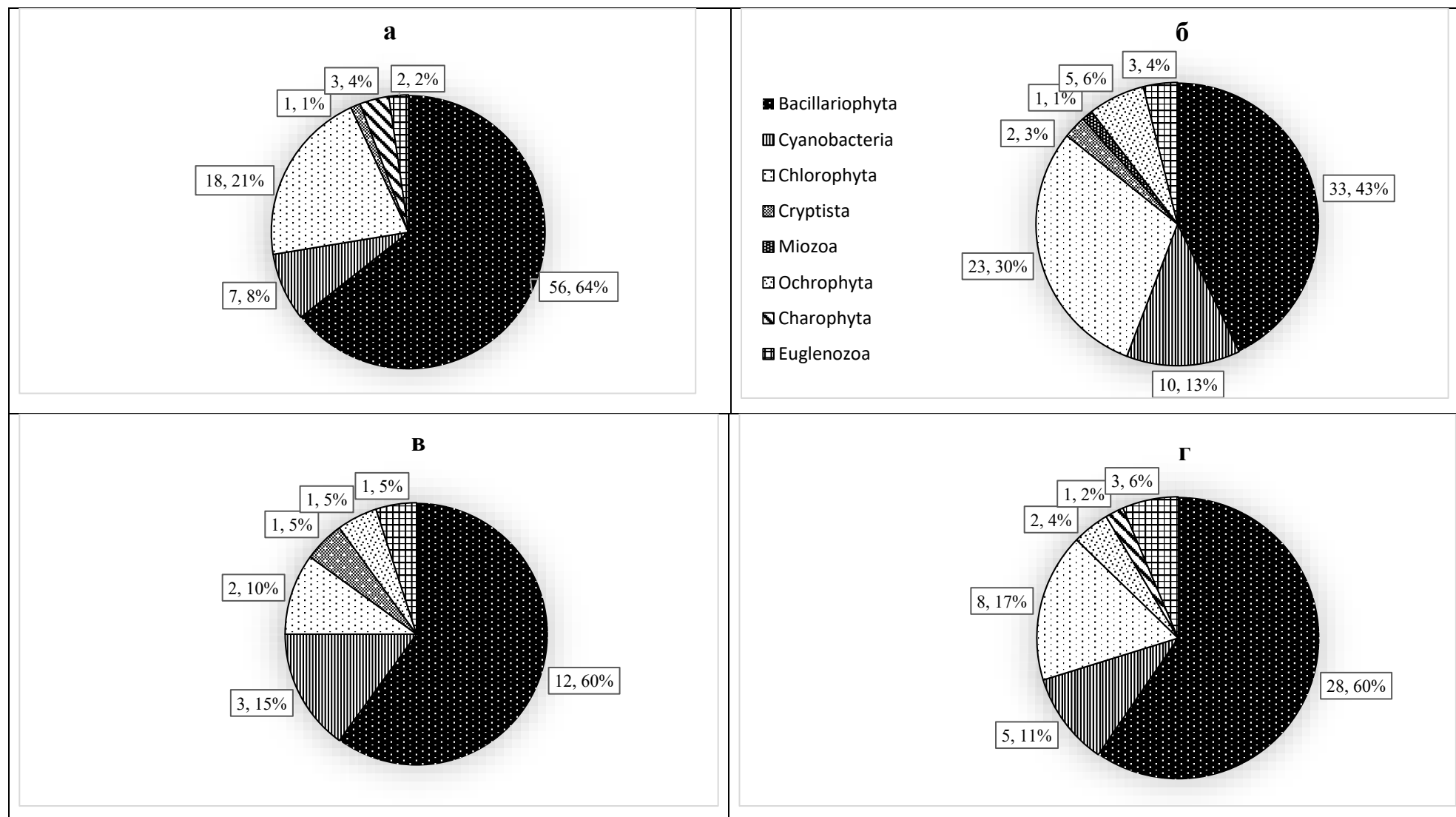


Рис. 4.10. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) фітоепіфітону осіннього сезону водойми: 2023 р.(а), 2024 р. (б) та водотоку: 2023 р. (в), 2024 р. (г).

Таким чином встановлено, що у пізньоосінній період при завершенні вегетації *Typha angustifolia* L. фітоепіфітон літоралі лентичної та лотичної екосистем характеризувався досить високим видовим різноманіттям, де за кількістю видів переважали Bacillariophyta. Домінуючий комплекс перифітонтів представлений типовими формами обрастань: у лентичній екосистемі видами віділу Bacillariophyta [18], у лотичній – Chlorophyta. Водорості епіфітних угруповань, після закінчення вегетації ВВР можуть потрапляти на дно водойми та суттєво збагачувати видове різноманіття мікрофітобентосу, особливо у пізньоосінній-ранньовесняний період [18].

За чисельністю та біомасою фітоепіфітон лентичної екосистеми у пізньоосінній період 2023 р. формувався Bacillariophyta (37% та 86%), за чисельністю ще Cyanobacteria (52%). Що характеризувалося домінуванням за чисельністю: *Limnithrix redekei* (25,4%), *Heteroleibleinia kossinskajae* (12,3%), *Amphora pediculus* (11,0%); за біомасою: *Ulnaria ulna* (16,6%), *Amphora libyca* (13,3%), *Melosira varians* (11,6%), *Amphora pediculus* (7,6%), *Amphora ovalis* (5,0%). Чисельність фітоепіфітону восени складала 619,2 тис. кл/10 см², біомаса – 0,18 мг/10 см².

Так, за чисельністю та біомасою фітоепіфітону лотичної екосистеми у пізньоосінній період 2023 р. спостерігалось переважання Cyanobacteria (98,0% та 66,0%) обумовлене домінуванням *Microcystis pulvereae* (98,0% та 62,9%), за біомасою вагомий вплив мав ще Chlorophyta (19,0%): домінували *Oedogonium sp.1* (12,0%), *Ulothrix zonata var. zonata* (5,7%). Чисельність альгоугруповання складала 17335,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,38 мг/10 см².

У фітоепіфітоні водойми осіннього сезону 2024 р. ідентифіковано 77 видів водоростей з 7 відділів, представлених переважно: Bacillariophyta – 43%, Chlorophyta – 30%, Cyanobacteria – 13% (рис. 4.10). Альгоугруповання літоралі водотоку 2024 р. формувалося 47 видами водоростей з 6 відділів, які характеризувалися в основному: Bacillariophyta – 60%, Chlorophyta – 17 % та Cyanobacteria – 11 % (див. рис. 4.10).

При аналізі флористичного спектра осіннього фітоепіфітону лотичної та лентичної екосистем встановлено, що він був представлений Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria комплексом восени 2024 р. та відрізнявся восени 2023 р.: Bacillariophyta – Chlorophyta та Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta відповідно.

Чисельність фітоепіфітону лентичної екосистеми восени 2024 р. складала 1869,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася: Cyanobacteria (49%), Chlorophyta (24%), Bacillariophyta (22%), біомаса – 0,33 мг/10 см² і була представлена переважно Bacillariophyta (48%) та Cyanobacteria (8%). Осінній фітоепіфітон літоралі водойми формував такий комплекс домінуючих видів за чисельністю: *Jaaginema geminatum* (13,8%), діатомові центричні (d=5,6) (13,1%), *Planktothrix agardhii* (12,1%); за біомасою: діатомові центричні (d=5,6) (14,0%), *Hariotina reticulata* (11,9%), *Cymbella aspera* (10,6%), *Nitzschia palea var. capitata* (7,4%).

Особливістю альгоутгруповання осіннього періода 2024 р. було домінування дрібних діатомових як за чисельністю, так і за біомасою та відсутність серед домінантів притаманної для водойми *Limnothrix redekei*.

За чисельністю та біомасою осінній фітоепіфітон 2024 р. лотичної екосистеми характеризувався Cyanobacteria (99,0% та 82,0% відповідно), що було пов'язано з домінуванням *Microcystis pulvereae* (99,3% та 81,7%). Загальна чисельність альгоутгруповання восени складала 17331,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,30 мг/10 см².

Так, при аналізі показників рясності осіннього фітоепіфітону у міжрічному аспекті спостерігалось наступне: у лентичній екосистемі у 2023 р. кількісні показники угруповання формувалися комплексом Cyanobacteria – Bacillariophyta, у 2024 р. – Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, у лотичній – Cyanobacteria – Chlorophyta, Cyanobacteria відповідно.

Таким чином, особливості формування фітоепіфітону водойми та водотоку пов'язані з впливом внутрішньоводоймних процесів та сезонних чинників, з періодами вегетації ВВР. У міжрічному аспекті спостерігається тенденція до зменшення ролі структуроутворюючого виду оз. Вербне – *Limnothrix redekei*,

натомість для руслової ділянки Канівського водосховища характерним було домінування *Microcystis pulverea*.

4.5. Сапробіологічна характеристика якості води за фітоепіфітоном

За період досліджень 2023–2025 рр. розраховано індекси сапробності за чисельністю та за біомасою фітоепіфітону лотичної та лентичної екосистем (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Характеристика лентичної та лотичної водних екосистем
за показниками сапробності

Лентична		Лотична	
β' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
за чисельністю	за біомасою	за чисельністю	за біомасою
1,914 $\pm$ 0,046	1,847 $\pm$ 0,051	1,550 $\pm$ 0,021	1,932 $\pm$ 0,058
β' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні

Примітка: середнє значення показника.

Сапробіологічна оцінка якості водного середовища показала, що у лентичній екосистемі індекс сапробності за чисельністю (S_N) фітоепіфітону змінювався у межах 1,60–2,21, що відповідало β' - та β'' - мезосапробній зоні, за біомасою (S_B) – 1,24–1,92, α -олігосапробній та β' - мезосапробній зоні відповідно. У лотичній екосистемі – S_N змінювався в межах 1,48–1,71, що відповідало α -олігосапробній та β'' - мезосапробній зоні, S_B – 1,52–2,16, β' -олігосапробній та β'' - мезосапробній зоні відповідно.

Підвищення індексів сапробності водойми спостерігалось у червні 2023 та у квітні 2024 р., коли S_N досягав 2,13 та 2,21 відповідно, водотоку – у березні 2025 р. (2,16 за біомасою), що відповідало β'' - мезосапробній зоні, але в цілому стан якості води задовільний.

Отримані результати досліджень 2023–2025 рр. показали, що клас якості вод як лотичної, так і лентичної екосистем за показниками рясності фітоепіфітону у період досліджень відповідав – II, категорія якості вод – 3, сапробність – β' -

мезосапробні (β' -мезосапробні), трофність (переважаючий тип) – мезотрофні (мезоевтрофні).

Таким чином, проведена характеристика таксономічного складу, чисельності, біомаси, домінуючого комплексу у сезонному та міжрічному (2023–2025 рр.) аспекті підтвердила, що фітоепіфітон лотичних і лентичних екосистем відрізняється своєрідністю. За таксономічним складом альгоугруповання характеризувалося комплексом Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, проте у водоймі було представлено більшою кількістю ввт. Провідна роль у формуванні показників рясності лентичної екосистеми належить водоростям Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, водночас у лотичній – Cyanobacteria – Bacillariophyta. Види з цих відділів формували і домінуючий комплекс фітоепіфітону.

Вперше у зимовий період для лентичної та лотичної водних екосистем було проаналізовано таксономічний склад і встановлено кількісні показники розвитку фітоепіфітону з переважання представників Bacillariophyta.

За сапробіологічною характеристикою якості водного середовища водойма та водотік відповідають II класу якості вод. Амплітуда коливань індексів сапробності у водоймі (S_N 1,60–2,21 і S_B 1,24–1,92) і у водотоці (S_N 1,47–1,71 і S_B 1,52–2,16) вказує загалом на слабко, помірне органічне забруднення водних об'єктів.

РОЗДІЛ 5. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ПОКАЗНИКИ РЯСНОСТІ ТА СТРУКТУРИ МІКРОФІТОБЕНТОСУ ЛІТОРАЛІ ВОДОЙМ І ВОДОТОКІВ

5.1. Таксономічний склад

Мікрофітобентос лентичної водної екосистеми за період досліджень представлений 363 видами (379 внутрішньовидовими таксонами водоростей із номенклатурним типом виду включно), які відносяться до 8 відділів, 17 класів, 47 порядків, 81 родини і 166 родів.

У лотичній екосистемі угруповання відрізнялось меншим видовим різноманіттям – ідентифіковано 310 видів (321 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 46 порядків, 72 родин, 132 родів.

Лентична та лотична екосистеми за флористичним спектром характеризувалися комплексом – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria (рис. 5.1, 5.2).

При подібному ранжуванні провідних відділів, важливою особливістю мікрофітобентосу цих екосистем було кількісне співвідношення ввт вказаних відділів: Bacillariophyta: Chlorophyta: Cyanobacteria – 160:110:45 (ввт) та 196:53:30 (ввт) відповідно. Варто зазначити, що і у водоймі, і у водотоці, такі відділи як Euglenozoa, Ochrophyta представлені практично однаковою кількістю ввт, окрім того у лентичній екосистемі значно переважали водорості Charophyta.

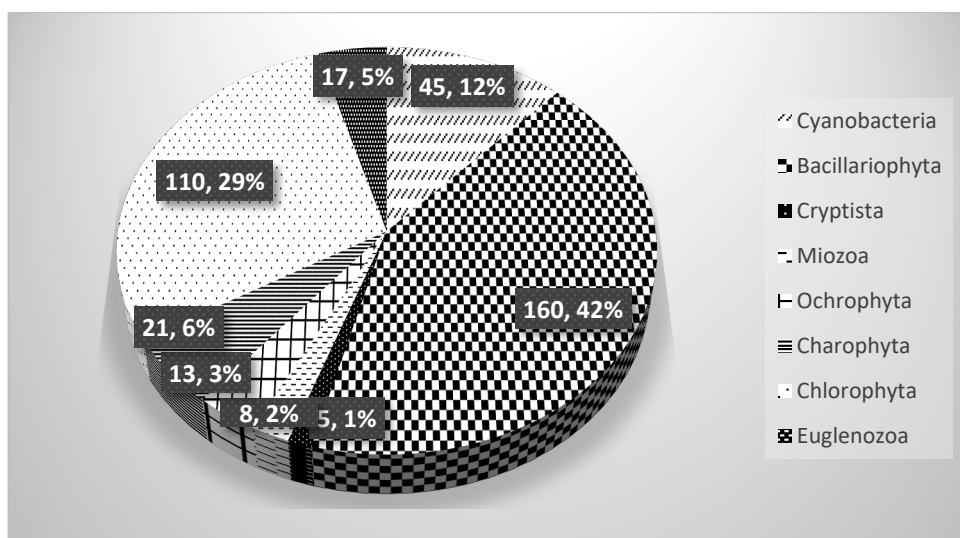


Рис. 5.1. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) мікрофітобентосу лентичної екосистеми.

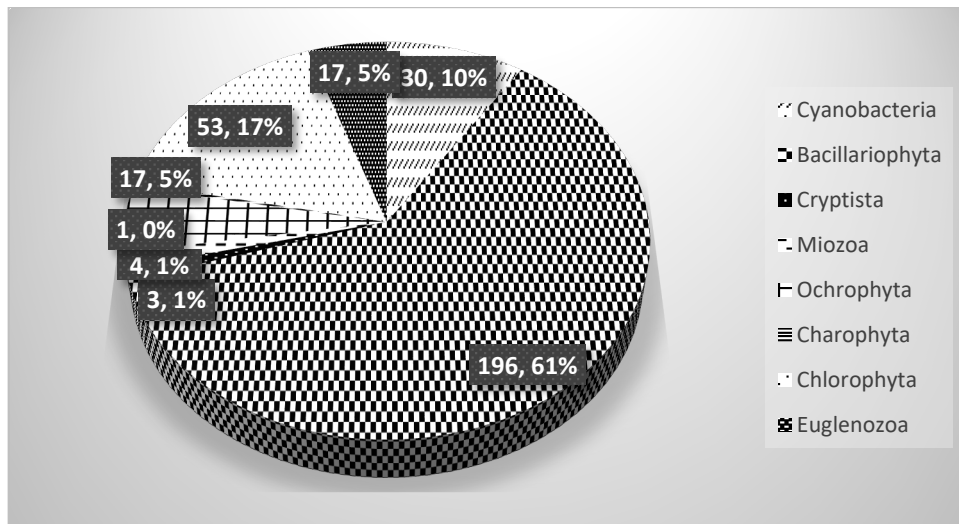


Рис.5.2. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) мікрофітобентосу лотичної водної екосистеми.

У сезонному аспекті, у лотичній екосистемі Bacillariophyta, Chlorophyta та Cyanobacteria характеризувалися найбільшою кількістю ввт у літньо-осінній період, а у лотичній – спостерігалось наступне: Bacillariophyta – у зимово-весняний, Chlorophyta та Cyanobacteria – у літньо-осінній (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Сезонна динаміка таксономічного складу мікрофітобентосу (ввт)
лентичних і лотичних водних екосистем (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	Лентична					Лотична				
	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$	весна	літо	осінь	зима	$\frac{lim}{mean}$
Cyanobacteria	$\frac{3-13}{8,25}$	$\frac{11-17}{13,8}$	$\frac{8-13}{11}$	$\frac{1-8}{4,3}$	$\frac{1-17}{9,9}$	$\frac{1-5}{3}$	$\frac{2-14}{9,2}$	$\frac{8-9}{8,5}$	$\frac{1-6}{2,5}$	$\frac{1-14}{6,1}$
Bacillariophyta	$\frac{56-71}{64}$	$\frac{20-73}{46,6}$	$\frac{32-73}{54,3}$	$\frac{54-64}{57,7}$	$\frac{20-73}{55,0}$	$\frac{31-37}{34}$	$\frac{37-82}{65,2}$	$\frac{47-118}{82,5}$	$\frac{48-63}{54,75}$	$\frac{31-118}{59,8}$
Cryptista	$\frac{0-1}{0,75}$	$\frac{0-3}{1,6}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{0-2}{1,0}$	$\frac{0-3}{1,5}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0-1}{0,4}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,4}$
Miozoa	$\frac{0-2}{0,75}$	$\frac{1-3}{1,8}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{0-3}{1,3}$	$\frac{0-3}{1,7}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0-1}{0,4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,25}$	$\frac{0-1}{0,3}$
Ochrophyta	$\frac{0-4}{2,25}$	$\frac{0-3}{1,6}$	$\frac{0-4}{2}$	$\frac{0-3}{1,7}$	$\frac{0-4}{1,9}$	$\frac{2-7}{4,5}$	$\frac{0-4}{2,2}$	$\frac{2-5}{3,5}$	$\frac{1-4}{3,25}$	$\frac{0-7}{3,1}$
Charophyta	$\frac{0-2}{1,5}$	$\frac{0-4}{2,6}$	$\frac{4-8}{6}$	$\frac{0-6}{2}$	$\frac{0-8}{2,9}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1}{0,1}$

Chlorophyta	<u>0-19</u> 12,25	<u>8-33</u> 21,6	<u>26-42</u> 35	<u>9-27</u> 18,3	<u>0-42</u> 21,1	<u>2</u> 2	<u>2-18</u> 10,8	<u>6-10</u> 8,0	<u>1-5</u> 3,25	<u>1-18</u> 6,7
Euglenozoa	<u>0-6</u> 3	<u>0-3</u> 1,8	<u>1-6</u> 3,7	<u>0-5</u> 2	<u>0-6</u> 2,5	<u>1-2</u> 1,5	<u>0-4</u> 2,2	<u>0-4</u> 2	<u>1-2</u> 1,25	<u>0-4</u> 1,8
Всього	<u>64-112</u> 92,8	<u>52-134</u> 91,4	<u>86-136</u> 118	<u>67-105</u> 88,3	<u>52-136</u> 96,5	<u>46-48</u> 47	<u>43-112</u> 90,4	<u>70-140</u> 105,0	<u>53-80</u> 65,25	<u>43-140</u> 78,2

Примітка. Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Результати дослідження сезонної динаміки таксономічного складу мікрофітобентосу показали, що у 2023–2025 рр. як лентична, так і лотична екосистеми характеризувалися високим таксономічним різноманіттям восени, завдяки Bacillariophyta – Chlorophyta та Bacillariophyta відповідно. Зокрема водойма була представлена кількістю ввт, яка коливалась у межах 86–136, водотік – 70–140. Встановлено, що альгоугруповання водойми найменшим видовим багатством формувалося взимку (67–105 ввт), оскільки спостерігалось зменшення представників Cyanobacteria і Chlorophyta, натомість водотік – навесні (46–48 ввт), Bacillariophyta. Мікрофітобентос лентичної екосистеми характеризувався більшим видовим різноманіття: Chlorophyta, Cyanobacteria, Charophyta, Euglenozoa, Miozoa, Cryptista, лотичної – Bacillariophyta, Ochrophyta.

У водних екосистемах провідна роль відділів змінюється в залежності від сезону (див. табл. 5.1), а також має певні особливості у міжрічному аспекті.

Дослідження 2023–2025 рр. мікрофітобентосу лентичної екосистеми показали, що на рівні відділів домінували Bacillariophyta, у міжрічному аспекті спостерігалися наступні особливості формування видового багатства, так в осінньо-зимовий період в якості субдомінантів виступали Chlorophyta, навесні 2024 р. – Chlorophyta і Cyanobacteria, 2025 р. – Chlorophyta; влітку 2023 р. – Chlorophyta і Cyanobacteria, 2024 р. – Cyanobacteria, Chlorophyta.

Водночас дослідження 2023–2025 рр. сезонної динаміки таксономічного складу мікрофітобентосу лотичної екосистеми показали, що на рівні відділів також домінували Bacillariophyta, у міжрічному аспекті спостерігалися наступні особливості формування видового багатства: влітку 2023 р. та восени 2024 р. в

якості субдомінантів виявлені Chlorophyta і Cyanobacteria, навесні 2024 р. – Ochrophyta і Cyanobacteria.

Таким чином, за результатами досліджень 2023–2025 рр. встановлено, що альгоугруповання водойми та водотоку характеризуються своєрідним видовим складом. Особливістю таксономічного складу мікрофітобентосу лентичної екосистеми є те, що провідна роль у формуванні флористичного багатства належить Bacillariophyta – Chlorophyta, лотичної – Bacillariophyta.

5.2. Показники рясності

Оскільки мікрофітобентос представлений не тільки резидентними видами (бентонтами), але ще перифітонтами, планктонтами, що потрапляють з інших біотопів до мікрофітобентосу при певних умовах, то при дослідженні показників рясності, структури домінуючого комплексу у сезонному аспекті, необхідно враховувати особливості як фітопланктону, так і фітоепіфітону.

Показники чисельності та біомаси мікрофітобентосу лентичної та лотичної екосистем представлені у табл. 5.2, 5.3. На рівні відділів у формуванні показників рясності виявлені наступні закономірності: як у лентичній, так і у лотичній екосистемах провідна роль у формуванні чисельності належить Cyanobacteria, біомаси – Bacillariophyta.

У лентичній екосистемі найвищі показники чисельності та біомаси Cyanobacteria, Chlorophyta виявлені взимку, Bacillariophyta – навесні, Euglenozoa, Ochrophyta – восени, Cryptista – в осінньо-зимовий період. Натомість у лотичній екосистемі Cyanobacteria найвищими показниками рясності характеризувалися восени, Bacillariophyta – взимку, Chlorophyta – в осінньо-зимовий період, Ochrophyta – влітку, Cryptista – навесні. Варто зазначити, що в літній період Euglenozoa були представлені дрібноклітинними формами, в осінньо-зимовий – крупноклітинними.

Чисельність мікрофітобентосу лентичної екосистем характеризувалась найбільшими показниками взимку завдяки Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, середня чисельність угруповання складала 29661,0 та за період досліджень коливалась у межах 1781,0–69869,0 (тис. кл/10 см²), біомаса – навесні,

формувалась переважно Bacillariophyta – 10,71, 0,729–28,21 (мг/10 см²) відповідно. Найменші показники чисельності для водойми відмічені восени – 14139,7, 8885,0–17866,0 (тис. кл/10 см²), що обумовлено зменшенням чисельності Cyanobacteria у формуванні структури угруповання за цим показником, біомаси – влітку (0,80, 0,20–2,193 (мг/10 см²)) через Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta. Натомість лотична екосистема найбільшими кількісними показниками була представлена восени: чисельність – 83679,0, 55177,0–112181,0 (тис. кл/10 см²), біомаса – 4,60, 2,52–6,66 (мг/10 см²) завдяки Cyanobacteria, найменшою чисельністю – влітку (667,0–50997,0 (тис. кл/10 см²)) через Cyanobacteria, біомасою – навесні (1,739, 1,17–2,31(мг/10 см²)) завдяки Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta.

У лентичній екосистемі провідна роль відділів змінюється в залежності від сезону, так в кожен з них вагомий вплив на кількісні показники мікрофітобентосу мають представники таких відділів (табл. 5.2): навесні чисельність формували Cyanobacteria – Bacillariophyta, біомасу – Bacillariophyta; влітку – чисельність – Cyanobacteria, біомасу – Cyanobacteria – Bacillariophyta; восени та взимку – чисельність – Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, восени – біомасу – Bacillariophyta – Chlorophyta; взимку – біомасу – Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta.

Водночас у лотичній екосистемі вагомий вплив на кількісні показники мікрофітобентосу мають представники таких відділів (табл. 5.3): навесні чисельність формували Cyanobacteria, у літньо-зимовий період – Cyanobacteria – Bacillariophyta, біомасу – Bacillariophyta – Cyanobacteria. У міжрічному аспекті структура угруповання водоймі та водотоку за кількісними показниками змінювалась і мала певні особливості, але провідна роль у чисельності мікрофітобентосу належала Cyanobacteria, у формуванні біомаси – Bacillariophyta.

Таким чином, результати досліджень показників рясності мікрофітобентосу свідчать про те, що лентична та лотична екосистеми представлені провідними відділами Cyanobacteria – Bacillariophyta, а також, що у сезонному аспекті, показники чисельності та біомаси відображали особливості формування угруповання мікрофітобентосу у лотичних і лентичних умовах.

Таблиця 5.2

Показники рясності у сезонному аспекті мікрофітобентосу лентичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	весна		літо		осінь		зима		<i>lim</i> <i>mean</i>	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Цуанобактерія	<u>4929-30014</u> 15472,5	<u>0,072-0,969</u> 0,465	<u>935-85530</u> 22748,8	<u>0,024-1,962</u> 0,528	<u>3679-10944</u> 7572,3	<u>0,121-0,299</u> 0,203	<u>183-61166</u> 24743,3	<u>0,003-2,032</u> 0,750	<u>183-85530</u> 18172,1	<u>0,003-2,032</u> 0,490
Bacillariophyta	<u>436-21373</u> 8384,5	<u>0,322-27,445</u> 9,914	<u>86,9-567</u> 201,9	<u>0,048-0,351</u> 0,127	<u>421-10005</u> 4610,7	<u>0,179-3,131</u> 1,711	<u>1464-6090</u> 3086,3	<u>1,837-2,123</u> 1,940	<u>87-21373</u> 3842,6	<u>0,048-27,445</u> 3,416
Cryptista	<u>0-17</u> 10,3	<u>0-0,011</u> 0,003	<u>0-22</u> 9,8	<u>0-0,012</u> 0,003	<u>45-168</u> 121,3	<u>0,049-0,068</u> 0,058	<u>0-267</u> 94,0	<u>0-0,085</u> 0,040	<u>0-267</u> 49,1	<u>0-0,085</u> 0,021
Miozoa	<u>0-4</u> 1,8	<u>0-0,015</u> 0,006	<u>2-12</u> 7,4	<u>0,010-0,054</u> 0,035	<u>4-9</u> 6,7	<u>0,017-0,177</u> 0,118	<u>0-11</u> 5,7	<u>0-0,073</u> 0,048	<u>0-12</u> 5,4	<u>0-0,177</u> 0,047
Ochrophyta	<u>0-155</u> 49,8	<u>0-0,103</u> 0,035	<u>0-25</u> 7,6	<u>0-0,007</u> 0,002	<u>0-339</u> 126,3	<u>0-0,304</u> 0,103	<u>0-80</u> 48,7	<u>0-0,007</u> 0,003	<u>0-339</u> 50,8	<u>0-0,304</u> 0,031
Charophyta	<u>0-13</u> 6,8	<u>0-0,103</u> 0,034	<u>0-27</u> 13,6	<u>0-0,103</u> 0,043	<u>13-82</u> 46,7	<u>0,024-0,075</u> 0,051	<u>0-74</u> 24,7	<u>0-0,624</u> 0,208	<u>0-82</u> 20,6	<u>0-0,624</u> 0,075
Chlorophyta	<u>0-2479</u> 744,0	<u>0-0,442</u> 0,143	<u>87-356</u> 199,8	<u>0,023-0,063</u> 0,042	<u>258-3390</u> 1554	<u>0,095-1,040</u> 0,456	<u>108,0-2665</u> 1590,0	<u>0,017-0,812</u> 0,500	<u>0-3390</u> 893,8	<u>0-1,040</u> 0,243
Euglenozoa	<u>0-55</u> 28,3	<u>0-0,220</u> 0,105	<u>0-23</u> 7,8	<u>0-0,033</u> 0,015	<u>5-213</u> 101,7	<u>0,004-0,371</u> 0,187	<u>0-203</u> 68,3	<u>0-0,452</u> 0,151	<u>0-213</u> 44,1	<u>0-0,452</u> 0,101
Всього	<u>12325-36288</u> 24697,8	<u>0,729-28,206</u> 10,705	<u>1147,9-85910</u> 23196,7	<u>0,198-2,193</u> 0,796	<u>8885-17866</u> 14139,7	<u>0,730-5,272</u> 2,888	<u>1781-69869</u> 29661,0	<u>1,963-6,203</u> 3,639	<u>1148-85910</u> 23078,4	<u>0,198-28,206</u> 4,425

Примітка. N – чисельність (тис. кл/10 см²), B – біомаса (мг/10 см²). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Таблиця 5.3

Показники рясності у сезонному аспекті мікрофітобентосу лотичної водної екосистеми (2023–2025 рр.)

Відділи / Сезони	весна		літо		осінь		зима		$\frac{lim}{mean}$	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Суанобacteria	<u>23192-24461</u> 23 826,5	<u>0,325-0,350</u> 0,337	<u>283-45036</u> 18288,2	<u>0,030-1,169</u> 0,482	<u>48602-109912</u> 79257,0	<u>1,576-2,136</u> 1,856	<u>13504-71850</u> 41155,8	<u>0,189-1,006</u> 0,586	<u>283-109912</u> 35556,2	<u>0,030-2,136</u> 0,703
Bacillariophyta	<u>512-1251</u> 881,50	<u>0,795-1,820</u> 1,308	<u>365-5228</u> 3000,6	<u>0,382-3,620</u> 1,755	<u>1235-6433</u> 3834,0	<u>0,496-4,210</u> 2,353	<u>723-14064</u> 6997,3	<u>0,448-7,196</u> 3,389	<u>365-14064</u> 4032,6	<u>0,382-7,196</u> 2,281
Cryptista	<u>4-153</u> 78,5	<u>0,0004-0,012</u> 0,006	<u>0-10</u> 3,2	<u>0-0,002</u> 0,001	<u>0-4</u> 2,0	<u>0-0,002</u> 0,001	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-153</u> 13,6	<u>0-0,012</u> 0,001
Miozoa	<u>0-2</u> 1,0	<u>0-0,006</u> 0,003	<u>0-10</u> 2,4	<u>0-0,010</u> 0,002	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-2</u> 0,5	<u>0-0,026</u> 0,006	<u>0-10</u> 1,2	<u>0-0,026</u> 0,003
Ochrophyta	<u>32-62</u> 47,0	<u>0,011-0,014</u> 0,012	<u>0-452</u> 173,4	<u>0-0,203</u> 0,075	<u>17-46</u> 31,5	<u>0,007-0,019</u> 0,013	<u>1-125</u> 69,25	<u>0-0,027</u> 0,014	<u>0-452</u> 100,1	<u>0-0,203</u> 0,037
Charophyta	<u>0-4</u> 2,00	<u>0-0,0004</u> 0,0002	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0-4</u> 0,3	<u>0-0,0004</u> 0,00003
Chlorophyta	<u>21-72</u> 46,5	<u>0,005-0,088</u> 0,047	<u>19-716</u> 364,2	<u>0,005-0,149</u> 0,079	<u>87-988</u> 537,5	<u>0,040-0,425</u> 0,232	<u>15-2912</u> 828	<u>0,002-0,404</u> 0,137	<u>15-2912</u> 484,7	<u>0,002-0,425</u> 0,116
Euglenozoa	<u>8-18</u> 13,0	<u>0,008-0,044</u> 0,026	<u>0-40</u> 15,4	<u>0-0,107</u> 0,039	<u>0-34</u> 17,0	<u>0-0,270</u> 0,135	<u>2-24</u> 8,5	<u>0,013-0,353</u> 0,100	<u>0-40</u> 13,2	<u>0-0,353</u> 0,071
Всього	<u>24750-25042</u> 24 896,0	<u>1,170-2,309</u> 1,739	<u>667-50997</u> 21847,5	<u>0,418-5,092</u> 2,433	<u>55177-112181</u> 83679,0	<u>2,516-6,664</u> 4,590	<u>14694-88957</u> 49059,3	<u>0,765-8,980</u> 4,232	<u>667-112181</u> 40201,9	<u>0,418-8,980</u> 3,211

Примітка. N – чисельність (тис. кл/10 см²), B – біомаса (мг/10 см²). Над рискою – межі коливань, під рискою – середнє значення.

Домінуючий комплекс за чисельністю та біомасою мікрофітобентосу літоралі лентичної та лотичної екосистем формувався комплексом *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*, але мав певні відмінності. У водоймі найвищими показниками чисельності та біомаси характеризувався *Limnothrix redekei*, також вагомий вплив на ці показники мали ще такі структуроутворюючі види, як *Anagnostidinema amphibium* та *Planktothrix agardhii*: *Anagnostidinema amphibium* – на чисельність, біомасу, *Planktothrix agardhii* – на чисельність. Біомасу формували також *Bacillariophyta*, серед яких була *Fragilaria fragilarioides*. У міжрічному аспекті у складі домінуючого комплексу водойми спостерігалися певні зміни. Натомість домінуючий комплекс лотичної екосистеми за чисельністю та біомасою представлений переважно *Microcystis pulvereae*.

Характерною особливістю домінуючого комплексу мікрофітобентосу літоралі лентичної екосистеми було те, що він формувався переважно більшою кількістю домінантів і субдомінантів.

У міжрічному аспекті домінуючий комплекс водотоку характеризувався переважано *Cyanobacteria* та *Bacillariophyta*, натомість водойми: у 2023 р. та 2024 р. – *Cyanobacteria*, у 2025 р. – *Bacillariophyta* та *Cyanobacteria*.

На рис. 5.3, 5.4 представлена сезонна динаміка кількісних показників (N, B) структуроутворюючих видів мікрофітобентосу водойми, а саме: *Limnothrix redekei*, *Anagnostidinema amphibium*, *Planktothrix agardhii*, та *Microcystis pulvereae*.

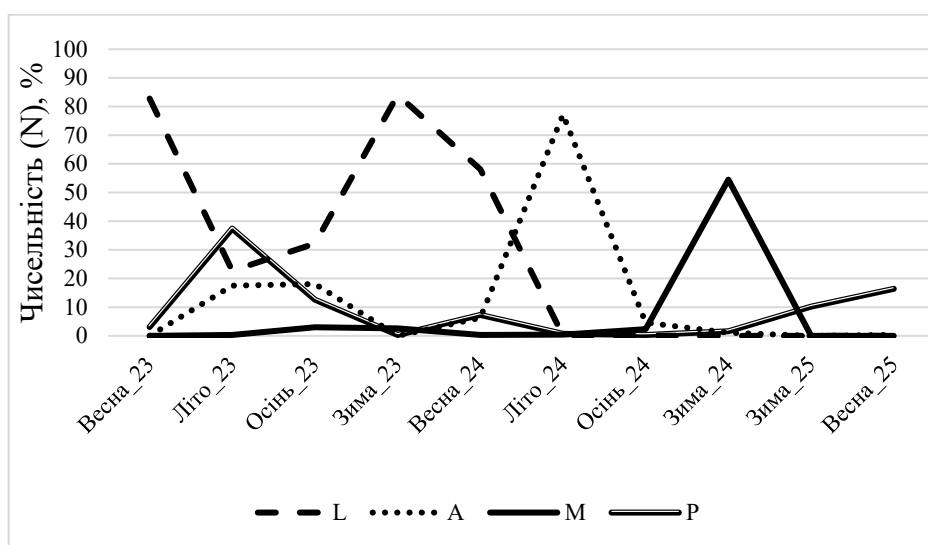


Рис. 5.3. Сезонна динаміка чисельності (N, %) структуроутворюючих видів мікрофітобентосу лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L),

Anagnostidinema amphibium (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulvereae* (M).

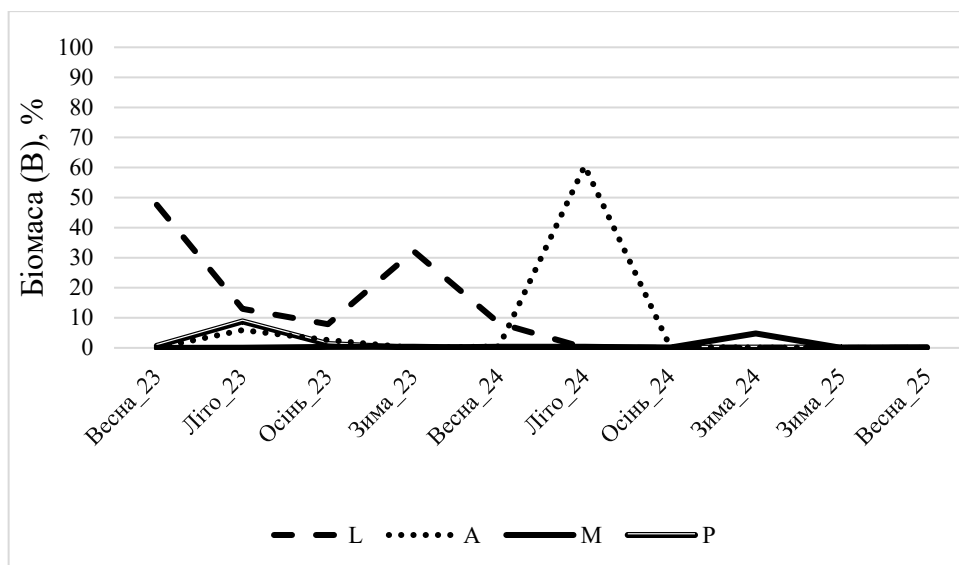


Рис. 5.4. Сезонна динаміка біомаси (B, %) структуроутворюючих видів мікрофітобентосу лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (L), *Anagnostidinema amphibium* (A), *Planktothrix agardhii* (P) та *Microcystis pulvereae* (M).

За час досліджень у структурі домінуючого комплексу як мікрофітобентосу, так і фітопланктону, і фітоепіфітону літоралі лентичної екосистеми відбулися певні зміни: поступове зменшення ролі *Limnothrix redekei* як за показниками чисельності, так і біомаси; у зимовий період 2024 р. відмічено переважання за показниками чисельності *Microcystis pulvereae*. В осінній період 2024 р., як і у фітоепіфітоні, серед представників домінуючого комплексу виявлені дрібноклітинні центричні діатомові. Також влітку 2024 р. спостерігалось різке збільшення чисельності та біомаси *Anagnostidinema amphibium* з подальшим зменшенням цих показників. У міжрічному аспекті динаміка чисельності та біомаси *Planktothrix agardhii* має сезонний характер, але спостерігається тенденція до зменшення цих показників.

Натомість у мікрофітобентосі літоралі лентичної екосистеми простежувалося переважання *Microcystis pulvereae* в усі сезони.

Таким чином, за період досліджень 2023–2025 рр. у мікрофітобентосі водойми спостерігалось зменшення ролі структуроутворюючого виду –

Limnothrix redekei та збільшення – *Microcystis pulvereae*. Водночас характерною особливістю водотоку було домінування *Microcystis pulvereae*.

5.3. Особливості сезонної та міжрічної динаміки мікрофітобентосу лентичної та лотичної екосистем

Зимовий період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища.

***Bacillariophyta* зимового мікрофітобентосу в озері Вербне**

Вперше для оз. Вербне проаналізовано таксономічний склад та показники рясності мікрофітобентосу у зимовий період. Дослідження мікрофітобентосу у цей період лентичної та лотичної екосистем мали певні особливості та потребували більш детального аналізу, оскільки протягом 2023–2025 рр. спостерігалися різні зимові умови (температурний режим, льодові умови). Встановлено, що для мікрофітобентосу, як і для фітопланктону, лентичної екосистеми характерним було переважаання представників *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*, у той час як для лотичної – *Bacillariophyta*.

У мікрофітобентосі лентичної водної екосистем у зимовий період 2023 р. ідентифіковано 101 вид (105 ввт), які відносяться до 8 відділів, 10 класів, 21 порядку, 34 родин і 55 родів, у структурі угруповання провідну роль відігравали *Bacillariophyta* – 61%, в якості субдомінантів виступали *Chlorophyta* – 18%. У лотичній екосистемі мікрофітобентос був представлений також, як фітопланктон і фітоепіфітон, менш різноманітно, встановлено 70 видів (80 ввт) з 5 відділів, 8 класів, 20 порядків, 32 родин, 49 родів, що характеризувалися в основному *Bacillariophyta* – 79% (рис. 5.5).

Мікрофітобентос водойми у грудні 2024 р. формувався 92 видами (93 ввт), які відносяться до 5 відділів, 8 класів, 21 порядку, 32 родин і 56 родів та переважно представлені *Bacillariophyta* – 58% та *Chlorophyta* – 29%. У порівнянні з 2023 р. частка *Chlorophyta* збільшилась, що може бути обумовлено температурним режимом влітку, також невиявлені представники *Cryptista*, *Miozoa*, *Charophyta*. Мікрофітобентос водотоку характеризувався 65 видами (69 ввт) з 5 відділів, 8 класів, 15 порядків, 26 родин, 38 родів, основу структури угруповання формували

Bacillariophyta – 86%, але у порівнянні з 2023 р. частка Bacillariophyta у флористичному спектрі збільшилась завдяки зменшенню представників Cyanobacteria (рис. 5.5).

Мікрофітобентос лентичної водної екосистем у лютому 2025 р. формувався 67 видами, які відносяться до 5 відділів, 8 класів, 16 порядків, 26 родин і 35 родів, що характеризувалися Bacillariophyta – 82% та Chlorophyta – 13%. Встановлено, що у порівнянні з груднем у лютому збільшилась частка Bacillariophyta (58% та 82% відповідно), а відносно Chlorophyta та Cyanobacteria спостерігається протележна тенденція (29% та 13%, 9% та 2% відповідно). Також у лютому флористичний спектр доповнили Cryptista та Miozoa, а представники Ochrophyta та Euglenozoa невиявлені. У лотичній екосистемі у мікрофітобентосі ідентифіковано 57 видів (59 ввт) з 6 відділів, 9 класів, 20 порядків, 27 родин, 36 родів, представлених переважно Bacillariophyta – 83% (рис. 5.5). Виявлена подібність флористичних спектрів угруповання у грудні та лютому із домінуванням Bacillariophyta (86% та 83%), але у лютому видовий склад доповнили представники Miozoa. Також у лютому у лентичній та лотичній екосистемах частка Bacillariophyta (82% та 83% відповідно) була приблизно однаковою.

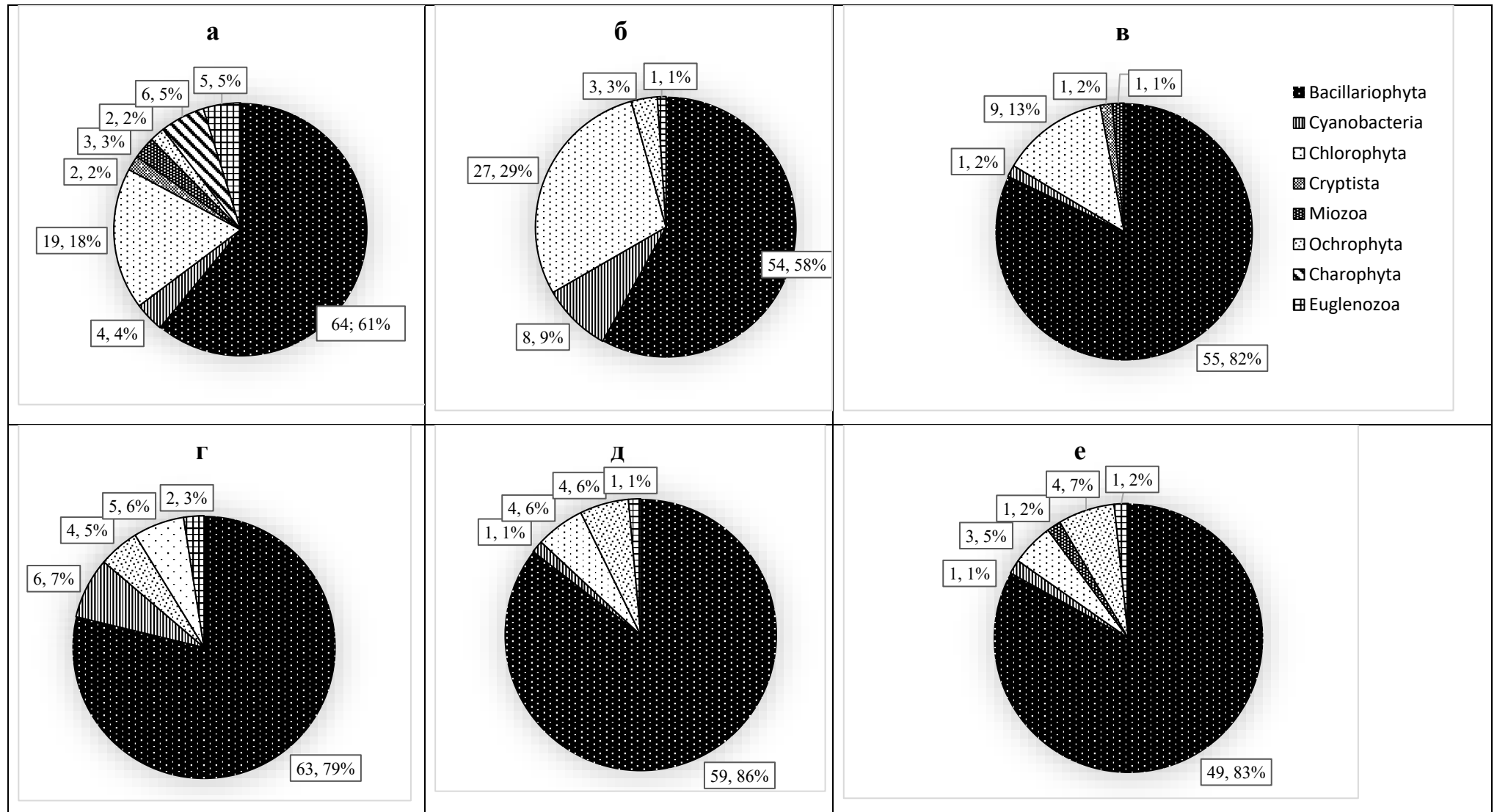


Рис. 5.5. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) зимового мікрофітобентосу водойми: грудень 2023 р. (а), грудень 2024 р. (б), лютий 2025 р. (в) та водотоку: грудень 2023 р. (г), грудень 2024 р. (д), лютий 2025 р. (е).

Відділ *Bacillariophyta* є основною компонентою структури зимових альгоценозів. Вивчення відділу на рівні родин, біотопічної приуроченості, кількісних показників у міжрічних дослідження зимового періоду відображає зміни в альгоценозі під впливом цього абіотичного чинника.

***Bacillariophyta* зимового мікрофітобентосу в озері Вербне**

Аналіз різноманіття відділу *Bacillariophyta* мікрофітобентосу є актуальним у фундаментальному та прикладному аспектах, оскільки він є важливою складовою як при дослідженні просторової динаміки [198], так і залученні до переліку гідробіологічних показників при здійсненні державного моніторингу масивів поверхневих вод [98, 162, 174].

Публікації стосовно *Bacillariophyta* мікрофітобентосу оз. Вербне нечисленні та охоплюють лише весняно-осінній період і відсутні за зимовий період. За результатами досліджень взимку 2023 р. [19] у мікрофітобентосі серед *Bacillariophyta* ідентифіковано 54 види (64 ввт), які належали до 16 родин. Переважна більшість родин (15) включала пенатні форми (двобічносиметричні) і лише одна належала до центричних (з радіальною симетрією). Їх чисельність на дні водойми не перевищувала 6090,0 тис. кл/10 см². Найбільшими кількісними показниками розвитку характеризувались види з родин *Achnanthidiaceae* та *Naviculaceae*, які сукупно утворювали 28,5% та 19,8% від загальної чисельності відповідно. Високі показники чисельності *Bacillariophyta* мікрофітобентосу в зимовий період представників родини *Achnanthidiaceae*, які є переважно формами обростання, обумовлені їхньою “вимушеною” міграцією на дно після завершення вегетації ВВР, що є субстратом до якого вони зазвичай прикріплюються [19].

За результатами досліджень у грудні 2024 р у мікрофітобентосі серед *Bacillariophyta* ідентифіковано 53 види (54 ввт), які належали до 13 родин. Переважна більшість родин (12) включала пенатні форми (двобічносиметричні) і одна належала до центричних (з радіальною симетрією). Чисельність *Bacillariophyta* на дні водойми не перевищувала 1705,0 тис. кл/10 см². Найбільшими кількісними показниками розвитку характеризувались види з родин

Naviculaceae, Stephanodiscaceae, Achnanthidiaceae, які сукупно утворювали 20,9 %, 19,1%, 16,1% від загальної чисельності відповідно.

Якщо у 2023 р. Bacillariophyta зимового мікрофітобентосу представлені найбільше формами обрастань та бентосними, то у 2024 р. бентосними/планктонними/перифітонними.

За результатами досліджень у лютому 2025 р. у мікрофітобентосі серед Bacillariophyta ідентифіковано 55 видів, які належали до 19 родин. Переважна більшість родин (16) включала пенатні форми (двобічносиметричні) і 3 належали до центричних (з радіальною симетрією). Чисельність Bacillariophyta на дні водойми не перевищувала 1464,0 тис. кл/10 см². Найбільшими кількісними показниками розвитку характеризувались види з родин Staurosiraceae, Gomphonemataceae, Naviculaceae, які сукупно утворювали 17,6%, 12,6%, 11,1% від загальної чисельності відповідно. За біотопічною приуроченістю відділ Bacillariophyta мікрофітобентосу найбільше був представлений бентосно-перифітонними формами.

Отже, згідно встановлених показників таксономічного багатства, чисельності, біомаси Bacillariophyta оз. Вербне у зимовий період відіграє важливу роль у мікрофітобентосі, ці дані можуть бути використані при дослідженні закономірностей обміну видами між різнотипними водоростевими угрупованнями, а також при проведенні моніторингу стану водойми [19].

Чисельність зимового мікрофітобентосу у грудні 2023 р. лентичної екосистеми складала 69869,0 тис. кл/10 см² і представлена в основному Cyanobacteria – 88%; біомаса (6,20 мг/10 см²): Bacillariophyta – 34%, Cyanobacteria – 33%, Chlorophyta – 13%, Charophyta – 10%, Euglenozoa – 7%. Альгоугруповання літоралі водойми формувалася за чисельністю та за біомасою переважно *Limnotherix redekei* (84,1% та 32,2%). У грудні 2024 р. чисельність мікрофітобентосу складала 17333,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася: Cyanobacteria – 74%, Chlorophyta – 15%, Bacillariophyta – 10%; біомаса (2,75 мг/10 см²): Bacillariophyta – 68%, Chlorophyta – 24%, Cyanobacteria – 8%. У міжрічному аспекті у структурі угруповання спостерігається значне зменшення кількісних показників

Суанобактерія (чисельність – 61166,0 та 12881,0 тис. кл/10 см², біомаса – 2,03 та 0,21 мг/10 см² відповідно), також зменшилась чисельність (6090,0 та 1705,0 тис. кл/10 см² відповідно) та біомаса (2,12 та 1,86 мг/10 см² відповідно) Bacillariophyta, але збільшилась чисельність Chlorophyta (1997,0 та 2665,0 тис. кл/10 см² відповідно). Отже, у міжрічних дослідженнях виявлено зменшення кількісних показників мікрофітобентосу, що було пов'язано переважно з Суанобактерія, біомаси – ще і з Bacillariophyta. У лютому 2025 р. мікрофітобентос за чисельністю та біомасою формувався в основному Bacillariophyta (82% та 94%). Загальна чисельність альгоугруповання складала 1781,0 тис. кл/10 см², біомаса – 1,96 мг/10 см².

У зимовий період 2024–2025 рр. у водоймі спостерігається зменшення чисельності і біомаси альгоугруповання завдяки Суанобактерія та Chlorophyta, водночас ці показники Bacillariophyta практично не змінилися. У лентичній екосистемі домінуючий комплекс мікрофітобентосу змінювався протягом зими 2024–2025 рр. за чисельністю: Суанобактерія, Bacillariophyta – Суанобактерія; за біомасою: Bacillariophyta – Chlorophyta, Bacillariophyta і був представлений такими видами: *Microcystis pulverea*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Ulnaria ulna*, *Oedogonium* sp.1, *Gomphonema parvulum*, *Ulnaria ulna*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Planktothrix agardhii*, *Cymbella helvetica*, *Navicula reinhardtii*.

Мікрофітобентос лотичної екосистеми взимку 2023 р. характеризувався за чисельністю Суанобактерія (82%) та Bacillariophyta (17%), за біомасою: Bacillariophyta (81%) та Суанобактерія (16%). Загальна чисельність мікрофітобентосу складала 70534,0 тис. кл/10 см², біомаса – 5,38 мг/10 см². Що було пов'язано з домінуванням за чисельністю: *Microcystis pulverea* (81,7%), *Staurosira construens* (10,7%); за біомасою: *Microcystis pulverea* (15,0%), *Staurosira construens* (14,0%), *Surirella librile* (12,6%), *Melosira varians* (12,2%), *Fragilaria fragilarioides* (7,4%). У грудні 2024 р. чисельність альгоугруповання складала 88957,0 тис. кл/10 см² та переважно формувалась Суанобактерія (81%) та Bacillariophyta (16%), біомаса (8,98 мг/10 см²) – Bacillariophyta (80%) та

Суанобактерія (11%). У міжрічних дослідженнях виявлено, що у порівнянні з груднем 2023 р. у грудні 2024 р. спостерігалось збільшення кількісних показників Суанобактерія (чисельність – 57958,0 та 71850,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,85 та 1,01 мг/10 см² відповідно), Вацеларіофіта (12152,0 та 14064,0 тис. кл/10 см²; 4,37 та 7,20 мг/10 см² відповідно) та Хлорофіта (278,0 та 2912,0 тис. кл/10 см²; 0,18 та 0,40 мг/10 см² відповідно). У лютому 2025 р. чисельність мікрофітобентосу (14694,0 тис. кл/10 см²) характеризувалася Суанобактерія (92%) та Вацеларіофіта (7%), і біомаса (1,80 мг/10см²) – Вацеларіофіта (86%) та Суанобактерія (10%).

У водотоці протягом зимового періоду 2024–2025 рр. значно зменшилися показники чисельності та біомаси Суанобактерія та Вацеларіофіта. Домінуючий комплекс мікрофітобентосу літоралі лотичної водної екосистеми у цей період формували за чисельністю: *Microcystis pulverea* (84,8%), *Fragilaria fragilarioides* (12,9%), за біомасою – *Fragilaria fragilarioides* (36,2%), але протягом зими 2024–2025 рр. домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Staurosira construens*, *Navicula reinhardtii*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia vitrea*, *Aulacoseira italica*, *Navicula vulpina*, *Melosira varians*, *Surirella librile*. За чисельністю домінуючий комплекс змінювався протягом зими та характеризувався: Суанобактерія – Вацеларіофіта, Суанобактерія; за біомасою: Вацеларіофіта – Суанобактерія, Суанобактерія – Вацеларіофіта, Вацеларіофіта – Суанобактерія.

Отже, домінуючий комплекс мікрофітобентосу водойми у зимовий період 2023–2024 р. був представлений Суанобактерія: у грудні 2024 р. – Суанобактерія – Вацеларіофіта, у лютому 2025 р. – Вацеларіофіта; водотоку – Суанобактерія – Вацеларіофіта, у зимові періоди, але кількість представників зменшилася і збільшилася частка *Fragilaria fragilarioides* у формуванні біомаси мікрофітобентосу. Варто зазначити, що у лентичній екосистемі у зимовий період, за час досліджень, у 2024 р. в порівнянні з 2023 р. відбулася зміна виду, що переважав за показниками чисельності та біомаси у домінуючому комплексі, *Limnithrix redekei* – *Microcystis pulverea*, у 2025 р. зимовий мікрофітобентос

представлений переважно Bacillariophyta, у той же час у лотичній екосистемі переважав *Microcystis pulverea*.

Весняний період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

У мікрофітобентосі літоралі лентичної екосистеми весняного сезону 2023 р. було ідентифіковано 64 види водоростей з 2 відділів, його склад формували на 92% Bacillariophyta (рис. 5.6). У 2024 р. угруповання було представлено 106 видами (107 ввт) водоростей з 8 відділів та характеризувалося: Bacillariophyta – 66%, Chlorophyta – 12%, Cyanobacteria – 11% (рис. 5.6). Весняний мікрофітобентос 2025 р. формувався 86 видами (88 ввт) водоростей з 7 відділів, переважну частку у структурі угруповання складали Bacillariophyta – 64%, в якості субдомінантів виступали Chlorophyta – 22% (рис. 5.6). При аналізі флористичного спектра весняного мікрофітобентосу лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така динаміка: у 2023 р. структура формувалася завдяки Bacillariophyta, у 2024 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, у 2025 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta (рис. 5.6). Також при аналізі міжрічних досліджень виявлено: у 2023 р. угруповання характеризувалося меншим видовим багатством, яке було представлено Bacillariophyta та Cyanobacteria, у 2025 р. у порівнянні з 2024 р. у структурі мікрофітобентосу збільшилась частка Chlorophyta та зменшилась Cyanobacteria.

У весняному мікрофітобентосі 2024 р. лотичної екосистеми було ідентифіковано 48 видів водоростей з 7 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали Bacillariophyta – 65%, субдомінантами виступали Ochrophyta – 15% та Cyanobacteria – 10% (рис. 5.6). Весняний мікрофітобентос 2025 р. лотичної екосистеми формувався 45 видами (46 ввт) водоростей з 7 відділів представлених переважно Bacillariophyta – 81% (рис. 5.6).

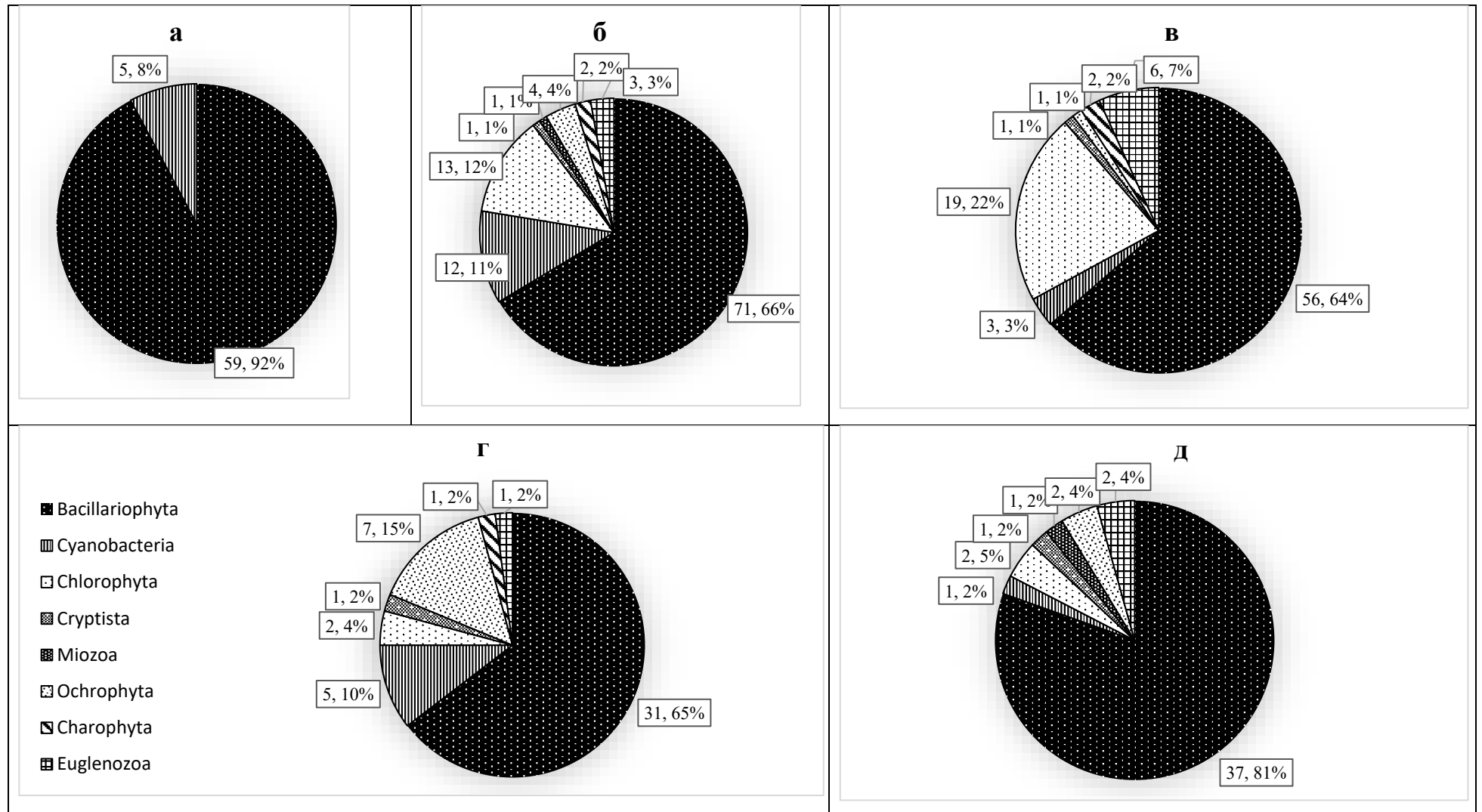


Рис. 5.6. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) мікрофітобентосу весняного сезону водойми: 2023 р. (а), 2024 р. (б), 2025 р. (в) та водотоку: 2024 р. (г), 2025 р. (д).

При аналізі флористичного спектра весняного мікрофітобентосу лотичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така зміна: у 2024 р. – Bacillariophyta – Ochrophyta – Cyanobacteria, у 2025 р. – Bacillariophyta та виявлено у структурі угруповання зменшення частки Ochrophyta (з 15% до 4% відповідно) та Cyanobacteria (з 10% до 2% відповідно) (див. рис. 5.6). Для мікрофітобентосу водойми та водотоу було характерне у 2025 р. при порівнянні з 2024 р. зниження частки Cyanobacteria та Ochrophyta та збільшення Euglenozoa, водночас у структурі угруповання озера значно збільшилась частка Chlorophyta.

Зимові умови є важливим чинником, що впливає на формування весняних альгоугруповань [180, 211], так зима 2024–2025 рр. характеризувалась такими (льодові умови, температурний режим) на відміну від 2023–2024 р.

Навесні 2025 р. у водоймі спостерігається формування показників чисельності та біомаси мікрофітобентосу переважно Bacillariophyta, чисельність весняного мікрофітобентосу 2025 р. складала 28866,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася: Bacillariophyta (74%), Cyanobacteria (17%), Chlorophyta (9%); біомаса – 28,21 мг/10 см² формувалась на 97% Bacillariophyta. Комплекс домінуючих видів мікрофітобентосу був представлений за чисельністю: *Fragilaria fragilarioides* (29,6%), *Planktothrix agardhii* (16,5%), *Nitzschia palea var. capitata* (15,3%), *Nitzschia dissipata* (7,5%); за біомасою: *Fragilaria fragilarioides* (50,2%), *Nitzschia palea var. capitata* (12,0%), *Nitzschia dissipata* (6,0%), *Nitzschia vitrea* (7,0%), *Ulnaria amphirhynchus* (5,5%).

У лентичній екосистемі при міжрічних дослідженнях спостерігається тенденція до зменшення ролі виду, що переважав у домінуючому комплексі за показниками рясності – *Limnothrix redekei*.

У лотичній екосистемі чисельність весняного мікрофітобентосу 2024 р. складала 25042,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася Cyanobacteria (98%); біомаса – 1,170 мг/10 см² формувалась на 68% Bacillariophyta та на 30% Cyanobacteria. Що було пов'язано з домінуванням за чисельністю *Microcystis pulverea* (93,0%); за біомасою: *Melosira varians* (42,0%), *Microcystis pulverea* (27,9%), *Navicula vulpina* (7,4%). Навесні 2025 р. чисельність альгоугруповання складала

24750,0 тис. кл/10 см², формувалась на 94% *Cyanobacteria* та характеризувалась домінуванням *Microcystis pulverea* (93,7%); біомаса – 2,309 мг/10 см² формувалась переважно *Bacillariophyta* (79%) та *Cyanobacteria* (14%), домінуючий комплекс представляли *Navicula reinhardtii* (39,4%) та *Microcystis pulverea* (14,1%).

Отже, у водотоці у домінуючому комплексі весняного періоду при міжрічних дослідженнях явних змін не відбулося, спостерігається тенденція до зменшення представників *Bacillariophyta*.

Таким чином, за показниками рясності та домінуючого комплексу у лентичній екосистемі встановлена така зміна: *Cyanobacteria* (2023 р.), *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta* (2024 р.), *Bacillariophyta* (2025 р.), у лотичній – *Cyanobacteria* – *Bacillariophyta*. У лентичній екосистемі при міжрічних дослідженнях спостерігається тенденція до зменшення ролі виду, що переважав у домінуючому комплексі за показниками рясності – *Limnothrix redekei*.

Літній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Дослідження літнього мікрофітобентосу виявили особливості формування його структури, показників рясності у цей період, які більш розгорнуто проаналізовано на прикладі 2023 р. у лотичній та лентичній екосистемах.

У альгоугрупованні літоралі лентичної екосистеми у червні ідентифіковано 90 видів (92 ввт), які відносяться до 34 родини з 6 відділів, основу видового складу мікрофітобентосу формували *Bacillariophyta* – 55%, *Chlorophyta* – 21% та *Cyanobacteria* – 18% (рис. 5.7). У альгоугрупованні лотичної екосистеми встановлено 94 види (96 ввт), що належать до 33 родин з 6 відділів представлених переважно *Bacillariophyta* – 85% (рис. 5.7).

У липні у водоймі було виявлено 83 види (85 ввт) водоростей, які відносяться до 37 родин з 7 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали: *Bacillariophyta* – 51%, *Chlorophyta* – 28%, *Cyanobacteria* – 13%. У липні у водотоці було встановлено 110 видів (112 ввт) водоростей, які належать до 42 родин з 6 відділів та характеризувалися переважно *Bacillariophyta* – 66%, *Chlorophyta* – 16%, *Cyanobacteria* – 13% (рис. 5.7).

У серпні у лентичній екосистемі було ідентифіковано 164 види (167 ввт) водоростей, які відносяться до 54 родин з 8 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали Bacillariophyta – 49% та Chlorophyta – 27%. У серпні у лотичній екосистемі було встановлено 139 видів (141 ввт) водоростей, що належать до 76 родин з 6 відділів та характеризувалися переважно: Bacillariophyta – 63%, Chlorophyta – 16 %, Cyanobacteria – 13% (рис. 5.7).

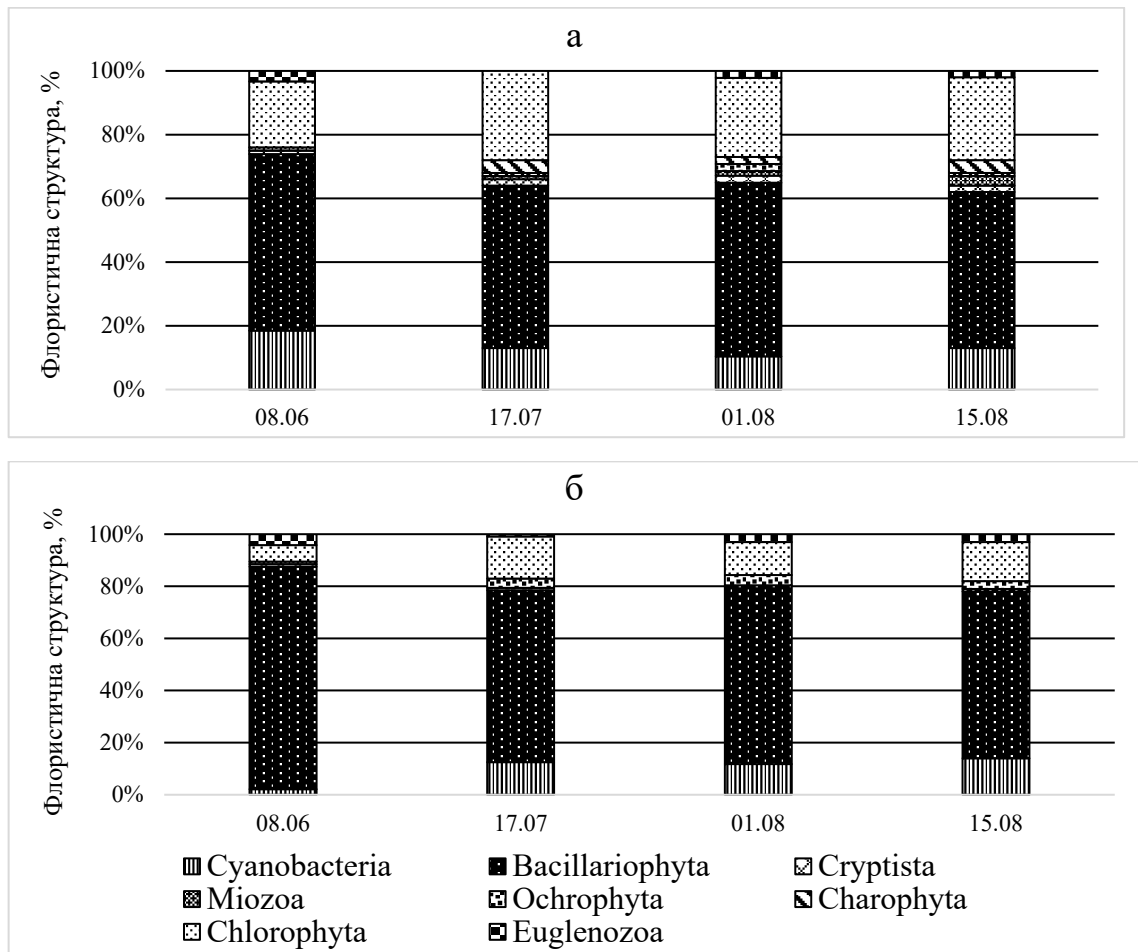


Рис. 5.7. Флористичний спектр (%) мікрофітобентосу лентичної (а) та лотичної (б) екосистем літнього сезону 2023 р.

Так, за чисельністю та біомасою мікрофітобентосу лентичної та лотичної екосистем по відділах спостерігалась наступна послідовність (рис. 5.8):

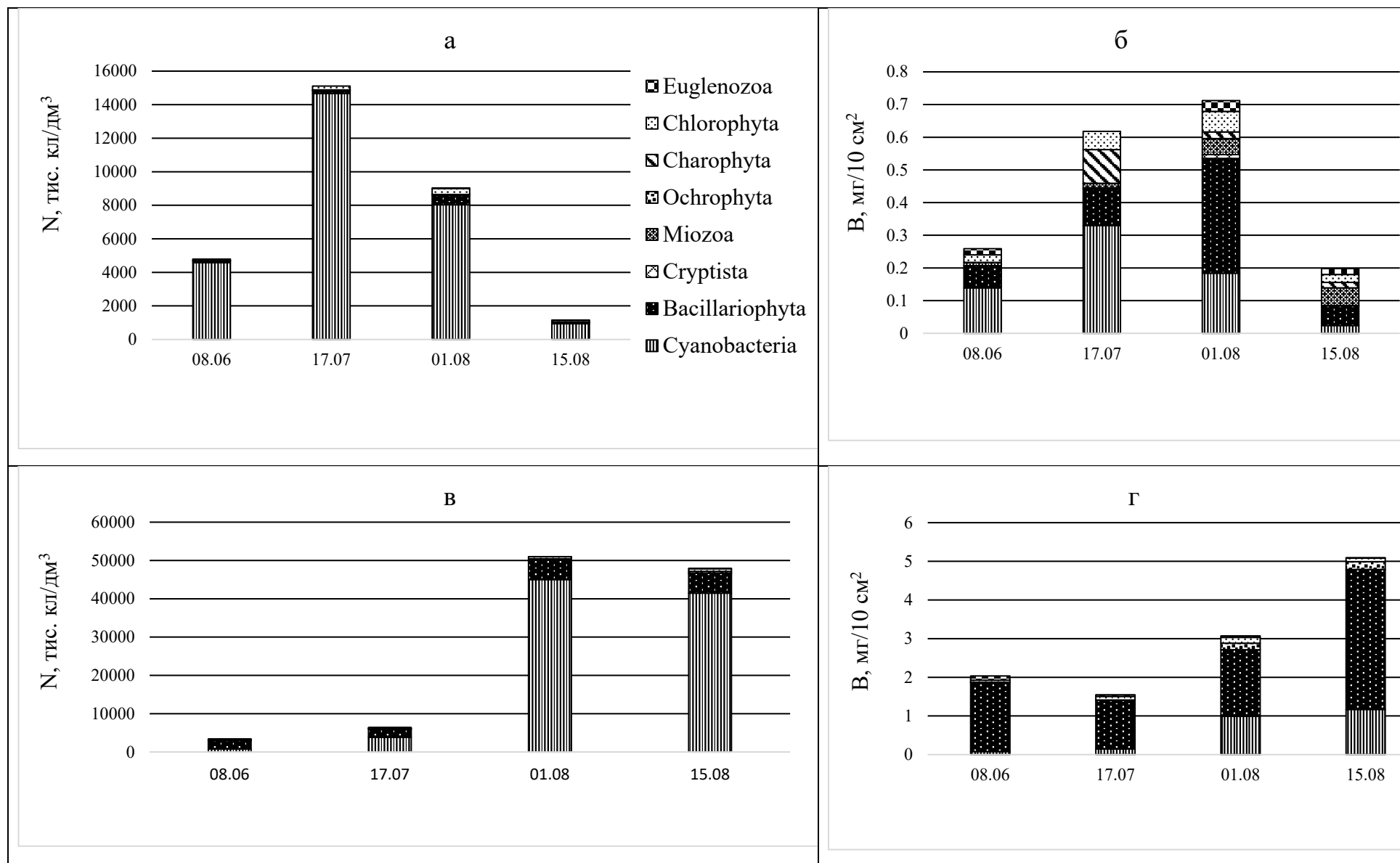


Рис. 5.8. Показники рясності (N , B) мікрофітобентосу літнього сезону 2023 р. лентичної (а), (б) та лотичної (в) та (г) екосистем.

Мікрофітобентос літоралі водойми влітку 2023 р. формував такий комплекс домінуючих видів за чисельністю: *Planktothrix agardhii*, *Limnothrix redekei*; *Anagnostidinema amphibium*; за біомасою: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Anagnostidinema amphibium*, *Amphora ovalis*, *Cosmarium sp.2*. Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Peridiniopsis quadridens*, *Unruhadinium penardii*. За чисельністю домінуючий комплекс протягом літа характеризувався Cyanobacteria; за біомасою змінювався у такій послідовності: у червні – Cyanobacteria, у липні – Cyanobacteria – Charophyta, у серпні – Bacillariophyta – Cyanobacteria – Miozoa, Miozoa – Euglenozoa – Charophyta.

У лотичній екосистемі за чисельністю домінуючий комплекс складали: *Microcystis pulvereae*, *Staurosira construens*; за біомасою: *Melosira varians*, *Microcystis pulvereae*, *Fragilaria fragilarioides*, *Staurosira construens*, *Aulacoseira italica*. Але протягом літа домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Microcystis aeruginosa*, *Navicula reinhardtii*, *Navicula vulpina*, *Cymatopleura elliptica*, *Surirella librile*, *Oscillatoria tenuis*, *Placoneis placentula var. rostrata*, *Dolichospermum flosaquae*. За чисельністю домінуючий комплекс змінювався протягом літа та характеризувався: у червні – Bacillariophyta – Cyanobacteria, у липні – Cyanobacteria – Bacillariophyta, у серпні – Cyanobacteria; за біомасою: у червні – Bacillariophyta, у липні – Bacillariophyta – Cyanobacteria, у серпні – Cyanobacteria – Bacillariophyta, Bacillariophyta – Cyanobacteria.

Так, за дослідженнями оз. Вербне проведеними у червня 2023 та 2021 рр. (для порівняння використані ретроспективні дані) встановлено, що чисельність мікрофітобентосу коливались у межах 3072–4789 тис. кл/10 см², біомаса – 0,21–0,26 мг/10 см², які формувалися в основному завдяки Cyanobacteria. Відмічено, що у 2021 р. високими показниками розвитку вирізнявся облигатний бентонт *Geitlerinema splendidum* (77% загальної чисельності та 46% біомаси водоростей на дні) [21]. Більш сприятливі умови для вегетації Cyanobacteria відмічені у 2023 р., що обумовило інтенсивний розвиток як у товщі води, так і на дні *Limnothrix redekei* (52% загальної чисельності та 14% біомаси водоростей у донних

альгоугрупованнях) [21]. Аналіз результатів попередніх досліджень, що були отримані у другій половині літнього періоду 2017 р. у оз. Вербне [38], дозволив виявити, що за інтенсивної вегетації фітопланктону у цей період відбувається зниження показників як чисельності, так і біомаси мікрофітобентосу. За таких обставин вже планктонти з *Cyanobacteria*, *Euglenozoa* та *Chlorophyta*, осідаючи на дно, відіграють провідну роль у складі домінуючого комплексу мікрофітобентосу. При аналізі ретроспективних даних встановлено наступні особливості у формуванні показників рясності мікрофітобентосу оз. Вербне: на початку літнього періоду показники чисельності та біомаси формуються переважно облигатними та факультативними бентонтами з *Cyanobacteria*, тоді як у другій половині літнього періоду – в основному планктонтами з *Cyanobacteria*, *Euglenozoa* та *Chlorophyta*, що осідають на дно та лімітують розвиток бентосних форм [21]. Більш детальний аналіз літнього періоду та зіставлення отриманих результатів з ретроспективними даними показав, що у 2023 р. у порівнянні з попередніми дослідженнями у другій половині літа чисельність на 81–89% формували *Cyanobacteria*, а біомаса – на 30–49% *Bacillariophyta*, на 12–26% *Cyanobacteria*, на 7–27% *Miozoa*, на 9–12% *Chlorophyta*. Також, у порівнянні з червнем 2023 р. у липні чисельність (15110,0 тис. кл/10 см²) та біомаса (0,62 мг/10 см²) мікрофітобентосу збільшились, на початку серпня чисельність зменшилась (9027,0, тис. кл/10 см²), але біомаса (0,711 мг/10 см²) ще продовжувала збільшуватися, а вже в середині серпня спостерігається зменшення і чисельності (1147,0 тис. кл/10 см²) та біомаси (0,198 мг/10 см²), що узгоджується з ретроспективними даними.

У лотичній екосистемі у червні 2023 р. чисельність мікрофітобентосу складала 3383,0 тис. кл/10 см², біомаса – 2,034 мг/10 см² та характеризувалися переважно *Bacillariophyta* (66% та 88% відповідно), у липні чисельність угруповання збільшилась до 6315,0 тис. кл/10 см², а біомаса навпаки зменшилась до 1,55 мг/10 см², що могло бути обумовлено значним збільшенням кількісних показників фітопланктону (чисельності з 38362,0 до 122556,0 тис. кл/дм³ та біомаси з 1,04 до 8,08 мг/дм³), які на цьому етапі лімітували розвиток бентосних

форм та збільшували чисельність мікрофітобентосу завдяки планктонним формам представленими переважно *Cyanobacteria*. Подальше збільшення чисельності та біомаси фітопланктону характеризувалося збільшенням кількісних показників мікрофітобентосу, чисельності завдяки *Cyanobacteria*, біомаси – *Bacillariophyta* та *Cyanobacteria*.

У мікрофітобентосі лентичної екосистеми літнього сезону 2024 р. було ідентифіковано 52 види водоростей, які відносяться до 32 родин з 7 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складали: *Bacillariophyta* – 38%, *Cyanobacteria* – 29%, *Chlorophyta* – 15% (рис. 5.9).

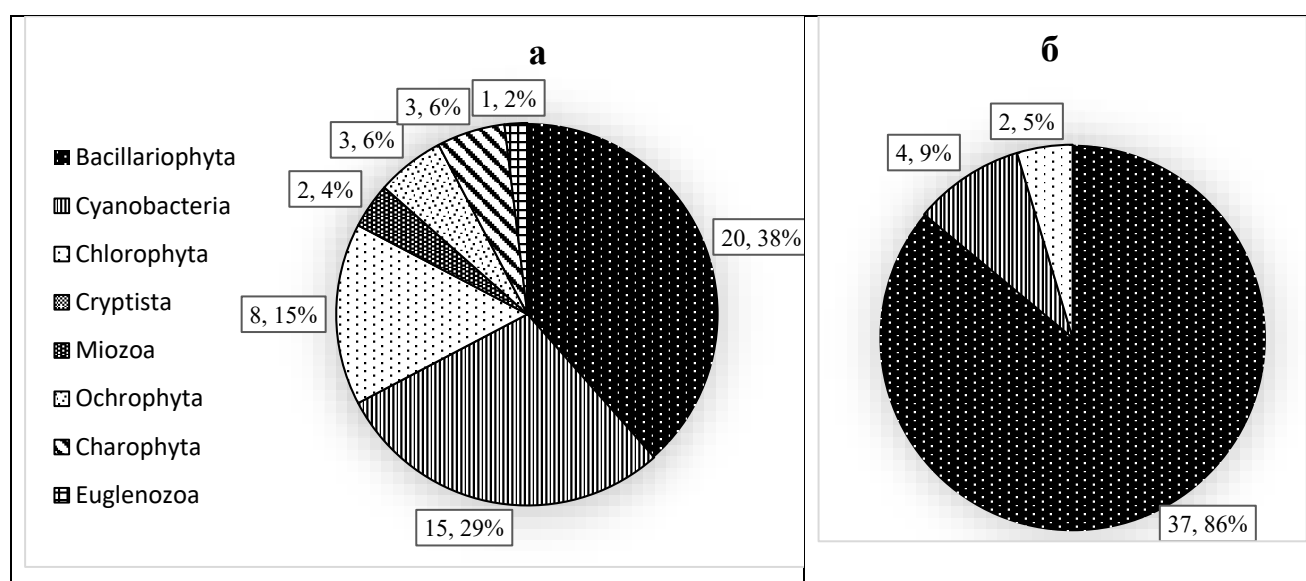


Рис. 5.9. Таксономічний склад (відділи, ввт) та флористичний спектр (%) мікрофітобентосу водойми (а) та водотоку (б) літнього сезону 2024 р.

При аналізі флористичного спектра літнього мікрофітобентосу лентичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така зміна: 2023 р. – *Bacillariophyta* – *Chlorophyta* – *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* – *Chlorophyta*, 2024 р. – *Bacillariophyta* – *Cyanobacteria* – *Chlorophyta* (див. рис. 5.7, 5.9).

У мікрофітобентосі літоралі лентичної екосистеми літнього сезону 2024 р. було виявлено 43 види водоростей, які належали до 25 родин з 3 відділів, представлених переважно *Bacillariophyta* – 86% (див. рис. 5.9).

При аналізі флористичного спектра літнього мікрофітобентосу лотичної екосистеми у міжрічному аспекті спостерігається така зміна: 2023 р. – Bacillariophyta, Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, 2024 р. – Bacillariophyta (див. рис. 5.7, 5.9).

Влітку 2024 р. мікрофітобентос лентичної екосистеми за чисельністю та біомасою характеризувався Cyanobacteria (99,6% та 89,0%), що було пов'язано з домінуванням *Anagnostidinema amphibium* (77,2% та 60,5%), *Limnothrix planctonica* (14,7% та 16,1%), *Anabaenopsis raciborskii* (5,3% та 10,4%) відповідно, чисельність альгоугруповання складала 85910,0 тис. кл/10 см², біомаса – 2,19 мг/10 см².

У лотичній екосистемі літній мікрофітобентос 2024 р. за чисельністю (667,2 тис. кл/10 см²) формувалася Bacillariophyta (55%) та Cyanobacteria (42%), за біомасою (0,418 мг/10 см²) – Bacillariophyta (91%). Домінуючий комплекс альгоугруповання представлений такими видами за чисельністю: *Staurosira construens* (24,2%), *Anagnostidinema amphibium* (15,6%), *Oscillatoria tenuis* (14,4%), *Merismopedia tenuissima* (7,7%), *Melosira varians* (6,7%); за біомасою: *Melosira varians* (37,1%), *Surirella librile* (13,0%), *Oscillatoria tenuis* (6,5%), *Amphora libyca* (5,7%).

Таким чином, у міжрічному аспекті за показниками рясності та домінуючого комплексу мікрофітобентосу у лентичній екосистемі спостерігалась така зміна: 2023 р. – Cyanobacteria – Bacillariophyta, 2024 р. – Cyanobacteria; у лотичній – 2023 р. – Cyanobacteria – Bacillariophyta, 2024 р. – Bacillariophyta – Cyanobacteria.

Осінній період оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища

Особливості формування мікрофітобентосу у пізньоосінній період пов'язані з епіфітними альгоугрупованнями, коли вегетація ВВР закінчується. За результатами досліджень у цей період 2023 р. у мікрофітобентосі літоралі лентичної екосистеми ідентифіковано 132 види (136 ввт), які відносились до 44 родин з 7 відділів, серед відділів провідна роль у видовому багатстві належала

Bacillariophyta – 54%, дещо менша Chlorophyta – 27%. (рис. 5.10). Мікрофітобентос літоралі лотичної екосистеми представлений 136 видами (140 ввт), які відносились до 41 родини з 6 відділів та характеризувалися переважно Bacillariophyta – 84% (рис. 5.10).

У альгоугрупованні водойми осіннього сезону 2024 р. було ідентифіковано 129 видів (132 ввт) водоростей з 8 відділів, найбільшу частку флористичного спектра складала: Bacillariophyta – 44% та Chlorophyta – 32% (рис. 5.10). У мікрофітобентосі літоралі водотоку осіннього сезону 2024 р. було встановлен 68 видів (70 ввт) водоростей з 4 відділів, які характеризувалися переважно: Bacillariophyta – 67%, Chlorophyta – 14 % і Cyanobacteria – 12 % (рис. 5.10).

При аналізі флористичного спектра осіннього мікрофітобентосу лентичної екосистеми у міжрічному аспекті зберігається така послідовність: Bacillariophyta – Chlorophyta, лотичної екосистеми – спостерігається така зміна провідних відділів: 2023 р. – Bacillariophyta, 2024 р. – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria (рис. 5.10).

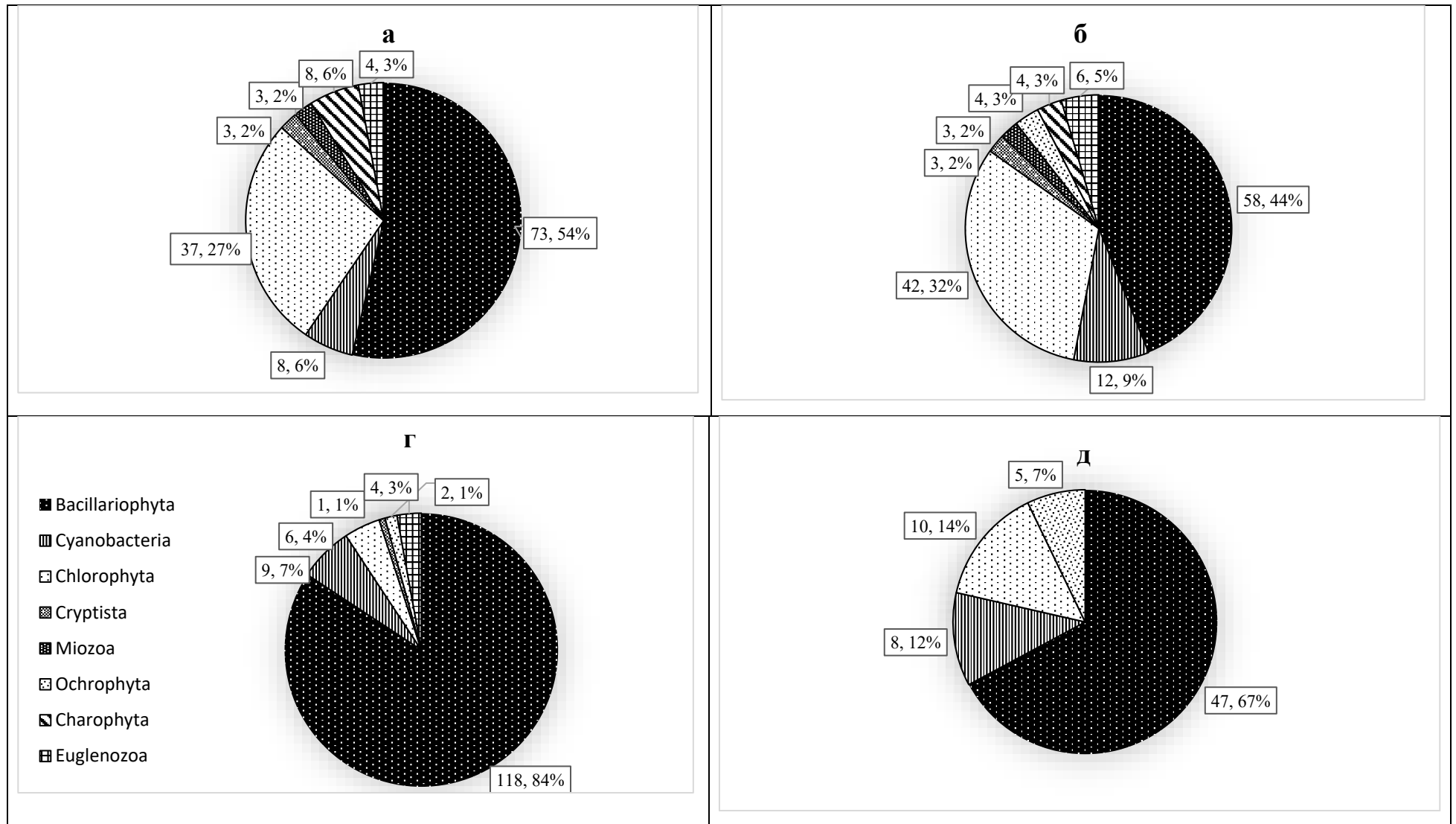


Рис. 5.10. Таксономічний склад (ввт) та флористичний спектр (%) мікрофітобентосу осіннього сезону водойми: 2023 р. (а), 2024 р. (б) та водотоку: 2023 р. (г), 2024 р. (д).

У пізньоосінній період 2023 р. чисельність мікрофітобентосу складала 15668,0 тис. кл/10 см² та формувалася комплексом Cyanobacteria (70%) і Bacillariophyta (22%), біомаса – 2,66 мг/10 см² в основному Bacillariophyta (68%) та Cyanobacteria (11%). Альгоугруповання літоралі лентичної водної екосистеми у цей період характеризувалося такими домінуючими видами за чисельністю: *Limnothrix redekei* (41,5%), *Planktothrix agardhii* (17,9%); за біомасою: *Amphora sp.* (13,1%), *Limnothrix redekei* (8,3%), *Gomphonema micropus* (7,8%), *Fragilaria crotonensis* (5,5%). Протягом осіннього періода 2023 р. домінуючий комплекс змінювався і був представлений ще такими видами: *Anagnostidinema amphibium*, *Limnothrix planctonica*, *Ulnaria acus*, *Stigeoclonium fasciculare var. glomeratum*, *Ceratium hirundinella*. За чисельністю домінуючий комплекс формувався Cyanobacteria; за біомасою змінювався у такій послідовності: Miozoa – Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, Bacillariophyta – Cyanobacteria.

У лотичній екосистемі у пізньоосінній період 2023 р. чисельність мікрофітобентосу складала 55177,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася Cyanobacteria (88%) і Bacillariophyta (12%); біомаса – 6,664 мг/10 см² переважно Bacillariophyta (63%) та Cyanobacteria (32%). Альгоугруповання літоралі лотичної екосистеми формував такий комплекс домінуючих видів за чисельністю: *Microcystis pulverea* (83,1%); за біомасою: *Aphanizomenon flos-aquae* (21,0%), *Microcystis pulverea* (9,6%), *Hippodonta capitata* (6,8%).

Чисельність мікрофітобентосу лентичної екосистеми осіннього сезону 2024 р. складала 17866,0 тис. кл/10 см² та характеризувалася Bacillariophyta (56%), Cyanobacteria (21%), Chlorophyta (19%); біомаса – 5,27 мг/10 см² переважно Bacillariophyta (59%) та Chlorophyta (20%). Альгоугруповання літоралі водойми осіннього сезону 2024 р. формував такий комплекс домінуючих видів за чисельністю: *Gogorevia heterovalva* (10,8%), дрібні діатомові центричні (7,1%), *Platessa conspicua* (6,5%); за біомасою: *Ulnaria amphirhynchus* (7,1%), *Gogorevia heterovalva* (6,0%), *Nitzschia palea var. capitata* (5,1%).

У лотичній екосистемі чисельність мікрофітобентосу осіннього сезону 2024 р. складала 112181,0 тис. кл/10 см² та формувалася Cyanobacteria (98%);

біомаса – 2,52 мг/10 см² в основному: Cyanobacteria (63%), Bacillariophyta (20%), Chlorophyta (17%). За чисельністю домінуючий комплекс характеризувався *Microcystis pulverea* (97,3%); за біомасою: *Microcystis pulverea* (60,8%), *Lemmermannia triangularis* (15,6%).

Так, при аналізі показників рясності осіннього мікрофітобентосу у міжрічному аспекті спостерігалось наступне: у лентичній екосистемі у 2023 р. переважали представники Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta, у 2024 р. Bacillariophyta – Cyanobacteria – Chlorophyta, у лотичній – Cyanobacteria – Bacillariophyta та Cyanobacteria – Bacillariophyta – Chlorophyta відповідно.

Отже, особливості формування мікрофітобентосу водойми та водотоку пов'язані з сезонними чинниками, внутрішньоводоймними процесами, кількісними та якісними показниками фітопланктону і фітоепіфітону, з періодами вегетації ВВР. У міжрічному аспекті спостерігається тенденція до зменшення ролі структуроутворюючого виду мікрофітобентосу оз. Вербне – *Limnothrix redekei*, натомість для руслової ділянки Канівського водосховища характерним було домінування *Microcystis pulverea*.

5.6. Сапробіологічна характеристика якості води за мікрофітобентосом

Дослідження кількісних показників розвитку мікрофітобентосу водних екосистем урбанізованих територій є актуальним завданням оскільки на їхній основі може бути охарактеризований еколого-санітарний стан водних екосистем (у тому числі їх трофо-сапробіологічний статус) [28].

За період спостережень 2023–2025 рр. розраховано індекси сапробності за чисельністю та за біомасою мікрофітобентосу літоралі лотичної та лентичної екосистем (табл. 5.4).

Характеристика лентичної та лотичної водних екосистем
за показниками сапробності

Лентична		Лотична	
β'' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
за чисельністю	за біомасою	за чисельністю	за біомасою
2,168 $\pm$ 0,052	2,096 $\pm$ 0,054	1,528 $\pm$ 0,049	1,837 $\pm$ 0,04
β'' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні

Примітка: середнє значення показника

Сапробіологічна оцінка якості водного середовища показала, що у лентичній екосистемі індекс сапробності за чисельністю (S_N) мікрофітобентосу змінювався у межах 1,688–2,409, що відповідало β' - та β'' - мезосапробній зоні, за біомасою (S_B) – 1,606–2,312, що також відповідало β' - та β'' - мезосапробній зоні. У лотичній екосистемі – S_N змінювався в межах 1,492–2,007, що відповідало α -олігосапробній та β' - мезосапробній зоні, S_B – 1,672–2,203, β' - та β'' - мезосапробній зоні відповідно.

Зростання показників S_N та S_B було встановлено у водоймі – влітку 2024 р., а у водотоці S_N – у червні 2023 р. та S_B – у лютому 2025 р.

Варто відзначити, що результати досліджень 2023–2025 рр. узгоджуються з ретроспективним аналізом літературних джерел [28, 30].

Так, дослідження, проведені восени 2022 р. на оз. Вербне, показали, що у порівнянні з 2017 р. кількісні показники розвитку мікрофітобентосу змінились. Зокрема, в альгоугрупованнях на дні водойми зросла кількість видів водоростей з 39 до 48, а також показники чисельності – з 2 059 до 10 370 тис. кл/10 см² та біомаси – від 0,21 до 4,54 мг/10 см². Величина індексу сапробності розрахованого за мікрофітобентосом досягала 2,28 та була дещо вища, ніж раніше [28].

Дослідження індикаторних показників мікрофітобентосу руслової ділянки Канівського водосховища восени 2022 р. дозволили виявити наступне: кількість видів, які були ідентифіковані на дні, становила – 49, чисельність – 6847 тис.кл/10 см², біомаса – 2,26 мг/10 см², величина індексу сапробності за

чисельністю та біомасою не перевищувала 1,95–1,97 відповідно, що притаманно β' -мезосапробній зоні [30].

Дослідження кількісних показників розвитку мікрофітобентосу водойми та величин індексу сапробності дозволили встановити, що у міжрічному аспекті, стан водної екосистеми: клас якості вод III, категорія якості вод – 4, сапробність – β'' -мезосапробні, трофність – евтрофна. Отримані результати вказують, що на річковій ділянці Канівського водосховища у період досліджень клас якості вод відповідав – II, категорія якості вод – 3, сапробність – β -мезосапробні (β' -мезосапробні), трофність (переважаючий тип) – мезотрофні (мезоевтрофні).

Таким чином, проведена характеристика таксономічного складу, чисельності, біомаси, домінуючого комплексу у сезонному та міжрічному (2023–2025 рр.) аспекті підтвердила, що мікрофітобентос лотичних та лентичних екосистем відрізняється своєрідністю. Зокрема, альгоугруповання водойми та водотоку за таксономічним багатством представлені комплексом – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria, але для мікрофітобентосу лентичної екосистеми характерним було переважання представників Bacillariophyta – Chlorophyta, у той час як для лотичної – Bacillariophyta.

У лентичній та у лотичній екосистемах провідна роль у формуванні чисельності належить Cyanobacteria, біомаси – Bacillariophyta. Відповідно домінуючі види (домінанти, субдомінанти) мікрофітобентосу озера та водотоку були представлені комплексом Cyanobacteria – Bacillariophyta.

За час досліджень у структурі домінуючого комплексу мікрофітобентосу лентичної екосистеми відбулися певні зміни: поступове зменшення ролі *Limnotherix redekei*, водночас у лотичній екосистемі постійно переважав в усі сезони *Microcystis pulverea*.

За сапробіологічною характеристикою якості водного середовища озеро і водотік відповідають III і II класам якості вод відповідно. Амплітуда коливань індексів сапробності у водоймі (S_N 1,69–2,41 і S_B 1,61–2,31) і у водотоці (S_N 1,49–2,01 і S_B 1,67–2,20) вказує загалом на помірне органічне забруднення водних об'єктів.

РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ФІТОПЛАНКТОНУ, МІКРОФІТОБЕНТОСУ, ФІТОЕПІФІТОНУ ЛЕНТИЧНИХ І ЛОТИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ

6.1. Характеристика взаємозв'язків на різних щаблях таксономічного складу

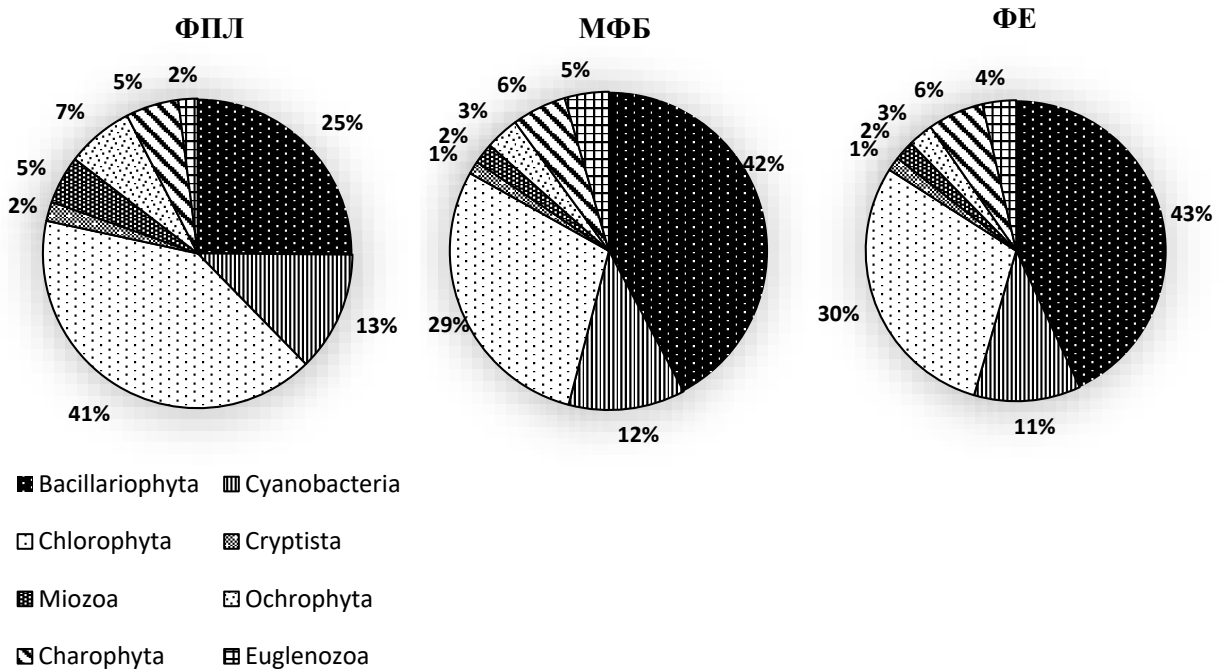
Комплексне дослідження складових альгоугруповань (фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону) показало, що оз. Вербне представлено 462 видами (482 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 53 порядків, 92 родин і 197 родів, з них 142 – це спільні ввт вивчених екологічних груп водоростей. У русловій ділянці Канівського водосховища ідентифіковано 401 вид (416 ввт), які відносяться до 8 відділів, 19 класів, 49 порядків, 83 родин і 170 родів, спільними з яких є 101 ввт (рис. 6.1). У різнотипних водних екосистемах серед альгоугруповань найбільшою кількістю видів представлений мікрофітобентос, так у водоймі – 363 видами (379 ввт) в основному Bacillariophyta та Chlorophyta, а у водотоці – 310 видами (321 ввт) переважно Bacillariophyta.

Фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон водойми та водотоку за таксономічним багатством характеризувалися комплексом – Bacillariophyta – Chlorophyta – Cyanobacteria. Однією із важливих особливостей структури угруповань було співвідношення Bacillariophyta : Chlorophyta з переважанням у фітопланктоні водойми частки Chlorophyta до 41%, у водотоці – Bacillariophyta до 36%. Своєрідність видового складу альгоугруповань різнотипних водних екосистем визначалась тим, що у водоймі флористична структура формувалася переважно Bacillariophyta (фітопланктон – 25%, мікрофітобентос – 42%, фітоепіфітон – 43% відповідно) і Chlorophyta (41%, 29%, 30% відповідно), а у водотоці – Bacillariophyta (36%, 61%, 60% відповідно).

Встановлено, що у лентичній екосистемі фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон характеризувалися практично однаковою кількістю ввт Cryptista (4;5;5 відповідно); фітопланктон, мікрофітобентос – Ochrophyta (14;13 відповідно); мікрофітобентос, фітоепіфітон – ввт Miozoa (8;7) та Charophyta (21;20) відповідно. У лотичній екосистемі фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон представлені

практично однаковою кількістю ввт Cryptista (1;3;2 відповідно); фітопланктон, мікрофітобентос – Miozoa (5;4) та Ochrophyta (19;17) відповідно, мікрофітобентос, фітоепіфітон – Cyanobacteria (30;29 відповідно)

а



б

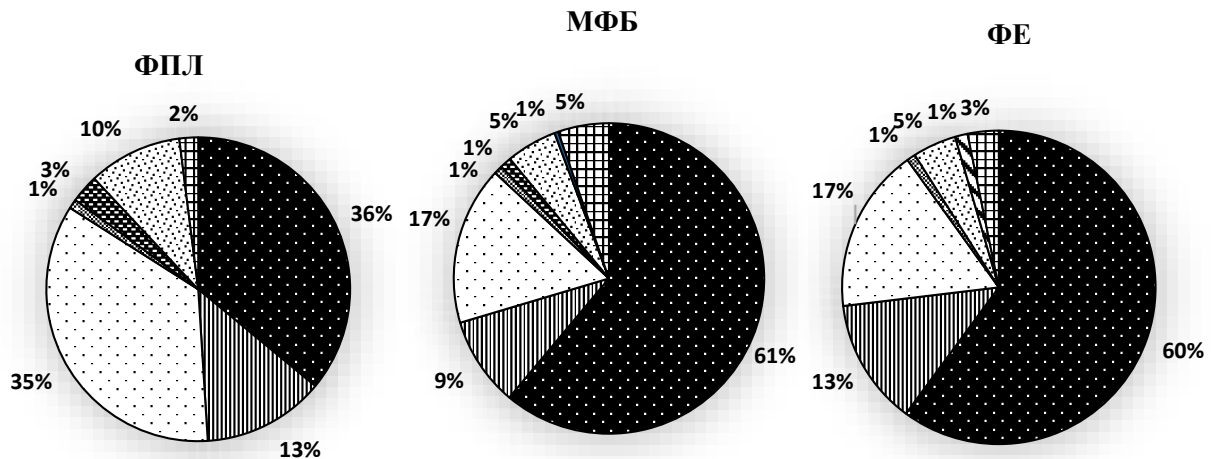


Рис. 6.1. Флористичний спектр (%) фітопланктону (ФПЛ), мікрофітобентосу (МФБ), фітоепіфітону (ФЕ) оз. Вербне (а) та руслової ділянки Канівського водосховища (б).

Доведено своєрідність видового складу альгоугруповань лентичної та лотичної екосистем, що визначається спільними видами планктону, бентосу, епіфітону. Більш різноманітно за видовим складом (462 видами (482 ввт), за кількістю спільних видів (142 ввт) представлених 8 відділами характеризувалися альгоугруповання лентичної екосистеми. Незалежно від типу водної екосистеми мікрофітобентос та фітоепіфітон є більш подібними за таксономічним складом, ніж з фітопланктоном. Так, мікрофітобентос і фітоепіфітон у водоймі характеризувалися Bacillariophyta (42–43%), Chlorophyta (29–30%), у водотоці (60–61% і 17% відповідно) (рис. 6.1).

Важливою особливістю фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі було те, що вони представлені більш різноманітно відділами, частки видів яких складали від 1–10% (Cryptista, Miozoa, Charophyta, Ochrophyta, Euglenozoa), у той час, як у водотоці – в основному Ochrophyta Cryptista, Euglenozoa.

Ця характерна особливість чітко прослідковується при дослідженні видового складу спільних видів (рис. 6.2).

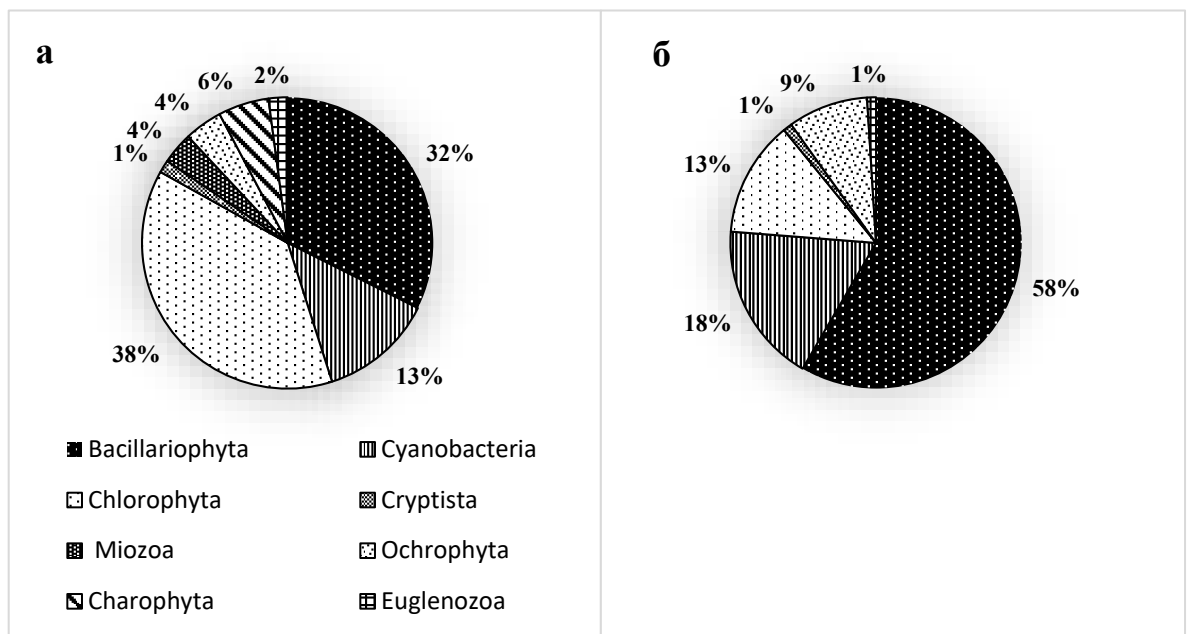


Рис. 6.2. Флористичний спектр (%) спільних видів фітопланктону (ФПЛ), мікрофітобентосу (МФБ), фітоепіфітону (ФЕ) оз. Вербне (а) та руслової ділянки Канівського водосховища (б).

Зокрема, флористичний спектр спільних видів водойми представлений переважно Chlorophyta – Bacillariophyta, натомість водотоку – в основному Bacillariophyta.

Отже, подібність таксономічного складу фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону є характерною ознакою структурних взаємозв'язки між цими угрупованнями.

Аналіз таксономічного складу спільних видів трьох альгоугруповань у сезонному аспекті показав наступне (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Сезонна динаміка спільних видів фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону (2023–2025 рр.)

Водна екосистема	Оз. Вербне					Руслова ділянка Канівського водосховища				
	Весна	Літо	Осінь	Зима	Спільні види	Весна	Літо	Осінь	Зима	Спільні види
Cyanobacteria	<u>7</u> 18,0	<u>11</u> 18,3	<u>8</u> 23,5	<u>4</u> 10,8	<u>4</u> 50,0	<u>1</u> 9,1	<u>9</u> 18,0	<u>5</u> 62,5	<u>1</u> 2,8	<u>1</u> 50,0
Bacillariophyta	<u>18</u> 46,2	<u>8</u> 13,3	<u>3</u> 8,8	<u>23</u> 62,2	<u>0</u> 0	<u>7</u> 63,6	<u>32</u> 64,0	<u>2</u> 25,0	<u>30</u> 83,3	<u>0</u> 0
Cryptista	<u>1</u> 2,6	<u>2</u> 3,3	<u>2</u> 5,9	<u>1</u> 2,7	<u>1</u> 12,5	<u>1</u> 9,1	<u>1</u> 2,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Miozoa	<u>0</u> 0	<u>2</u> 3,3	<u>0</u> 0	<u>1</u> 2,7	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Ochrophyta	<u>2</u> 5,1	<u>2</u> 3,3	<u>0</u> 0	<u>1</u> 2,7	<u>0</u> 0	<u>2</u> 18,2	<u>2</u> 4,0	<u>1</u> 12,5	<u>5</u> 13,9	<u>1</u> 50,0
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>5</u> 8,3	<u>1</u> 2,9	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Chlorophyta	<u>9</u> 23,1	<u>29</u> 48,3	<u>17</u> 50,0	<u>6</u> 16,2	<u>3</u> 37,5	<u>0</u> 0	<u>6</u> 12,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Euglenozoa	<u>2</u> 5,1	<u>1</u> 1,7	<u>3</u> 8,8	<u>1</u> 2,7	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Всього	<u>39</u> 100,0	<u>60</u> 100,0	<u>34</u> 100,0	<u>37</u> 100,0	<u>8</u> 100,0	<u>11</u> 100,0	<u>50</u> 100,0	<u>8</u> 100,0	<u>36</u> 100,0	<u>2</u> 100,0

Примітка. Над рискою – кількість ввт, під рискою – відсоток від загальної кількості ввт.

В осінньо-весняний період озеро було представлено приблизно однаковою кількістю спільних видів (34–39 ввт), а у водотоці вона коливалась у межах 8–36 (ввт). Найбільша кількість таких видів була ідентифікована влітку як у водоймі (60 ввт), так і у водотоці (50 ввт). Особливістю лентичної екосистеми було те, що вона характеризувалася більшою кількістю спільних видів, які були представлені більшою кількістю відділів в усі сезони. Аналіз сезонної динаміки таких видів показав, що спільні види трьох альгоугруповань у різні сезони можуть бути різними, тобто залежать від абіотичних чинників. Найбільша кількість спільних видів для всіх сезонів встановлена в оз. Вербне (див. табл. 6.1).

Проведено детальну характеристику сезонної динаміки спільних видів фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища за період 2023–2025 рр. (табл. 6.2, 6.3). Що дозволило встановити наступне: зимові умови (спостерігалися у січні–лютому 2025 р.) впливають на збільшення спільних видів Bacillariophyta, і завдяки цьому збільшується загальна кількість спільних видів угруповань у цей період як у водоймі, так і у водотоці; у зимовий період виявлено зменшення таких представників як Cyanobacteria, Chlorophyta; найбільша кількість спільних видів встановлена влітку, що відносилися до Cyanobacteria. Також, окрім 1–2 видів Cyanobacteria, які є постійно спільними для альгоугруповань досліджуваних водних екосистем, спільність інших видів залежить від сезону, дії абіотичних чинників: для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону оз. Вербне такими були 2 види, а саме *Limnothrix redekei* та *Planktothrix agardhii*, до літа 2024 р. після відбулися певні зміни у видовому складі, для альгоугруповань водотоку – *Microcystis pulverea*, який був спільними для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону водної екосистеми у всі сезони, але влітку 2024 не виявлений на дні.

Характеристика флористичного спектра спільних видів альгоугруповань у різні сезони показала наступне (рис. 6.3).

Таблиця 6.2

Характеристика сезонної динаміки спільних видів оз. Вербне (2023–2025 рр.)

Відділи / сезони	2023				2024				2025	
	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь	зима	зима	весна
Суанобacteria	<u>4,0</u> 40,0	<u>6,0</u> 46,2	<u>3,0</u> 30,0	<u>2,0</u> 66,7	<u>4,0</u> 50,0	<u>6,0</u> 46,2	<u>3,0</u> 14,3	<u>2,0</u> 22,2	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 8,3
Bacillariophyta	<u>6,0</u> 60,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 7,7	<u>3,0</u> 14,3	<u>5,0</u> 55,6	<u>10,0</u> 76,9	<u>8,0</u> 66,7
Cryptista	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 7,7	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,0</u> 9,5	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Miozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 7,7	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 7,7	<u>0</u> 0
Ochrophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 12,5	<u>2,0</u> 15,4	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 11,1	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 10,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 7,7	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Chlorophyta	<u>0</u> 0	<u>6,0</u> 46,2	<u>4,0</u> 40,0	<u>1,0</u> 33,3	<u>2,0</u> 25,0	<u>2,0</u> 15,4	<u>11,0</u> 52,4	<u>1,0</u> 11,1	<u>2,0</u> 15,4	<u>3,0</u> 25,0
Euglenozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,0</u> 20,0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 12,5	<u>0</u> 0	<u>2,0</u> 9,5	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Всього	<u>10,0</u> 100,0	<u>13,0</u> 100,0	<u>10,0</u> 100,0	<u>3,0</u> 100,0	<u>8,0</u> 100,0	<u>13,0</u> 100,0	<u>21,0</u> 100,0	<u>9,0</u> 100,0	<u>13,0</u> 100,0	<u>12,0</u> 100,0

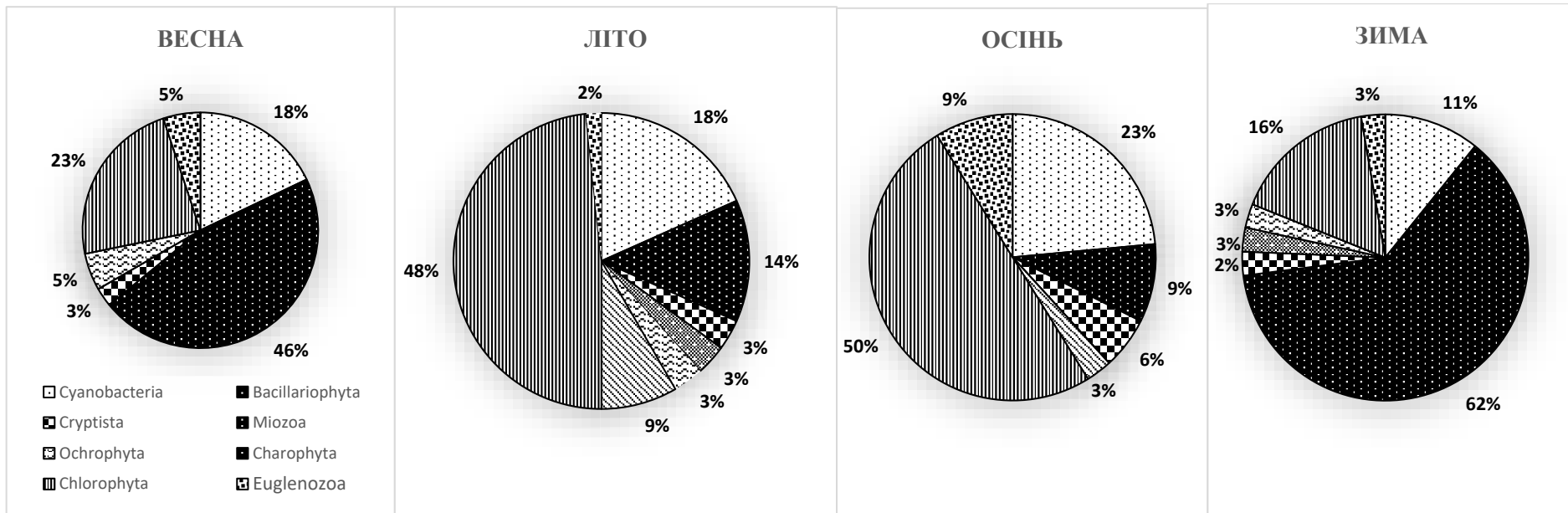
Примітка. Над рискою – кількість ввт, під рискою – відсоток від загальної кількості спільних ввт.

Характеристика сезонної динаміки спільних видів
руслової ділянки Канівського водосховища (2023–2025 рр.)

Відділи / сезони	2023			2024				2025	
	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь	зима	зима	весна
Суанобacteria	<u>5,0</u> 23,8	<u>2,0</u> 100,0	<u>1,0</u> 25,0	<u>1,0</u> 50,0	<u>0</u> 0	<u>3,0</u> 60,0	<u>1,0</u> 50,0	<u>1,0</u> 5,9	<u>1,0</u> 14,3
Bacillariophyta	<u>15,0</u> 71,4	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 25,0	<u>0</u> 0	<u>6,0</u> 100,0	<u>1,0</u> 20,0	<u>1,0</u> 50,0	<u>16,0</u> 94,1	<u>5,0</u> 71,4
Cryptista	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Miozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Ochrophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,0</u> 50,0	<u>1,0</u> 50,0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 20,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,0</u> 14,3
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Chlorophyta	<u>1,0</u> 4,8	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Euglenozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Всього	<u>21,0</u> 100,0	<u>2,0</u> 100,0	<u>4,0</u> 100,0	<u>2,0</u> 100,0	<u>6,0</u> 100,0	<u>5,0</u> 100,0	<u>2,0</u> 100,0	<u>17,0</u> 100,0	<u>7,0</u> 100,0

Примітка. Над рискою – кількість ввт, під рискою – відсоток від загальної кількості спільних ввт.

а)



б)

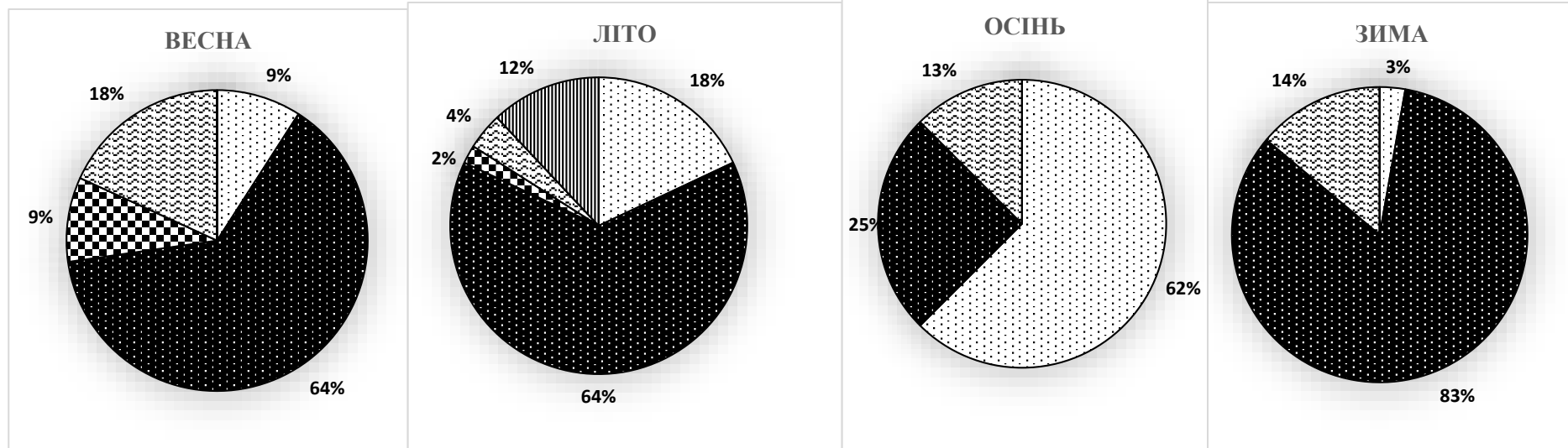


Рис.6.3. Флористичний спектр (%) спільних видів оз. Вербне (а) та руслової ділянки Канівського водосховища (б) у різні сезони (2023–2025 рр.)

Аналіз флористичного спектра спільних видів оз. Вербне показав, що у літньо-осінній період найбільшу частку видів складають Chlorophyta (48%–50%), у зимово-весняний – Bacillariophyta (62%–46%). Натомість спільні види руслової ділянки Канівського водосховища в зимово-літній період були представлені в основному Bacillariophyta, і тільки восени значно зростала частка Cyanobacteria (62%).

Доведено, що в зимовий період суттєво зменшується частка спільних теплолюбних видів з Cyanobacteria, Chlorophyta, та збільшується частка видів Bacillariophyta, які є більш витривалими до низьких температур [8, 109].

6.2. Характеристика взаємозв'язків за показниками рясності

Встановлені величини показників рясності (чисельність і біомаса) та структура альгоугруповань за цими показниками на рівні відділів характеризують основні закономірності формування взаємозв'язків між водоростями у лентичній та у лотичній екосистемах. Чисельність і біомаса фітопланктону та фітоепіфітону у водоймі були вищі, ніж у водотоку. Фітопланктон за кількісними показниками розвитку переважав серед альгоугруповань, його чисельність у озері коливалась у межах 2157,0–1817456,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,60–66,86 мг/дм³, у русловій ділянці – 12654,0–571734,0 тис. кл/дм³, 0,37–61,80 мг/дм³ відповідно. Чисельність фітоепіфітону у водоймі змінювалась у межах 457,2–33154,0 тис. кл/10 см², біомаса – 0,05–55,32 мг/10 см², у водотоці – 50,4–20833,0 тис. кл/10 см², 0,06–12,14 мг/10 см² відповідно. Натомість мікрофітобентос лентичної екосистеми характеризувався більшими показниками біомаси – 0,20–28,21 мг/10 см², а лотичної – чисельності (667,2–112181,0 тис. кл/10 см²).

Характеристика структури фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю та біомасою (рис. 6.4).

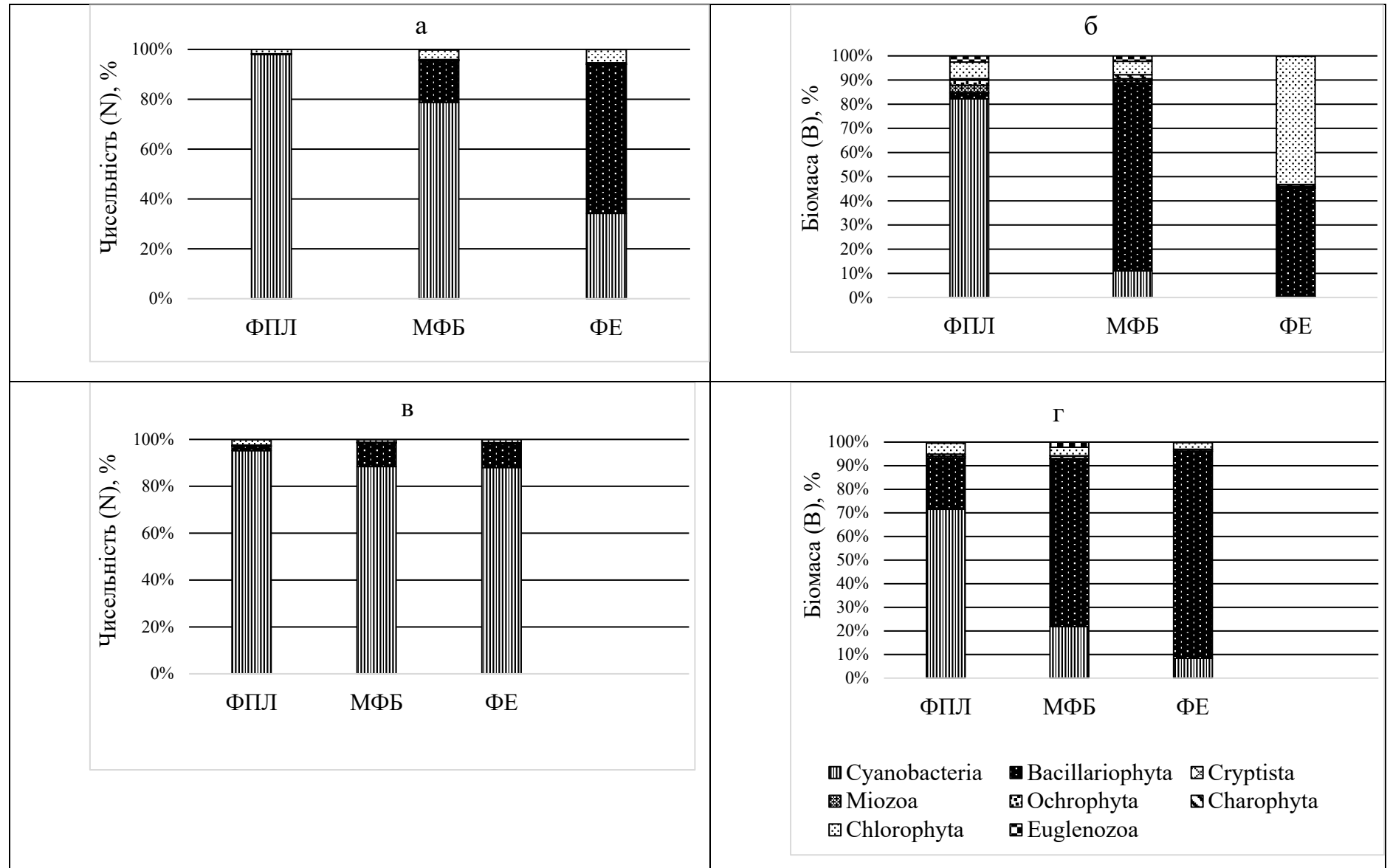


Рис. 6.4. Показники рясності (N, B, %) фітопланктону (ФПЛ), мікрофітобентосу (МФБ), фітоепіфітону (ФЕ) лентичної (а), (б) та лотичної (в) та (г) екосистем.

У лентичній екосистемі структура угруповань за показниками рясності була представлена переважно такими відділами: фітопланктон – Cyanobacteria і Chlorophyta, фітоепіфітон – Bacillariophyta (чисельність), Chlorophyta і Bacillariophyta (біомаса), мікрофітобентос – Cyanobacteria і Bacillariophyta. У лотичній екосистемі угруповання за кількісними показниками формувалися: фітопланктон – Cyanobacteria і Bacillariophyta, фітоепіфітон – Cyanobacteria і Bacillariophyta (чисельність), Bacillariophyta (біомаса), мікрофітобентос – Cyanobacteria і Bacillariophyta (див. рис. 6.4).

Показники рясності характеризують структуру угруповань, формування взаємозв'язків між водоростями різних екологічних груп у водоймі та у водотоці. Так, у лентичній екосистемі структура угруповань за кількісними показниками формується переважно Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, а у лотичній – Cyanobacteria, Bacillariophyta.

6.3. Встановлення взаємозв'язків на рівні домінуючого комплексу

Проведений аналіз складу домінуючих комплексів фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону, за чисельністю та біомасою, дозволив встановити наявність *спільних домінуючих видів* водоростей у водоймі та у водотоці.

Водночас показано (табл. 6.4), що особливістю формування альгоугруповань літоралі водотоку є домінування *Microcystis pulverea* за показниками чисельності, а також спостерігається тенденція домінування і за показниками біомаси.

Таблиця 6.4

Спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю (N) та біомасою (B) руслової ділянки Канівського водосховища (2023–2025 рр.)

№	Екологічні групи водоростей	Види	Зв'язок	% від загальн N	% від загальн B
1	ФПЛ	<i>Microcystis pulverea</i>	1,2,3	64,8	13,8
2	ФЕ	<i>Microcystis pulverea</i>	1,2,3	82,9	7,3
		<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	0,9	9,8
		<i>Melosira varians</i>	2,3	0,4	8,5
3	МФБ	<i>Microcystis pulverea</i>	1,2,3	85,4	15,0
		<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	0,7	13,4
		<i>Melosira varians</i>	2,3	0,2	7,5

Наявність спільних видів між альгоугрупованнями пояснює взаємозв'язки між ними, так планктонний вид [194] *Microcystis pulverea* під впливом таких чинників, як течія, нагон, підвищення рівня води, може осідати на ВВР і завдяки наявності слизу залишатися серед резидентних – перифітонтів та алохтонних – бентонтів і планктонтів та входить до складу фітоепіфітону. Також може осідати на дно або, після закінчення «вегетаційного періоду», з іншими водоростями з фітоепіфітону входить до складу мікрофітобентосу.

Спільними видами для контурних альгоугруповань, таких як мікрофітобентос та фітоепіфітон, водотоку були літоральний вид [120,194] *Fragilaria fragilarioides* та *Melosira varians*, який може потрапляти до епіфітону, під час скаламучування м'якого субстрату.

Якщо у домінуючих комплексах альгоугруповань лотичної екосистеми за час досліджень особливих змін не відбулося, то у лентичній – встановлені певні зміни (рис. 6.5, 6.6) та чітко прослідковуються взаємозв'язки між різними екологічними групами водоростей.

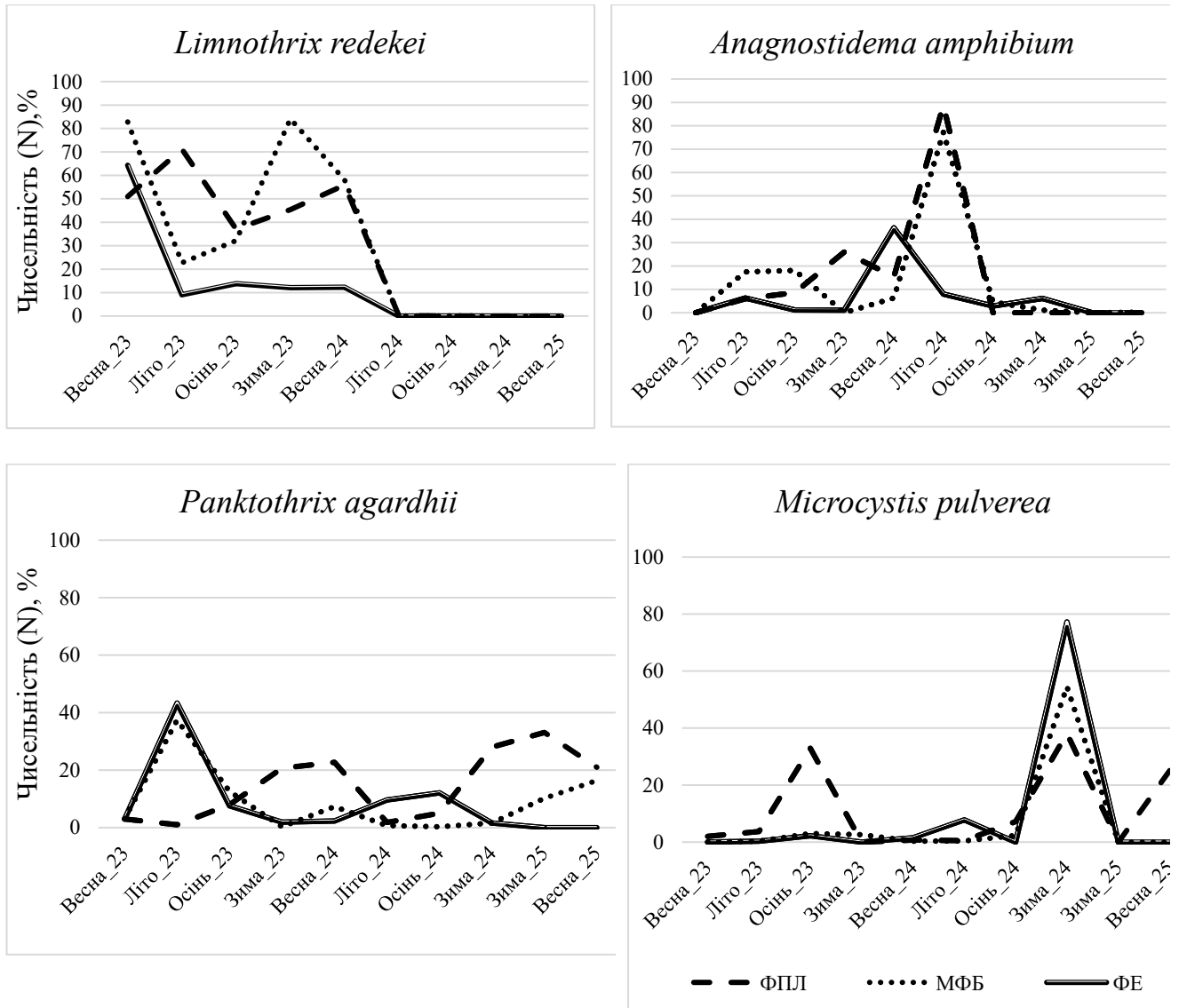


Рис. 6.5. Сезонна динаміка чисельності (N, %) спільних видів домінуючого комплексу альгоугруповань лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (а), *Anagnostidinema amphibium* (б), *Planktothrix agardhii* (в), *Microcystis pulvereae* (г).

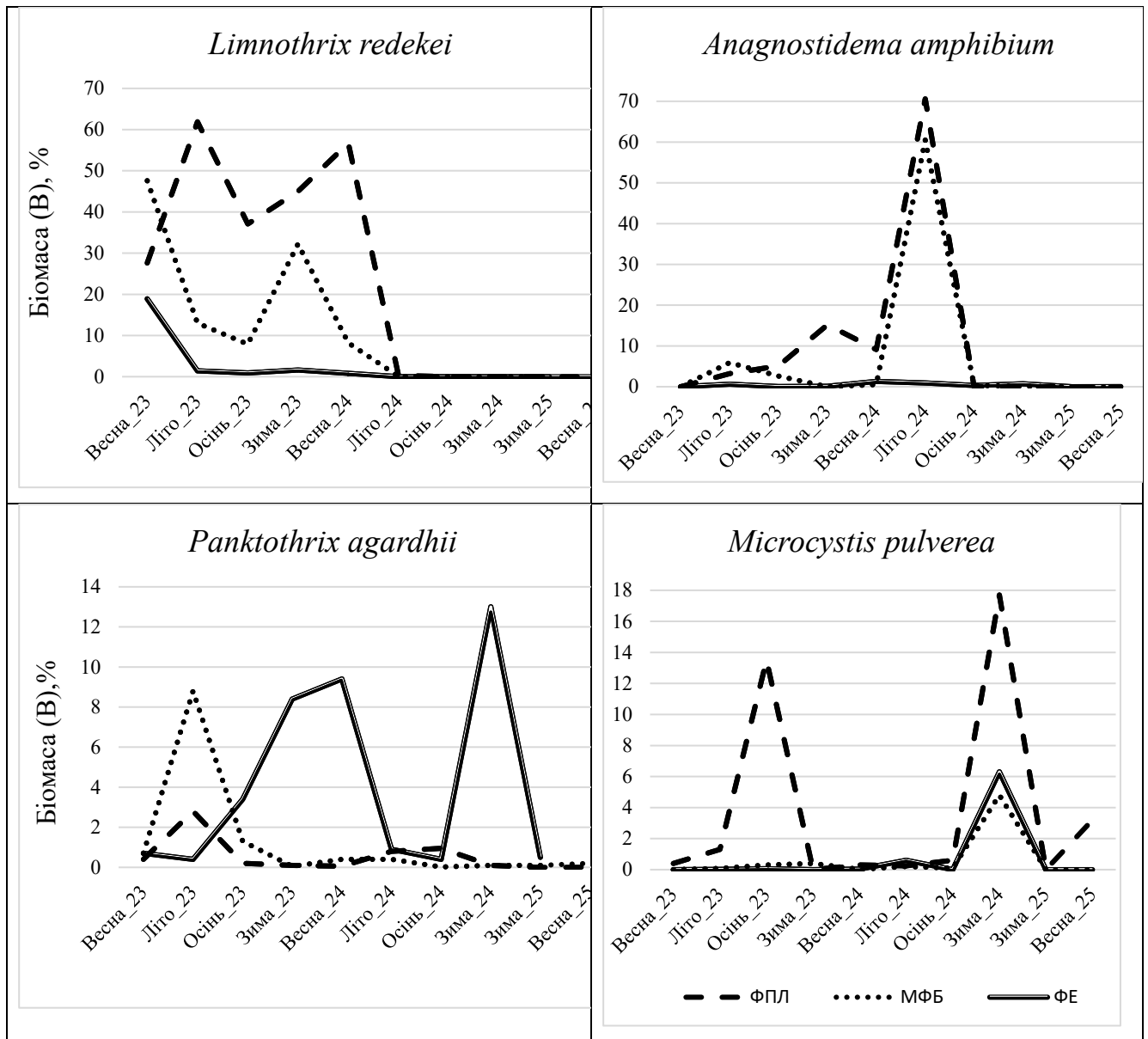


Рис. 6.6. Сезонна динаміка біомаси (В, %) спільних видів домінуючого комплексу альгоугруповань лентичної водної екосистеми: *Limnothrix redekei* (а), *Anagnostidema amphibium* (б), *Planktothrix agardhii* (в), *Microcystis pulverea* (г).

Спостерігається чітко виражена сезонна динаміка *Limnothrix redekei* та *Planktothrix agardhii* як за чисельністю, так і за біомасою. У весняно-осінній сезон *Limnothrix redekei* мігрує до водної товщі та поповнює склад фітопланктону, у осінньо-весняний осідає на дно та входить до складу мікрофітобентосу, також осідає на ВВР та може залишатися разом з перифітонтами. *Planktothrix agardhii* в осінньо-весняний період збільшує показники біомаси фітоепіфітону, у весняно-

осінній – чисельності. За показниками чисельності прослідковується взаємозв’язок між фітопланктоном та фітоепіфітоном, так у осінньо-весняний період *Planktothrix agardhii* надходить до водної товщі, у весняно-осінній поповнює фітоепіфітон.

Влітку 2023 р. окрім *Limnothrix redekei*, спільним домінуючим видом для всіх альгоугруповань був *Anagnostidinema amphibium*, для фітоепіфітону та мікрофітобентосу – *Planktothrix agardhii*, восени – для всіх альгоугруповань був *Planktothrix agardhii*, для фітопланктону та мікрофітобентосу – *Anagnostidinema amphibium*.

Протягом 2023 р. і до літа 2024 р. *Limnothrix redekei* (у фаховій літературі визначений, як планктонно-бентосна форма [4, 66], факультативний бентонт, бентосно-планктонна форма [194]) відігравав вагомий роль в альгоугрупованнях оз. Вербне, як за показниками чисельності, так і біомаси, та входив до складу домінуючих комплексів усіх трьох екологічних груп водоростей.

Літо 2024 р. відрізнялось від попередніх років досліджень більш високими показниками температури води, яка протрималася певний проміжок часу, що і вплинуло на структуру домінуючого комплексу альгоугруповань. Так, влітку 2024 р. та надалі *Limnothrix redekei* не входить до складу домінуючого комплексу. У цей період переважно домінує *Anagnostidinema amphibium*, окрім цього спільного виду для всіх альгоугруповань, для фітопланктону та мікрофітобентосу був *Anabaenopsis raciborskii*, фітоепіфітону та мікрофітобентосу – *Limnothrix planctonica*, планктонний вид [4, 66, 194], який разом з бентонтами та перифітонтами входить до складу фітоепіфітону та мікрофітобентосу.

Восени 2024 р. спільні домінуючі види для всіх трьох альгоугруповань не встановлені, але до складу домінуючого комплексу мікрофітобентосу та фітоепіфітону входили дрібні центричні діатомові та *Nitzschia palea* var. *capitata*, фітопланктону та фітоепіфітону – *Planktothrix agardhii*.

У грудні 2024 р. спостерігалось домінування *Microcystis pulvereae* переважно за чисельністю всіх трьох альгоугруповань (38–77%). У другій половині зими 2024–2025 рр. *Microcystis pulvereae* не спостерігався у видовому складі альгоугруповань. Домінуючий комплекс фітопланктону був представлений в основному

планктонними формами, мікрофітобентос – бентонтами, фітоепіфітон – перифітонтами.

Домінуючий комплекс весняного фітопланктону 2025 р. характеризувався також в основному планктонними формами, серед яких *Microcystis pulverea* за показниками чисельності складав 25%. Але у видовому складі мікрофітобентосу та фітоепіфітону – не виявлений. Домінуючий комплекс мікрофітобентосу був представлений переважно бентонтами, фітоепіфітону – як і перифітонтами, так і планктонтами, і бентонтами.

Так, на прикладі весняних альгоугруповань можна побачити взаємозв'язки між ними (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю (N) та біомасою (B)
оз. Вербне весна 2024 р.

№	Екологічні групи водоростей	Види	Зв'язок	% від загальн N	% від загальн B
1	ФПЛ	<i>Limnithrix redekei</i>	1,2,3	55,9	56,7
		<i>Planktothrix agardhii</i>	1,3	22,7	9,5
		<i>Anagnostidinema amphibium</i>	1,2,3	15,4	9,2
2	ФЕ	<i>Anagnostidinema amphibium</i>	1,2,3	36,3	1,3
		<i>Limnithrix redekei</i>	1,2,3	12,3	0,8
		<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	6,6	19,9
3	МФБ	<i>Limnithrix redekei</i>	1,2,3	58,1	8,2
		<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	8,3	56,7
		<i>Planktothrix agardhii</i>	1,3	7,3	0,4
		<i>Anagnostidinema amphibium</i>	1,2,3	6,3	0,5

Окрім описаного виду *Limnithrix redekei*, спільним для всіх альгоугруповань був *Anagnostidinema amphibium*, для фітопланктону та мікрофітобентосу – *Planktothrix agardhii*, фітоепіфітону та мікрофітобентосу – літоральний вид *Fragilaria fragilarioides*. Стосовно *Planktothrix agardhii* та *Fragilaria fragilarioides* зберігається така сама закономірність і для альгоугруповань весни 2025 р. Але

спільних домінантів між різними екологічними групами водоростей вже менше, у порівнянні з весняним періодом 2024 р. (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю (N) та біомасою (B) оз. Вербне весна 2025 р.

№	Екологічні групи водоростей	Види	Зв'язок	% від загальн. N	% від загальн. B
1	ФПЛ	<i>Planktothrix agardhii</i>	1,3	21,4	2,8
2	ФЕ	<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	9,4	9,3
3	МФБ	<i>Fragilaria fragilarioides</i>	2,3	29,6	50,2
		<i>Planktothrix agardhii</i>	1,3	16,5	0,2

Отже, результати дослідження домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону підтвердили наявність структурних взаємозв'язків між цими альгоугрупованнями, своєрідність видового складу домінуючого комплексу та спільних видів різних екологічних груп водоростей водойми та водотоку.

6.4. Особливості взаємозв'язків фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону в зимовий період на прикладі оз. Вербне

Аналіз літературних джерел [8, 49, 50, 109, 155] показав відсутність результатів комплексних досліджень взаємозв'язків між різними екологічними групами водоростей у водних екосистемах м. Києва взимку. Тому вперше було досліджено зимові альгоугруповання (фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон) оз. Вербне та встановлені взаємозв'язки між ними на рівні таксономічного складу, кількісних показників, домінуючого комплексу, спільних видів.

Нижче наведена характеристика таксономічного складу зимового фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону, для встановлення повної картини змін та їх закономірностей, що відбуваються у їхній структурі, порівняно таксономічний склад зимових альгоугруповань – з осінніми 2024 р. та весняними 2025 р. (табл. 6.7).

Таблиця 6. 7

Сезонна динаміки таксономічного складу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону
оз. Вербне осінь-весна 2024–2025 рр.

Екологічні групи водоростей	ФПЛ	ФМБ	ФЕ	ФПЛ	ФМБ	ФЕ	ФПЛ	ФМБ	ФЕ	ФПЛ	ФМБ	ФЕ
Відділи/ дата	26.10.24			14.12.24			22.02.25			22.03.25		
Cyanobacteria	<u>7</u> 16	<u>12</u> 9	<u>10</u> 13	<u>4</u> 11	<u>8</u> 9	<u>7</u> 13	<u>1</u> 4	<u>1</u> 1	<u>2</u> 4	<u>4</u> 11	<u>3</u> 3	<u>4</u> 6
Bacillariophyta	<u>5</u> 12	<u>58</u> 44	<u>33</u> 43	<u>16</u> 43	<u>54</u> 58	<u>38</u> 69	<u>14</u> 58	<u>55</u> 82	<u>36</u> 80	<u>11</u> 30	<u>56</u> 64	<u>58</u> 85
Cryptista	<u>2</u> 5	<u>3</u> 2	<u>2</u> 3	<u>1</u> 3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 4	<u>1</u> 1	<u>1</u> 2	<u>1</u> 3	<u>1</u> 1	<u>0</u> 0
Miozoa	<u>1</u> 2	<u>3</u> 2	<u>1</u> 1	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2</u> 8	<u>1</u> 1	<u>1</u> 2	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Ochrophyta	<u>0</u> 0	<u>4</u> 3	<u>5</u> 6	<u>3</u> 8	<u>3</u> 3	<u>3</u> 5	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 2	<u>2</u> 5	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1
Charophyta	<u>1</u> 2	<u>4</u> 3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2</u> 2	<u>1</u> 1
Chlorophyta	<u>24</u> 56	<u>42</u> 32	<u>23</u> 30	<u>13</u> 35	<u>27</u> 29	<u>6</u> 11	<u>6</u> 25	<u>9</u> 13	<u>3</u> 7	<u>17</u> 46	<u>19</u> 22	<u>4</u> 6
Euglenozoa	<u>3</u> 7	<u>6</u> 5	<u>3</u> 4	<u>0</u> 0	<u>1</u> 1	<u>1</u> 2	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 2	<u>2</u> 5	<u>6</u> 7	<u>0</u> 0
Всього	<u>43</u> 100	<u>132</u> 100	<u>77</u> 100	<u>37</u> 100	<u>93</u> 100	<u>55</u> 100	<u>24</u> 100	<u>67</u> 100	<u>45</u> 100	<u>37</u> 100	<u>88</u> 100	<u>68</u> 100

Примітка. Над рискою – кількість ввт, під рискою – відсоток від загальної кількості ввт.

Дослідження показало, що зі зниженням температури води спочатку значно зменшилась частка водоростей відділу Chlorophyta в усіх альгоугрупованнях, у лютому 2025 р. зменшилась частка як Cyanobacteria, так і Chlorophyta.

Аналіз таксономічного складу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону осіннього та зимового періоду виявив певні закономірності. Спостерігалось значне зменшення видів Cyanobacteria та Chlorophyta, Euglenozoa в усіх трьох альгоугрупованнях, але кількість видів Bacillariophyta у мікрофітобентосі та фітоепіфітоні практично не змінилася (див. табл. 6.7).

Проведено аналіз таксономічного складу спільних видів (табл. 6.8) для характеристики взаємозв'язків між альгоугрупованнями.

Таблиця 6.8

Таксономічний склад спільних видів основних відділів альгоугруповань за період осінь–весна 2024–2025 рр.

Відділи	26.10.2024	14.12.2024	22.02.2025	22.03.2025	Спільні види
Cyanobacteria	3	2	0	1	0
Bacillariophyta	3	5	10	8	0
Chlorophyta	11	1	2	3	1
Всього	21	9	13	12	1

На рівні спільних видів спостерігається теж відповідна тенденція до зменшення кількості видів Cyanobacteria та Chlorophyta, але збільшення – Bacillariophyta, оскільки види Bacillariophyta толерантні до низьких температур [181].

Дослідження проведені у зимовий період (2023–2025 рр.) дозволили встановити, що у 2025 р. спільні види були переважно представлені Bacillariophyta: *Aulacoseira italica*, *Gomphonella olivacea*, *Encyonema elginense*, *Gomphonema parvulum*, *Gogorevia exilis*, *Planothidium hauckianum*, *Planothidium capitatum*, *Sellaphora wummensis*, *Amphora pediculus*, *Amphora libyca*. Окрім цього, різноманіття таких видів формували представники Miozoa та Chlorophyta: *Unruhadinium penardii*, *Desmodesmus communis*, *Monoraphidium contortum*.

Натомість у 2023 р., встановлено 3 спільних види, що відносились до Cyanobacteria та Chlorophyta: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Monoraphidium contortum*.

Взимку 2024 р., окрім *Microcystis pulvereae*, спільними видами були: *Planktothrix agardhii*, *Cymbella aspera*, *Encyonema leibleinii*, *Gomphonema capitatum*, *Navicula veneta*, *Epithemia sorex*, *Chrysococcus sp.1.*, *Monoraphidium contortum*. Що формували комплекс Bacillariophyta – Cyanobacteria – Ochrophyta – Chlorophyta.

Характеристика спільних видів домінуючого комплексу альгоугруповань показала (табл. 6.9, 6.10).

Домінуючий комплекс фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у грудні 2024 р. формувався 6, 5, 5 видами відповідно з них спільними були (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю (N) та біомасою (B) оз. Вербне у грудні 2024 р.

№	Екологічні групи водоростей	Види	Зв'язок	% від загальн. N	% від загальн. B
1	ФПЛ	<i>Microcystis pulvereae</i>	1,2,3	38,1	17,7
		<i>Cymbella aspera</i>	1,3	0,01	5,8
2	МФБ	<i>Microcystis pulvereae</i>	1,2,3	54,5	4,8
3	ФЕ	<i>Microcystis pulvereae</i>	1,2,3	77,2	6,3
		<i>Cymbella aspera</i>	1,3	0,1	11,1

Домінування *Microcystis pulvereae* спостерігалось в усіх трьох альгоугрупованнях, натомість стосовно *Limnothrix redekei* відзначається тенденція до зниження його ролі у альгоугрупованнях літоралі водойми. Оскільки *Microcystis pulvereae* здатен пригнічувати розвиток інших видів [55] можливо це теж вплинуло на зміни, що відбулися у домінуючому комплексі оз. Вербне.

Домінуючий комплекс фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у лютому 2025 р. формувався 6, 6, 10 видами відповідно з них спільними були (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

Спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону за чисельністю (N) та біомасою (B) оз. Вербне у лютому 2025 р.

№	Екологічні групи водоростей	Види	Зв'язок	% від загальн N	% від загальн. B
1	ФПЛ	<i>Planktothrix agardhii</i>	1,2	33,1	0,5
2	МФБ	<i>Ulnaria ulna</i>	2,3	5,2	23,4
		<i>Planktothrix agardhii</i>	1,2	10,3	0,1
3	ФЕ	<i>Ulnaria ulna</i>	2,3	2,3	7,6

Натомість у лютому 2025 р. спостерігається домінування *Planktothrix agardhii*, який входить до складу як фітопланктону, так і мікрофітобентосу.

Встановлені спільні домінанти у системі «фітопланктон–мікрофітобентос–фітоепіфітон» (див. табл. 6.9, 6.10), так для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону – *Microcystis pulverea*, для фітопланктону, фітоепіфітону – *Cymbella aspera*, для фітопланктону, мікрофітобентосу – *Planktothrix agardhii*, для мікрофітобентосу та фітоепіфітону – *Ulnaria ulna*.

За показниками рясності (табл. 6.11) спостерігалось зменшення чисельності та біомаси *Cyanobacteria* як у фітопланктоні, так і у мікрофітобентосі, і у фітоепіфітоні. У мікрофітобентосі літоралі оз. Вербне за показниками чисельності та біомаси *Bacillariophyta* змін не відбулося, а у фітопланктоні та фітоепіфітоні збільшились ці показники.

Таблиця 6.11

Кількісні показники (N, B) та структурна організація фітопланктону, фітомікробентосу, фітоепіфітону оз. Вербне у зимовий період 2024–2025 рр.

Екологічні групи водоростей	ФПЛ		ФМБ		ФЕ		ФПЛ		ФМБ		ФЕ	
Дата	14.12.2024						22.02.2025					
Відділи/ N, B	N, тис.кл/ дм³	B, мг/дм³	N, тис. кл/10 см²	B, мг/10 см²	N, тис. кл/10 см²	B, мг/10 см²	N, тис.кл/ дм³	B, мг/дм³	N, тис. кл/10 см²	B, мг/10 см²	N, тис. кл/10 см²	B, мг/10 см²
Cyanobacteria	<u>18580,0</u> 93	<u>0,387</u> 65	<u>12881,0</u> 74	<u>0,214</u> 8	<u>1737,0</u> 95	<u>0,029</u> 9	<u>713,0</u> 33	<u>0,010</u> 1	<u>183,0</u> 10	<u>0,003</u> 0,1	<u>52,0</u> 2	<u>0,001</u> 0,01
Bacillariophyta	<u>16,0</u> 0,1	<u>0,049</u> 8	<u>1705,0</u> 10	<u>1,859</u> 68	<u>74,0</u> 4	<u>0,105</u> 33	<u>224,0</u> 10	<u>0,170</u> 9	<u>1464,0</u> 82	<u>1,837</u> 94	<u>3250,0</u> 96	<u>5,108</u> 98
Cryptista	<u>20,0</u> 0,1	<u>0,002</u> 0,4	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>92,0</u> 4	<u>0,208</u> 11	<u>15,0</u> 1	<u>0,034</u> 2	<u>14,0</u> 0,4	<u>0,001</u> 0,03
Miozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>196,0</u> 9	<u>1,099</u> 60	<u>11,0</u> 1	<u>0,073</u> 4	<u>5,0</u> 0,1	<u>0,033</u> 1
Ochrophyta	<u>80,0</u> 0,4	<u>0,006</u> 1	<u>80,0</u> 0,5	<u>0,007</u> 0,3	<u>7,0</u> 0,4	<u>0,001</u> 0,3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>28,0</u> 1	<u>0,009</u> 0,2
Charophyta	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Chlorophyta	<u>1220,0</u> 6	<u>0,154</u> 26	<u>2665,0</u> 15	<u>0,671</u> 24	<u>9,0</u> 0,5	<u>0,179</u> 57	<u>932,0</u> 43	<u>0,347</u> 19	<u>108,0</u> 6	<u>0,017</u> 1	<u>44,0</u> 1	<u>0,017</u> 0,3
Euglenozoa	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,0</u> 0,01	<u>0,001</u> 0,05	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>3,0</u> 0,1	<u>0,019</u> 0,4
Всього	<u>19916,0</u> 100	<u>0,599</u> 100	<u>17333,0</u> 100	<u>2,752</u> 100	<u>1827,0</u> 100	<u>0,314</u> 100	<u>2157,0</u> 100	<u>1,834</u> 100	<u>1781,0</u> 100	<u>1,963</u> 100	<u>3396,0</u> 100	<u>5,189</u> 100

Примітка. N – чисельність (тис.кл/дм³, тис. кл/10 см²), B – біомаса (мг/дм³, мг/10 см²). Над рискою – показник чисельності, біомаси, під рискою – відсоток від загальної чисельності, біомаси.

Звертають увагу і певні особливості формування кількісних показників зимових угруповань (грудень–лютий 2024–2025 рр.) на рівні відділів: Chlorophyta – у фітопланктоні при зниженні чисельності збільшується біомаса, а у фітоепіфітоні навпаки; Ochrophyta – зниження чисельності та біомаси у фітопланктоні та у мікрофітобентосі і збільшення у фітоепіфітоні; Euglenozoa – у грудні формує кількісні показники фітомікробентосу, у лютому – фітоепіфітону; Cryptista та Miozoa – збільшення чисельності та біомаси у всіх альгоугрупованнях.

Встановлено, що зменшення показників чисельності та біомаси мікрофітобентосу, фітопланктону та фітоепіфітону у зимовий період відбулося в основному завдяки видам відділу Cyanobacteria, а збільшення цих показників фітоепіфітону – Bacillariophyta.

Отже, у зимовий період для оз. Вербне було проаналізовано таксономічний склад, показники рясності, встановлено структуру домінуючого комплексу, спільні види, спільні домінанти для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону. Виявлено, що зменшення показників чисельності та біомаси альгоугруповань у цей період відбулося переважно за рахунок Cyanobacteria. Bacillariophyta є основною компонентою структури зимових альгоценозів. На рівні спільних видів спостерігається теж відповідна тенденція до зменшення видів Cyanobacteria та Chlorophyta, але збільшення – Bacillariophyta.

Таким чином, вперше у зимовий період проведено дослідження фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у системі «фітопланктон–мікрофітобентос–фітоепіфітон», встановлено взаємозв'язки між альгоугрупованнями, видами домінантами, спільними видами.

6.5. Встановлення видової подібності фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону водойми і водотоку та біотопічної приуроченості спільних видів водоростей різних екологічних груп

Аналіз взаємозв'язків між альгоугрупованнями проведений попарним порівнянням видового складу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону

оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища, дозволив за коефіцієнтом видової подібності Серенсена (K_S) побудувати дендрограму (рис. 6.7, табл. 6.12).

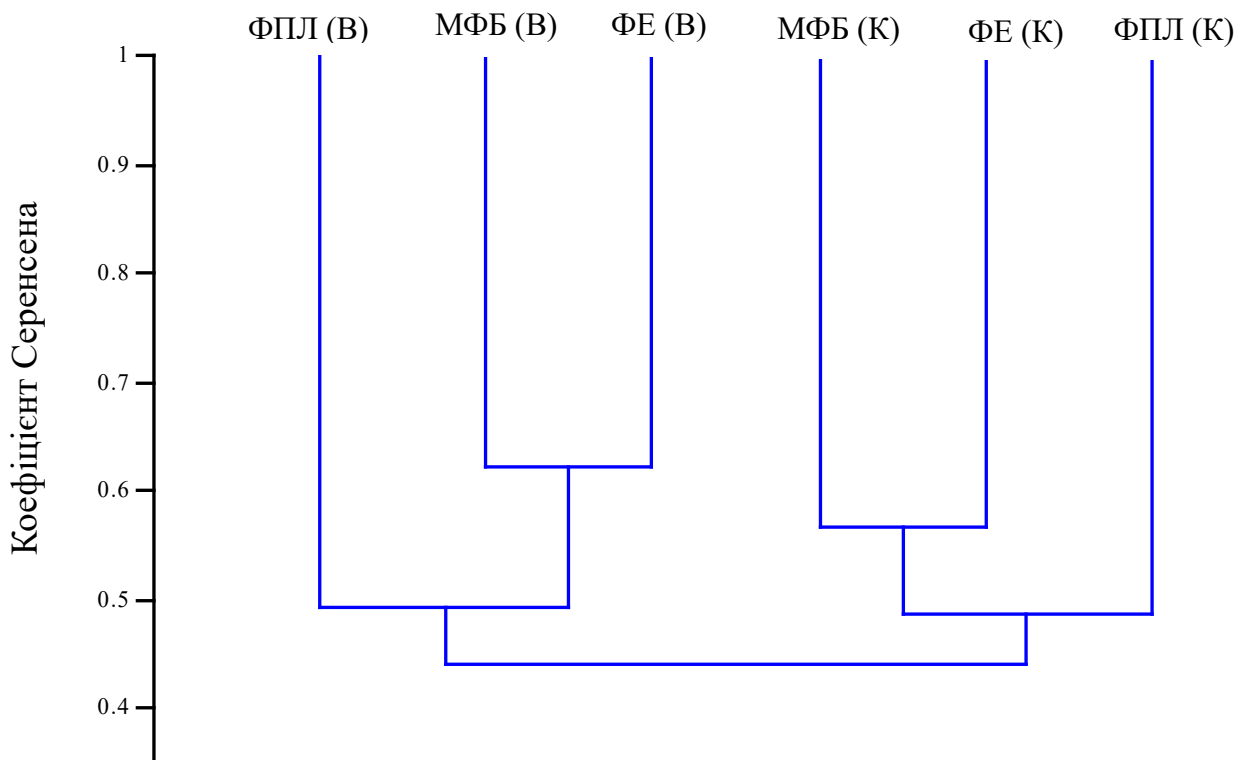


Рис 6.7. Дендрограма видової подібності за коефіцієнтом Серенсена фітопланктону (ФПЛ), мікрофітобентосу (МФБ) та фітоепіфітону (ФЕ) оз. Вербне (В) та руслової ділянки Канівського водосховища (К).

Встановлено своєрідність видового складу водоростевих угруповань кожної з водних екосистем представлених окремими кластерами – альгоугруповання лентичної та лотичної екосистем між якими коефіцієнт Серенсена (K_S) $< 0,5$. Також отримані результати свідчать про подібність між водоростями різних екологічних груп як у озері, так і у русловій ділянці Канівського водосховища (див. рис. 6.7).

Найвищий рівень видової подібності спостерігається між мікрофітобентосом і фітоепіфітоном, як у водоймі ($K_S=0,62$), так і у водотоці ($K_S=0,57$), а значно нижчий ($K_S \leq 0,5$) між фітопланктоном та компонентами контурних угруповань (фітоепіфітоном та мікрофітобентосом). Найбільша схожість між угрупованнями встановлена у лентичній екосистемі (табл. 6.12).

Таблиця 6.12

Коефіцієнт видової подібності Серенсена (K_S)
фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону оз. Вербне (В) та
руслової ділянки Канівського водосховища (К)

Екологічні групи водоростей	ФПЛ (В)	МФБ (В)	ФЕ (В)	ФПЛ (К)	МФБ (К)	ФЕ (К)
ФПЛ (В)	1	0,49	0,50	0,46	0,38	0,36
МФБ (В)		1	0,62	0,42	0,51	0,42
ФЕ (В)			1	0,44	0,51	0,46
ФПЛ (К)				1	0,48	0,49
МФБ (К)					1	0,57
ФЕ (К)						1

Звертає увагу подібність водоростей обрастань і на дні водойми та водотоку, що може бути пов'язано з характерною для цих водних екосистем ВВР.

Встановлено біотопічну приуроченість спільних видів (ввт) та відносне значення (%) різних екологічних груп водоростей оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища (рис. 6.8).



Рис. 6.8. Біотопічна приуроченість та відносне значення (%) спільних видів різних екологічних груп водоростей оз. Вербне (а) та руслової ділянки Канівського водосховища (б).

Виявлено, що спільними для фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу у водоймі є 142 ввт (69% – планктонні форми, 16% – перифітонні, 15% – бентосні), у водотоці – 101 (47%, 17%, 36% відповідно).

Своєрідність видового складу альгоугруповань водної екосистеми за біотопічною приуроченістю полягає в тому, що спільні види фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу лентичної екосистеми представлені переважно планктонними формами, лотичної – переважно планктонними та бентосними.

Встановлена кількість спільних видів між різними альгоугрупованнями водних екосистем та їхня біотопічна приуроченість (рис. 6.9). Дослідження показало, що мікрофітобентос та фітоепіфітон оз. Вербне представлені найбільшою кількістю таких ввт (254).

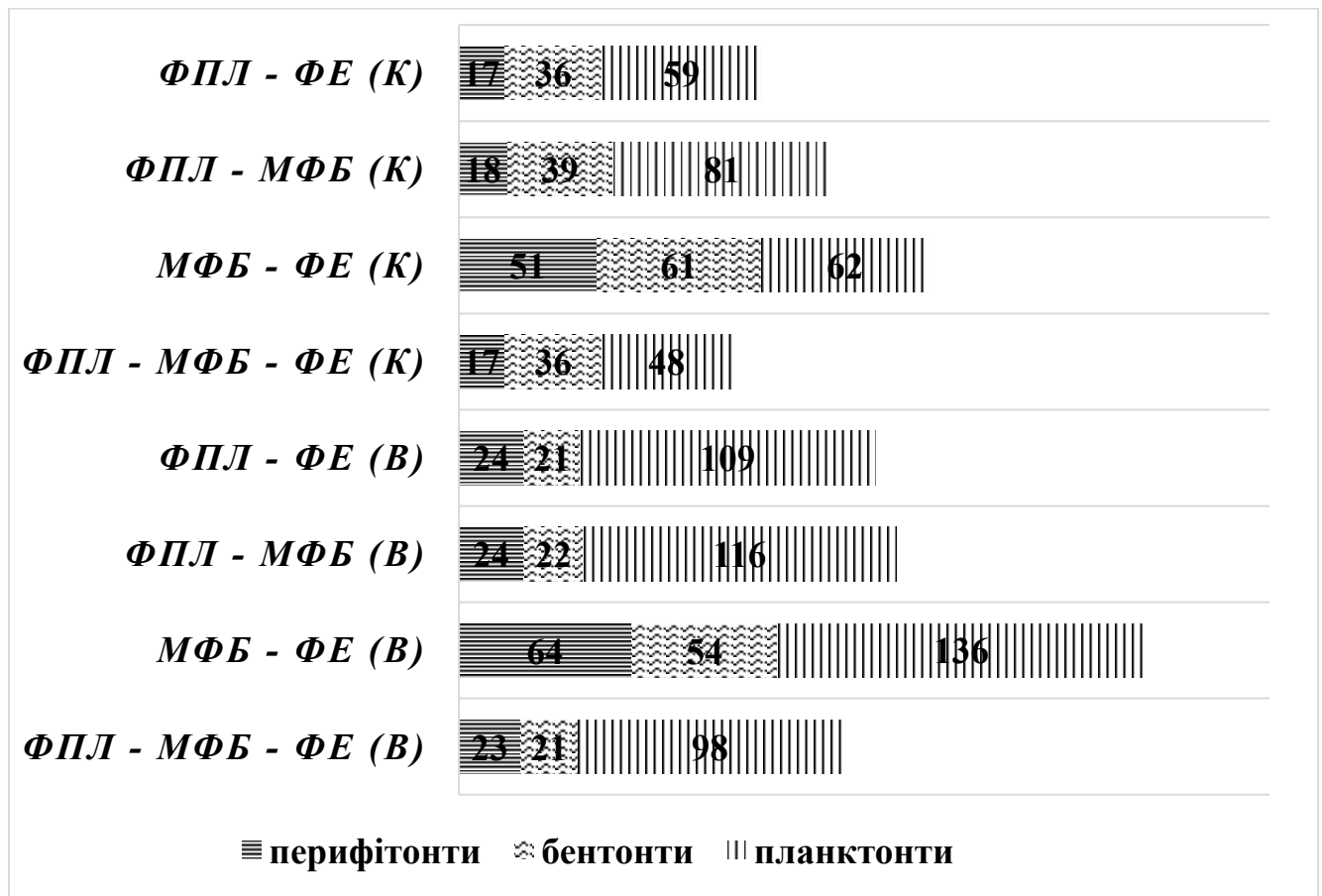


Рис. 6.9. Біотопічна приуроченість спільних видів (ввт) різних екологічних груп водоростей (ФПЛ-МФБ-ФЕ) оз. Вербне (В) та руслової ділянки Канівського водосховища (К).

Отже, фітопланктон, мікрофітобентос і фітоепіфітон не є ізольованими угрупованнями, а формують єдину динамічну систему. Наявність спільних видів у фітопланктоні, мікрофітобентосі і фітоепіфітоні обумовлена наступним: євритопністю видів; седиментацією водоростей із планктону на поверхню ВВР під

час «цвітіння» води; переходом епіфітних видів до планктону завдяки гідрологічним процесам [108]; осіданням видів на дно пов'язане з сезонними змінами, гідродинамічними процесами; потраплянням бентосних форм до планктону та епіфітону, під час скаламучування м'якого субстрату. Алохтонні форми, які потрапляють до альгоценозів з інших біотопів шляхом осідання, міграції чи випадково, можуть домінувати в цих альгоценозах за чисельністю та біомасою, а також беруть участь у первинній продукції, деструкції органічних речовин та формуванні кількісних показників водоростевих угруповань [116].

Водні екосистеми характеризуються специфічними екологічними умовами, які безпосередньо впливають на характер (міграцію або еміграцію) та інтенсивність обміну видами, важливим завданням є встановлення екологотопічних характеристик водоростей та їхньої приуроченості до певного біотопу [20].

У мілководних зонах різнотипних водних об'єктів України літоральні евритопні діатомові, які мешкають як у товщі води, так і в контурних угрупованнях (на ВВР, неживих субстратах та на дні) досить поширені [25, 33, 193, 194]. Дослідження літоральних евритопних діатомових у контурних альгоугрупованнях, а саме фітоепіфітону і мікрофітобентосу оз. Вербне, які є найбільш подібними за коефіцієнтом Серенсена (K_S). Наглядно показують взаємозв'язки, а саме обмін видами, між цими альгоугрупованнями.

Дослідження проводили у червні 2023–2024 рр. [20]. Встановлено, що літоральні евритопні діатомові у контурних альгоугрупованнях, що досліджувались, представлені 15 видами водоростей з родів: *Melosira*, *Fragilaria*, *Pseudostaurosira*, *Staurosira*, *Synedra*, *Tabularia*, *Ulnaria*, *Staurosirella*.

Серед загальної кількості видів Bacillariophyta, знайдених у фітоепіфітоні та мікрофітобентосі, частка літоральних евритопних діатомових досягала майже 20%. Евритопність ідентифікованих видів була досить показовою через їх присутність як у фітоепіфітоні, так і у мікрофітобентосі майже у рівних частках (по 13%).

Водночас, частка евритопних літоральних діатомових у структурі Bacillariophyta серед фітоепіфітону та мікрофітобентосу на рівні родів відрізнялась. Зокрема, найбільш вагомо представлений у контурних альгоугрупованнях рід

Fragilaria – у фітоепіфітоні формував 30% від загальної кількості видів Bacillariophyta, тоді як у мікрофітобентосі його частка була значно більшою – до 50%. До того ж спостерігалась зворотня тенденція на рівні роду *Ulnaria* – де його частка у фітоепіфітоні складала 20%, тоді як у мікрофітобентосі – лише 10%. Варто зазначити, що літоральні евритопні діатомові з роду *Staurosira* зустрічались у фітоепіфітоні та у мікрофітобентосі у рівних частках (по 10%) [20].

Таким чином, встановлено, що у контурних альгоугрупованнях у літній період літоральні евритопні діатомові представлені як у фітоепіфітоні, так і у мікрофітобентосі та досить показово на рівні родів виявляють перевагу до певного типу субстрату [20].

Дослідження проведені К.С. Владимировою [124] дозволили встановити значну подібність водоростей бентоса та перифітона (епіфітона). І в перифітоні, і в бентосі літоралі були знайдені спільні форми серед домінантів. Також автор зазначила, що складні біоценотичні зв'язки між окремими видами потребують детального дослідження.

Подальші дослідження [16] контурних альгоугруповань пов'язані з вивчення взаємозв'язків між перифітонними та бентосними формами у донних альгоугрупованнях, так у червні 2023 р. на річковій ділянці Канівського водосховища, встановлено, що у мілководній зоні перифітонти відіграють вагомую роль у формуванні видового багатства донних альгоугруповань. У мікрофітобентосі в складі перифітонтів ідентифіковано 29 (ввт), що відповідало 29,9 % від загальної кількості ввт водоростей на дні. Основним компонентом перифітонтів виступали Bacillariophyta, серед яких за кількістю ввт переважали представники родів *Achnanthes*, *Gomphonema* та *Encyonema*.

Кількісні показники розвитку перифітонтів на дні були невисокими та складали: за чисельністю – до 112 тис. кл/10 см², за біомасою – до 0,086 мг/10 см², що не перевищувало 3,3 та 3,8 % від відповідних загальних показників альгоугруповання на дні. Серед них високими показниками чисельності – до 31 тис. кл/10 см² (27,5 % від загальної) вирізнялась *Encyonema ventricosum*, а біомаси – *Cocconeis placentula* 0,039 мг/10 см² (45,5 %) [16].

Таким чином, встановлено, що влітку у мілководній зоні руслової ділянки Канівського водосховища перифітонти відіграють вагомую роль у формуванні видового багатства альгоугруповань на дні [16]. Також на ступінь вегетації мікрофітобентосу та фітоепіфітону влітку суттєво впливають планктонні форми *Cyanobacteria*, які за масової вегетації («цвітіння») періодично осідають з товщі води на дно та ВВР за високої гідродинамічної активності водних мас під час пікових режимів роботи Київської ГЕС [22]. У пізньоосінній період досить активно відбуваються процеси міграції водоростей з товщі води та з обростань ВВР, в кінці їх вегетації, на дно.

6.6. Оцінка взаємозв'язків у системі «фітопланктон–мікрофітобентос–фітоепіфітон» з використанням індексу Шеннона

У пошуковому аспекті для розширення методологічних підходів у встановленні взаємозв'язків між фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном використані індекси Шеннона (H_N , H_B). В результаті проведених досліджень не встановлено достовірну кореляційну залежність між індексом Шеннона фітоепіфітону та фітопланктону, фітоепіфітону та мікрофітобентосу (табл. 6.13).

Таблиця 6.13

Кореляційна залежність між індексом Шеннона фітопланктону,
мікрофітобентосу, фітоепіфітону
за чисельністю (H_N , біт/екз) та біомасою (H_B , біт/мг)

Оз.Вербне								
H_N/H_B	H ФПЛ				H МФБ			
	r (N) / p		r (B) / p		r (N) / p		r (B) / p	
H МФБ	0,701	0,008	0,279	0,357				
H ФЕ	0,336	0,261	-0,361	0,225	0,484	0,094	0,228	0,453

Руслова ділянка Канівського водосховища								
H_N/H_B	H ФПЛ				H МФБ			
	r (N) / p		r (B) / p		r (N) / p		r (B) / p	
H МФБ	0,619	0,018	0,141	0,646				
H ФЕ	0,107	0,729	-0,124	0,687	0,438	0,134	-0,026	0,933

За статистично достовірними значеннями побудована (рис. 6.10) кореляційна залежність між індексом Шеннона за фітопланктоном та мікрофітобентосом (H_N) на основі даних, отриманих під час досліджень 2023–2025 рр. на оз. Вербне та на русловій ділянці Канівського водосховища, що виявило достовірну позитивну кореляційну залежність між цими величинами.

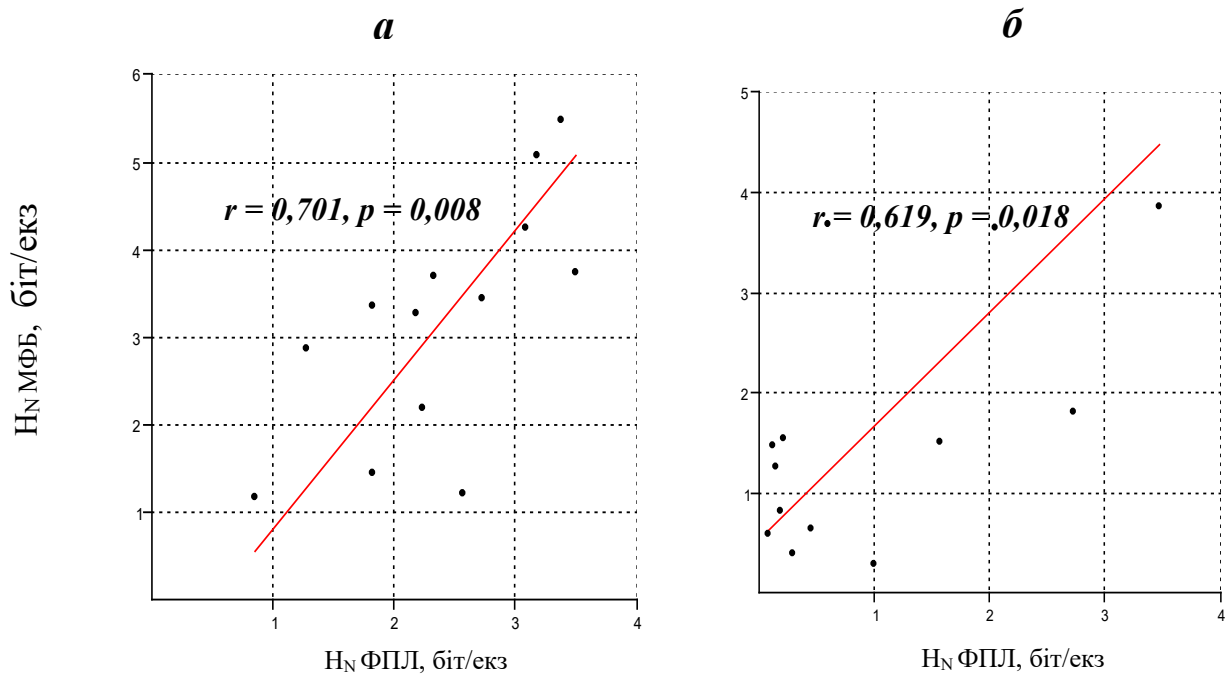


Рис.6.10. Кореляційна залежність між індексом Шеннона (H_N , біт/екз) за фітопланктоном та за мікрофітобентосом оз. Вербне (а), руслової ділянки Канівського водосховища (б).

Результати дослідження інформаційного різноманіття за індексом Шеннона за чисельністю (H_N) та біомасою (H_B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону для оцінки біорізноманіття водоростей різних екологічних груп літоралі водойми та водотоку наведені в табл. 6.14.

Таблиця 6.14

Оцінка біорізноманіття водоростей різних екологічних груп літоралі оз. Вербне та руслової ділянки Канівського водосховища за індексом Шеннона (H_N , H_B)

Показники		Межі коливань (рік)			Середній (рік)		Cv, % (рік)		За період 2023–2025 рр.			
Індекс Шеннона	Екологічні групи водоростей	2023	2024	2025	2023	2024	2023	2024	Межі коливань	Середн.	Стандартна похибка	Cv, %
Оз. Вербне												
H_N	ФПЛ	1,28–3,08	0,85–3,37	3,17–3,49	2,29	2,05	26,0	50,8	0,85–3,49	2,38	0,22	33,7
	МФБ	1,20–4,24	1,17–5,48	3,74–5,07	2,72	3,32	42,3	53,0	1,17–5,48	3,16	0,38	43,5
	ФЕ	2,20–4,52	1,54–4,65	4,77–5,06	3,80	3,51	22,6	38,8	1,54–5,06	3,38	0,29	26,5
H_B	ФПЛ	1,53–4,28	2,08–3,34	2,25–4,28	3,02	2,74	31,0	20,8	1,53–4,28	2,97	0,24	28,7
	МФБ	3,20–5,51	2,16–5,71	2,97–4,24	4,42	3,78	20,8	47,0	2,16–5,71	4,09	0,33	29,0
	ФЕ	3,52–4,26	2,55–4,76	2,73–4,30	4,05	3,93	6,4	24,4	2,55–4,76	3,39	0,18	16,1
Руслова ділянка Канівського водосховища												
H_N	ФПЛ	0,15–2,72	0,08–3,47	0,18–0,45	1,21	1,17	87,4	136,1	0,08–3,47	0,99	0,31	113,2
	МФБ	1,26–3,67	0,29–3,86	0,38–0,81	2,24	1,55	49,7	104,5	0,29–3,86	1,65	0,35	77,3
	ФЕ	0,20–4,34	0,09–3,2	2,40–3,96	1,49	1,07	116,0	134,5	0,09–4,34	1,76	0,45	91,2
H_B	ФПЛ	0,79–3,67	0,50–4,58	2,05–3,16	2,41	2,25	46,3	78,8	0,5–4,58	2,40	0,32	48,8
	МФБ	3,78–5,07	2,52–3,65	3,59–4,32	4,48	3,15	10,0	17,7	2,52–5,07	3,93	0,20	18,8
	ФЕ	2,03–3,57	1,30–3,42	3,86–4,23	2,44	2,03	23,8	46,6	1,3–4,23	2,68	0,28	37,2

Проаналізовано індекси Шеннона (H_N , H_B) та спільні види домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону, що показало наступне.

У період весна 2023 – весна 2024 рр. водойма характеризувалася полідомінантною структурою, деяке зниження індексу інформаційного різноманіття Шеннона було пов'язано з домінуванням *Limnothrix redekei*.

Так в зимку 2023 р. зниження індексів Шеннона (H_N) (1,85, 1,45, (біт/екз) фітопланктону, мікрофітобентосу відповідно) і за біомасою при $H_B > 2$) було пов'язано з домінуванням *Limnothrix redekei* (45%, 84% чисельності відповідно), натомість у фітоепіфітоні *Limnothrix redekei* складав 12%.

Влітку 2024 р. спостерігалася інша ситуація, оскільки температурні показники були високими, встановлені найнижчі значення індексів Шеннона. Зниження індексів Шеннона (H_N) (0,85, 1,17, (біт/екз) фітопланктону, мікрофітобентосу відповідно) та (H_B) – незначне зниження) було пов'язано з домінуванням *Anagnostidinema amphibium* (89%, 77% чисельності відповідно). Натомість фітоепіфітон представлений був полідомінантною структурою, в якій *Anagnostidinema amphibium* за чисельністю складав (8%).

Восени 2024 р. встановлено різке збільшення індексів Шеннона всіх трьох альгоугруповань, так H_N (3,37, 5,48, 4,65 (біт/екз), H_B (3,07, 5,71, 4,76 (біт/мг) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону відповідно, що було обумовлено полідомінантністю структури. Водночас відмічено відсутність у домінуючому комплексі структуроформуючого виду альгоугруповань водойми – *Limnothrix redekei*.

Зниження індексів Шеннона (H_N) (2,18, 3,26, 1,54 (біт/екз) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону відповідно) спостерігалось у грудні 2024 року, що було пов'язано з домінуванням *Microcystis pulvereae* (38%, 55%, 77% чисельності відповідно).

Збільшення індексів Шеннона (H_N) встановлено за чисельністю фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону (3,17, 5,07, 5,06 (біт/екз) відповідно) у лютому 2025 р., структура домінуючого комплексу полідомінантна,

серед його представників *Microcystis pulvereae* не виявлен. Надалі у весняний період 2025 р. лентична екосистема характеризувалася також полідомінантністю.

Варто зазначити, що збільшення, або зменшення індексів Шеннона є відображенням змін у структурі домінуючого комплексу і видового складу водойми та водотоку, що спостерігалися протягом періоду досліджень і були розглянуті вище по тексту.

Натомість для водотоку встановлена зовсім інша характеристика. Для лотичної екосистеми характерна оліго-, монодомінантна структура (середній $H_N < 2$ всіх трьох альгоугруповань) з переважним домінуванням *Microcystis pulvereae*.

У 2024 р. високі температурні показники влітку вплинули на різке збільшення H_N (3,47, 3,86, 3,20 (біт/екз)) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону відповідно, H_B (4,58, 3,65 (біт/мг)) – фітопланктону, мікрофітобентосу відповідно.

Восени 2024 р. встановлено зниження індексів Шеннона всіх трьох альгоугруповань, так H_N (1,0, 0,29, 0,09 (біт/екз), H_B (2,59, 2,52, 1,30 (біт/мг)) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону відповідно, що було обумовлено домінуванням *Microcystis pulvereae*.

Проведений аналіз індексів Шеннона (H_N , H_B) та спільних видів домінуючого комплексу фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону встановив наявність структурних зв'язків між альгоугрупованнями.

Розраховані коефіцієнти варіації (C_v , %) індексу Шеннона (H_N , H_B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі складала ≈ 27 –44% (H_N), 16–29% (H_B) відповідно, а у водотоці (≈ 77 –113%, 19–49% відповідно). Більш високі коефіцієнти варіації Шеннона всіх трьох альгоугруповань були характерні для лотичної екосистеми, де домінував *Microcystis pulvereae* в усі сезони. Для лентичної, де індекси Шеннона $H > 2$ (біт/екз, біт/мг), характерна полідомінантна структура альгоценозу.

Отже, доцільність виконання пошукових досліджень, з метою можливості використання індекса Шеннона для характеристики взаємозв'язків між альгоугрупованнями зумовлено наступним:

1. Встановлена достовірна позитивна кореляційна залежність між індексом Шеннона фітопланктону та мікрофітобентосу.
2. Середні величини індексів Шеннона (H_N), виявлені на основі даних отриманих під час досліджень 2023–2025 рр., мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі – 3,16 та 3,88 (біт/екз) і у водотоці (1,65–1,76) відповідно, що вказує на особливості цих порівнюваних гідроекосистем.
3. Більш високі коефіцієнти варіації Шеннона всіх трьох альгоугруповань були характерні для лотичної екосистеми з оліго-, монодомінантною структурою, у той же час для лентичної, де індекси Шеннона $H > 2$ (біт/екз, біт/мг), була характерна полідомінантність.

6.7. Основні закономірності, що визначають взаємозв'язки водоростей різних екологічних груп лентичних та лотичних екосистем (Узагальнення)

Проведений аналіз отриманих результатів комплексного дослідження водоростей різних екологічних груп (фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон) впродовж 2022–2025 рр. дозволив встановити структурні взаємозв'язки між цими угрупованнями у різні сезони у літоралі лентичної та лотичної екосистем.

Встановлено подібність таксономічного складу та індексів сапробності за фітопланктоном, мікрофітобентосом, фітоепіфітоном; показано наявність: спільних видів, спільних домінантів, кореляційних зв'язків між альгоугрупованнями. Доведено, що своєрідність видового складу різних екологічних груп водоростей водойми та водотоку визначається спільними видами.

Характерні особливості формування взаємозв'язків між альгоугрупованнями лотичної екосистеми, пов'язані з умовами, що в ній формуються. Оскільки для ділянки (Станція 2) властиво надходження основної маси води під час попусків ГЕС із нижніх горизонтів Київського водосховища [11, 114]. Окрім цього, цей процес складається з двох етапів: 1-й – з пригреблевої ділянки Київського водосховища надходять води з поверхневих горизонтів, багатих на *Cyanobacteria*;

2-й – при максимальному спрацюванні рівня до Канівського водосховища надходять глибинні водні горизонти, які відрізняються низьким розвитком планктонних форм [11, 108].

В результаті досліджень встановлена висока чисельність і біомаса *Cyanobacteria*, що може бути пов'язано з надходженням водоростей з пригреблевої ділянки Київського водосховища під час попусків ГЕС.

У зимовий період домінування спільного виду для всіх альгоугруповань – *Microcystis pulverea* у водотоці також можна пояснити специфікою роботи Київської ГЕС, оскільки водозабір відбувається з придонних горизонтів, де водорості скупчились під час сезонної міграції. Так, планктонні форми роду *Microcystis* за температури нижче 15 °C осідають на дно та поповнюють склад мікрофітобентосу [114]. Цим можна пояснити і значну частку *Cyanobacteria* (62%) у флористичному спектрі спільних видів у пізньоосінній період.

У водотоці флористичний спектр альгоугруповань представлений більшою часткою *Bacillariophyta*, так фітопланктону (36%), мікрофітобентосу (61%), фітоепіфітону (60%) та спільних видів цих угруповань (58%). Цю закономірність формування взаємозв'язків у лотичній екосистемі можна пояснити існуванням прямої залежності між концентрацією неорганічних сполук фосфору та кількістю видів, чисельністю, біомасою *Bacillariophyta* [134]. Так, упродовж останніх років у водотоці змінилося співвідношення N:P у бік підвищення надходження неорганічного фосфору [113, 144]. Окрім цього, показники розчиненого силіцію у водотоці (0,9–11,9 мг Si/дм³) вище, ніж у водоймі (0,04–4,4 мг Si/дм³) [48, 125], що також сприяє розвитку *Bacillariophyta*. Швидкість течії у русловій частині Канівського водосховища становить 0,01–0,7 м/с, а верхня межа толерантності *Bacillariophyta* до цього абіотичного чинника – 0,6–0,7 м/с [8, 41, 42, 83, 159]. Що обумовлює специфіку формування таксономічного складу спільних видів, які представлені переважно *Bacillariophyta*: прикріпленими до субстрату (види з родів *Cocconeis*, *Achnanthidium*, *Planothidium*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Encyonema*), рухливими формами (з родів *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirella*), що є більш лабільними, піонерними видами з родів *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Fragilaria* [214].

Характерна своєрідність як таксономічного складу угруповань, так і спільних видів, була основою для встановлення взаємозв'язків між різними екологічними групами озера. Оскільки існує пряма залежність між кількісними показниками Chlorophyta та концентрацією неорганічних сполук азоту, а саме кількістю видів, чисельністю, біомасою, а також неорганічних сполук фосфору – чисельністю, біомасою [134], то при концентрації цих сполук у поверхневих горизонтах озерної літоралі впродовж вегетаційного сезону у межах – 0,03–1,57 мг N/дм³, 0,02–0,32 мг P/дм³ відповідно та характерному співвідношені N : P [48] створені сприятливі умови для розвитку Chlorophyta. Також гідродинамічні процеси притаманні для лентичної екосистеми є позитивними для формування різноманіття водоростей, серед них представники Chlorophyta [83].

Встановлено, що у більш теплі роки можуть домінувати водорості роду *Microcystis* [114], а також *Microcystis pulverea* здатен пригнічувати розвиток інших видів [55], це певною мірою вплинула на характер формування взаємозв'язків між угрупованнями водойми, але потребує подальших досліджень.

У русловій ділянці Канівського водосховища загальна кількість водоростей різних екологічних груп була меншою та не перевищувала 401 вид (416 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 49 порядків, 83 родин і 170 родів, з них 101 – це спільні ввт фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону. Видове багатство фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону оз. Вербне представлено 462 видами (482 ввт), які відносяться до 8 відділів, 19 класів, 53 порядків, 92 родин і 197 родів, спільними з яких є 142 ввт.

Проведена характеристика провідних відділів водоростей різних екологічних груп показала закономірності формування взаємозв'язків між альгоугрупованнями водойми та водотоку (рис. 6.11).

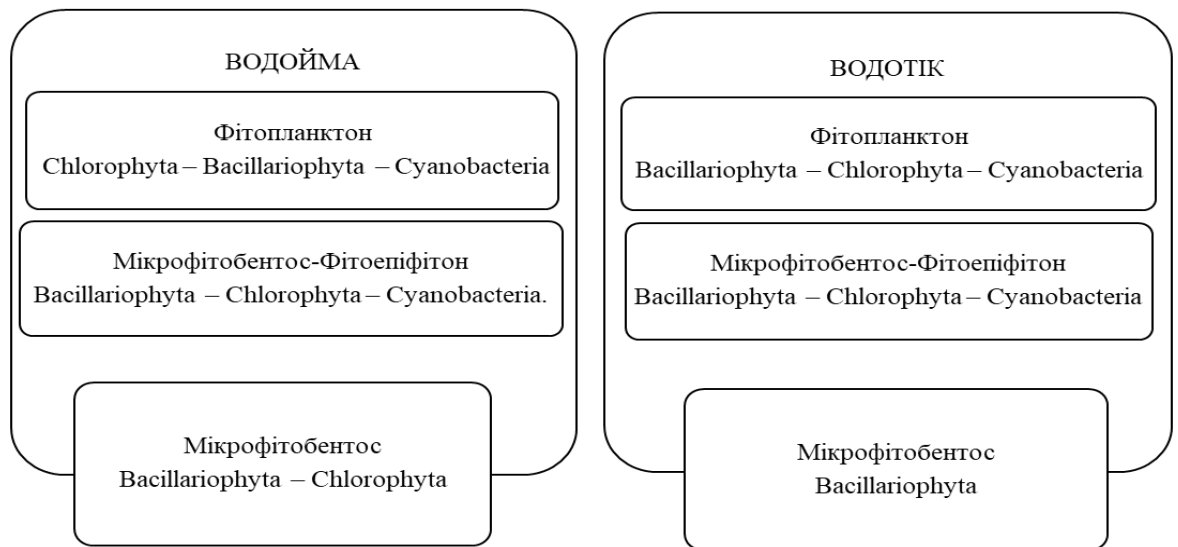


Рис. 6.11. Характеристика провідних відділів фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу водойми та водотоку.

Важливою особливістю фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі було те, що вони представлені більш різноманітно відділами, частки видів яких складали від 1–10% (Cryptista, Miozoa, Charophyta, Ochrophyta, Euglenozoa), водночас у водотоці – в основному Ochrophyta, Cryptista, Euglenozoa, що також є особливістю видового складу спільних видів. Флористичний спектр спільних видів водойми представлений переважно Chlorophyta – Bacillariophyta, натомість водотоку – в основному Bacillariophyta, що є характерною ознакою таксономічного складу водоростей угруповань лентичної та лотичної екосистем.

Аналіз флористичного спектра спільних видів оз. Вербне показав, що у літньо-осінній період найбільшу частку видів складають Chlorophyta, у зимово-весняний – Bacillariophyta. Натомість спільні види руслової ділянки Канівського водосховища у зимово-літній період були представлені в основному Bacillariophyta, і тільки восени значно зростала частка Cyanobacteria.

Встановлені величини показників рясності та структура альгоугруповань за цими показниками на рівні відділів характеризують основні закономірності формування взаємозв'язків між водоростями у лентичній та у лотичній екосистемах.

Фітопланктон: величини чисельності у водоймі коливались у межах 2157,0–1817456,0 тис. кл/дм³, біомаси – 0,599–66,855 мг/дм³, у водотоці – 12654–571734,0 тис. кл/дм³, 0,372–61,800 мг/дм³ відповідно.

Фітоепіфітон: величини чисельності у озері змінювались у межах 457,2–33154,0 тис. кл/10 см², біомаси – 0,048–55,323 мг/10 см², у русловій ділянці – 50,4–20833,0 тис. кл/10 см², 0,055–12,143 мг/10 см² відповідно.

Мікрофітобентос: величини чисельності у водоймі коливались у межах 1147,9–85910,0 тис. кл/10 см², біомаси – 0,198–28,206 мг/10 см², у водотоці – 667,2–112181,0 тис. кл/10 см², 0,418–8,980 мг/10 см² відповідно.

Отже, за наведеними даними, фітопланктон характеризувався найвищими показниками кількісного розвитку серед альгоугруповань. Показники рясності (чисельність і біомаса) фітопланктону та фітоепіфітону у озері вищі, ніж у русловій ділянці. Натомість мікрофітобентос водойми характеризувався більшими показниками біомаси, а водотоку – чисельності.

У формуванні показників рясності виявлені наступні закономірності (рис. 6.12).

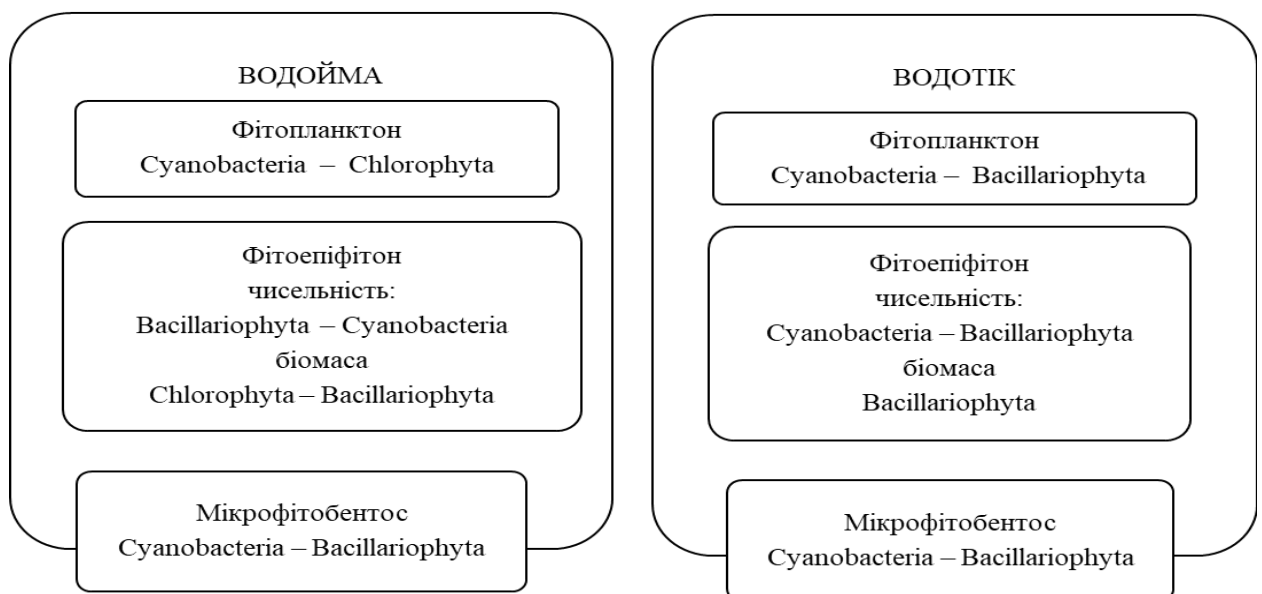


Рис. 6. 12. Характеристика показників рясності провідних відділів фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу водойми та водотоку.

Проведений аналіз складу домінуючих комплексів фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону, дозволив встановити спільні види (за чисельністю та біомасою) для цих альгоугруповань і закономірності, що визначають взаємозв'язки між ними. Так, у лентичній екосистемі спільними домінуючими видами для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону були *Limnotherix redekei*, *Anagnostidinema amphibium*, *Microcystis pulvereae*, *Planktothrix agardhii*; а для контурних альгоугруповань, таких як мікрофітобентос та фітоепіфітон – *Fragilaria fragilarioides*. Натомість у лотичній екосистемі спільним видом домінуючого комплексу для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону є *Microcystis pulvereae*, а для контурних альгоугруповань – *Fragilaria fragilarioides*, *Melosira varians*, які також у певні сезони були спільними для трьох досліджених угруповань (*Melosira varians* – влітку, *Fragilaria fragilarioides* – взимку) (рис. 6.14).

Особливостями формування взаємозв'язків у водних екосистемах є найвища видова подібності між мікрофітобентосом і фітоепіфітоном, як у водоймі ($K_s=0,62$), так і у водотоці ($K_s=0,57$), та значно нижча ($K_s \leq 0,5$) між фітопланктоном – компонентами контурних угруповань (фітоепіфітоном та мікрофітобентосом).

Для встановлення взаємозв'язків між альгоугрупованнями необхідною умовою є з'ясування біотопічної приуроченості спільних видів, що є основою своєрідності видового складу за цією ознакою кожної водної екосистеми, так у лентичній екосистемі вони представлені 142 ввт (69% – планктонні форми, 16% – перифітонні, 15% – бентосні), у лотичній – 101 ввт (47%, 17%, 36% відповідно).

Наведена кількість спільних видів та встановлені взаємозв'язки між різними альгоугрупованнями водних екосистем (рис. 6.13).

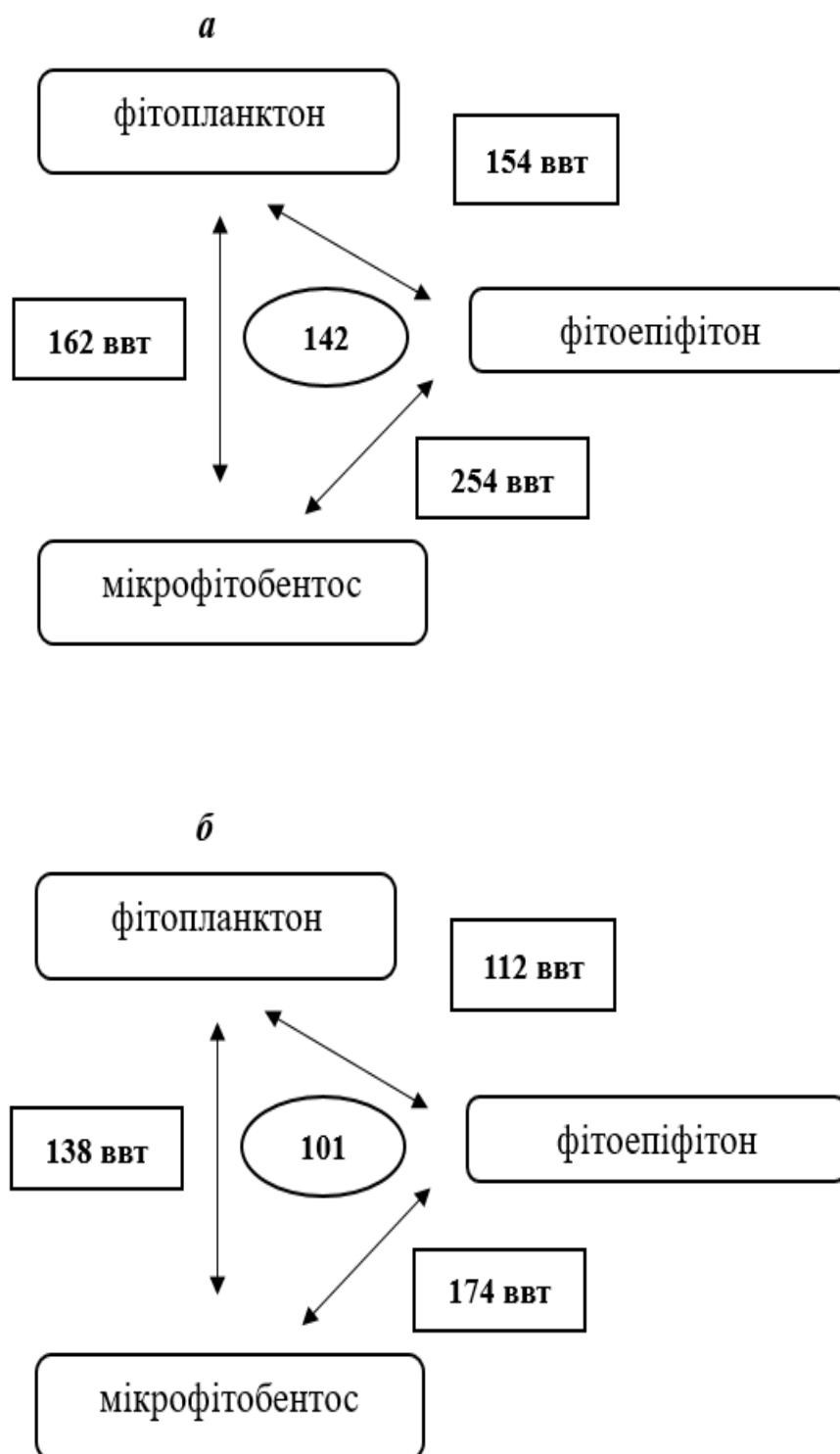


Рис. 6.13. Взаємозв'язки між фітопланктоном, фітоепіфітоном та мікрофітобентосом за кількістю ідентифікованих спільних видів у водоймі (а) і у водотоці (б) 2023–2025 рр.

Водночас незалежно від типу водної екосистеми мікрофітобентос та фітоепіфітон є більш подібними за таксономічним складом і представлені найбільшою кількістю спільних видів, так у водоймі – 254 ввт, у водотоці – 174 ввт.

Вважається, що наявність спільних видів різних альгоугруповань зумовлена наступним: осіданням водоростей із планктону на поверхню ВВР у період інтенсивного розвитку, зокрема «цвітіння» води; надходженням епіфітних видів до планктону завдяки гідрологічним процесам; осіданням видів на дно (так за масової вегетації («цвітіння») *Cyanobacteria* осідають з товщі води на дно); потраплянням бентосних форм до планктону та епіфітону, під час скаламучування м'якого субстрату; у пізньоосінній період відбуваються процеси міграції водоростей з товщі води та з обростань ВВР, в кінці їх вегетації, на дно; при зниженні t води спостерігається зменшення кількості спільних видів *Cyanobacteria* та *Chlorophyta*, але збільшення – *Bacillariophyta*.

Встановлені основні закономірності формування взаємозв'язків характерні як для водойми, так і для водотоку, що були обумовлені біологічними процесами пов'язаними з особливостями вегетації водоростей, сезонними міграціями.

З іншого боку, узагальнення отриманих результатів дозволило встановити відмінності альгоугруповань досліджуваних водних екосистеми. Це пов'язано з умовами, які в них формуються. У лотичній екосистемі у літоралі гідродинамічні процеси відбуваються більш інтенсивно (течії, коливання рівня води обумовлені режимами роботи Київської ГЕС), ніж у лентичній.

За період досліджень 2023–2025 рр. розраховано індекси сапробності за чисельністю та за біомасою фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону літоралі водойми та водотоку (табл. 6.15).

Таблиця 6.15

Характеристика якості водного середовища за сапробіологічними показниками
(методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека)

ФПЛ			
Лентична		Лотична	
β'' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
ЗА ЧИСЕЛЬНІСТЮ	ЗА БІОМАСОЮ	ЗА ЧИСЕЛЬНІСТЮ	ЗА БІОМАСОЮ
2,23 $\pm$ 0,05	2,15 $\pm$ 0,05	1,69 $\pm$ 0,04	1,89 $\pm$ 0,08
β'' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні
ФЕ			
β' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
1,91 $\pm$ 0,05	1,85 $\pm$ 0,05	1,55 $\pm$ 0,02	1,93 $\pm$ 0,06
β' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні
МФБ			
β'' -мезосапробні		β' -мезосапробні	
2,17 $\pm$ 0,05	2,10 $\pm$ 0,05	1,53 $\pm$ 0,05	1,84 $\pm$ 0,04
β'' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	β' -мезосапробні	β' -мезосапробні

Примітка: середнє значення показника.

У літоралі лотичної екосистеми формування взаємозв'язків між водоростями різних екологічних груп відбувається під дією інтенсивних гідродинамічних процесів (інтенсивне перемішування водних мас завдяки течії, зміни рівня води), тому сапробіологічні показники фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону подібні. У лентичній екосистемі ці показники фітопланктону та мікрофітобентосу співпадають, а для фітоепіфітону нижчі, оскільки залежать від вегетації ВВР.

Для характеристики взаємозв'язків між альгоугрупованнями за сапробіологічними показниками фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу встановлено спільні індикаторні види, так для водойми це були: *Limnothrix redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Gogorevia exilis*, *Gomphonema parvulum*, *Epithemia sores*, *Snowella rosea*, *Snowella lacustris*, *Fragilaria crotonensis*, *Cymbella cistula*, *Encyonema elginense*, *Encyonema leibleinii*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Trachelomonas intermedia*, *Trachelomonas volvocina*, *Tetrastrum elegans*, *Ceratium hirundinella*, *Halamphora*

veneta; для водотоку: *Microcystis pulverea*, *Merismopedia tenuissima*, *Planothidium rostratum*, *Karayevia rostrata*, *Asterionella formosa*, *Craticula halophila*, *Melosira varians*, *Surirella librile*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Dolichospermum flosaquae*, *Caloneis silicula*, *Nitzschia paleacea*, *Pediastrum duplex*, *Chrysococcus rufescens*, *Kephyrion moniliferum*. За період досліджень у водоймі ідентифіковано 78 спільних індикаторних видів для фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону, у водотоці – 66 видів.

Отже, встановлені подібності величин сапробності показників фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону вказують на існування взаємозв'язків між ними, що обумовлено наявністю спільних індикаторних видів досліджених альгоугруповань. Водночас важливим є те, що кожне з цих альгоугруповань може бути репрезентативним показником якості водного середовища, що ще раз підкреслює їхні взаємозв'язки.

Встановлені коефіцієнти варіації (C_v , %) індексу Шеннона (H_N , H_B) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону у водоймі складали 27–44% (H_N), 16–29% (H_B), а у водотоці (77–113%, 19–49% відповідно). Більш високі коефіцієнти варіації Шеннона всіх трьох альгоугруповань лотичної екосистеми обумовлено в основному оліго-, монодомінантністю, водночас лентична екосистема характеризувалася полідомінантною структурою, де індекси Шеннона $H > 2$ (біт/екз; біт/мг).

Отже, фітопланктон, мікрофітобентос і фітоепіфітон не є ізольованими угрупованнями, а формують єдину динамічну систему. Основні взаємозв'язки між водоростями різних екологічних груп літоралі водойми та водотоку м. Києва представлено на прикладах спільних видів (рис. 6.14).

Проведене комплексне дослідження фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону показало: подібність таксономічного складу (на рівні видів, відділів), структури альгоугруповань за показниками рясності, величин сапробності, наявність кореляційних зв'язків, спільних видів, спільних домінантів, особливості сезонної динаміки та біотопічної приуроченості таких видів, підтвердило наявність структурних взаємозв'язків між цими альгоугрупованнями

та своєрідність видового складу альгоугруповань кожної водної екосистеми, що визначається спільними видами. Доведено, що фітопланктон, мікрофітобентос, фітоепіфітон є репрезентативними показниками якості водного середовища, що ще раз підкреслює взаємозв'язки між ними.

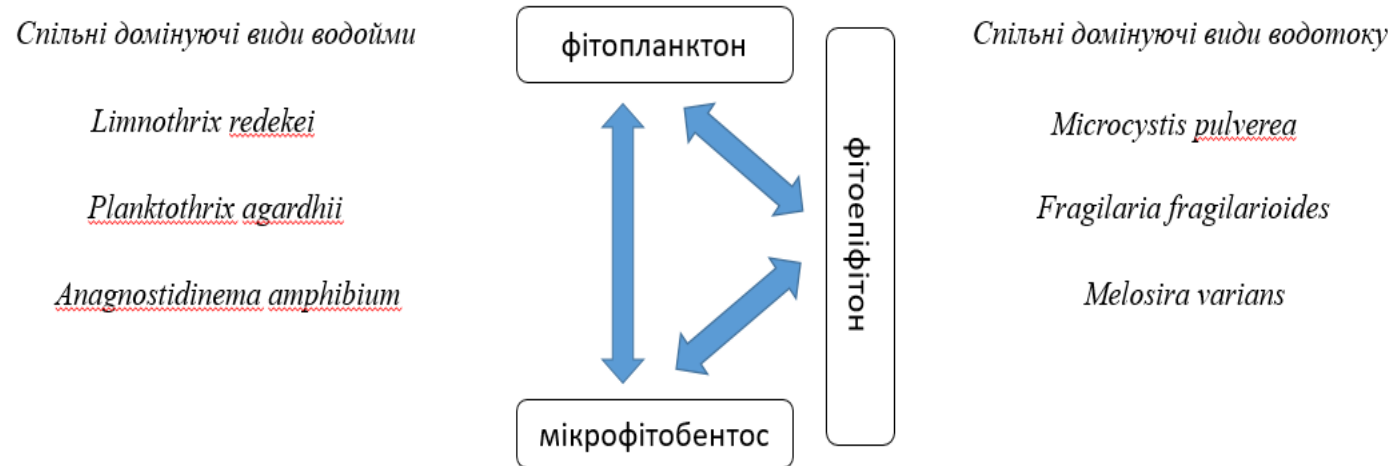


Рис. 6.14. Узагальнююча схема взаємозв'язків різнотипних альгоугруповань літоралі водойми та водотоку.

Висновки

1. У фітопланктоні, фітоепіфітоні, мікрофітобентосі літоралі лентичної екосистеми ідентифіковано 462 види (482 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 53 порядків, 92 родин, 197 родів, а у лотичній – 401 вид (416 ввт) з 8 відділів, 19 класів, 49 порядків, 83 родин, 170 родів. Всього на досліджуваних станціях визначено 563 види (597 ввт) з 8 відділів, 21 класу, 56 порядків, 100 родин, 223 родів.
2. Встановлено, що у водоймі чисельність фітопланктону коливалась у межах 2157,0–1817456,0 тис. кл/дм³, біомаса – 0,599–66,855 мг/дм³; фітоепіфітону – 457,2–33154,0 тис. кл/10 см², 0,048–55,323 мг/10 см²; мікрофітобентосу – 1147,9–85910,0 тис. кл/10 см², 0,198–28,206 мг/10 см². У водотоці – 12654–571734,0 тис. кл/дм³, 0,372–61,800 мг/дм³; 50,4–20833,0 тис. кл/10 см², 0,055–12,143 мг/10 см²; 667,2–112181,0 тис. кл/10 см², 0,418–8,980 мг/10 см² відповідно.
3. Якість водного середовища за фітопланктоном, фітоепіфітоном, мікрофітобентосом у лентичній та лотичній екосистемах характеризувалася як β', β''–мезосапробна зона з індексами сапробності у межах 1,24–2,54. Схожість показників обумовлена наявністю спільних індикаторних видів всіх трьох досліджених альгоугруповань: у водоймі – 78 видів, у водотоці – 66 видів.
4. Порівняння коефіцієнтів Серенсена (K_S) лентичної та лотичної екосистем показали, що найвищий рівень видової подібності спостерігається між мікрофітобентосом і фітоепіфітоном, як у водоймі (K_S=0,62), так і у водотоці (K_S=0,57), а значно нижчий (K_S≤0,5) між фітопланктоном та компонентами контурних угруповань досліджених екосистем.
5. Встановлено, що за весь період досліджень спільними для альгоугруповань лентичної екосистеми було 142 ввт, а лотичної – 101 ввт, а спільними домінантами у озері були *Limnothrix redekei*, *Microcystis pulverea*,

Anagnostidinema amphibium, *Planktothrix agardhii*, у русловій ділянці – *Microcystis pulverea*.

6. Виявлено, що із спільних видів фітопланктону, фітоепіфітону, мікрофітобентосу у лентичній екосистемі планктонні форм складають 98 ввт (69%), перифітонні – 23 (16%), бентосні – 21 (15%); у лотичній – 48 (47%), 17(17%), 36 (36%) відповідно.
7. Застосування індексу інформаційного різноманіття Шеннона (H_N) дозволило виявити пряму статистично достовірну кореляційну залежність між цими показниками фітопланктону та мікрофітобентосу у водоймі ($r = 0,701$, $p = 0,008$) і у водотоці ($r = 0,619$, $p = 0,01$). У лентичній екосистемі коефіцієнти варіації (C_v , %) фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону складала 27–44 %, що було обумовлено переважанням полідомінантних угруповань, а у лотичній (77–113%) – оліго-, монодомінантних угруповань.
8. Встановлена подібність таксономічного складу (на рівні видів, відділів, родів), величин сапробності, наявність кореляційних зв'язків, спільних домінантів, їх сезонної динаміки та біотопічної приуроченості фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоепіфітону є основою структурних взаємозв'язків між альгоугрупованнями літоралі різнотипних водних екосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев А.Д., Щербак В.И. Интегральная количественная оценка состояния фитопланктонного сообщества по структурным показателям. *Гидробиологический журнал*. 1994. Т. 30, № 2. С. 3–7.
2. Асаул З.І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. Київ: Наук. думка, 1975. 407 с.
3. Афанасьев С.А., Колесник М.П., Давиденко Т.В. и др. Санитарно-гидробиологическое состояние озер и заливов жилого массива Оболонь г. Киева. Гидроэкологические проблемы внутренних водоемов Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С. 98–109.
4. Барина С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Изд-во Ун-та Хайфы. 2019. 367 с.
5. Барина С.С., Клоченко П. Д., Белоус Е.П. Водоросли как индикаторы экологического состояния водных объектов: методы и перспективы. *Гидробиологический журнал*. 2015. Т. 51, № 4. С. 3–23.
6. Батог С.В. Вплив внутрішнього водообміну на самоочисні процеси у водоймах різного типу м. Києва. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем*: зб. наук. праць матеріали V наук.-практ. конф. молодих вчених. Київ: 2018. С. 6– 8.
7. Батог С.В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва : автореферат дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.07 / С.В. Батог ; КНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2018. 20 с.
8. Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпрвських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії. / В.Д. Романенко. К.: Наукова думка, 2019. 255 с.
9. Вандюк Н.С. Термический режим Каневского водохранилища как один из важных абиотических факторов функционирования его экосистемы. *Гидробиологический журнал*. 2013. Т. 49, № 4. С. 94–106. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000280883>

10. Вишневський В.І. Водойми Києва. К.: Ніка-Центр, 2021. 280 с.
11. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Оцінювання стану водних об'єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2016. № 11. С. 9–14.
12. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях Дніпровських водосховищ. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів: Збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції*. Київ, 2019. С. 241–243.
13. Гідробіологічні дослідження континентальних водойм в Національній академії наук України (до 90-річчя НАН України) / За ред. В.Д. Романенка. К.: "СПД Москаленко О.М.", 2008. 264 с.
14. Григор'єва Г.Є. Весняний фітопланктон озера Вербне (м. Київ). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: зб. наук. праць, матеріали VI наук.-практ. конф. молодих вчених* (Київ, 2023. 10–11 жовтня 2023 р.). Київ: Інститут гідробіології НАН України, 2023. С. 43–44.
15. Григор'єва Г.Є. Характеристика осіннього мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне (м. Київ, Україна). *Альгологія*. 2025. Т. 35, № 1. С. 58–72. URL: <https://doi.org/10.15407/alg35.01.058>
16. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Перифітонти в донних альгоугрупованнях річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій»* (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.). Львів : СПОЛОМ, 2024. С. 50–52.
17. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Особливості формування видового різноманіття фітоепіфітону озера Вербне (м. Київ, Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна*

науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.: збірник матеріалів. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 76–77.

18. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Структурні компоненти фітоепіфітону *Turpha angustifolia* L. в пізньоосінній період оз. Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць*. Житомир: 2024. С. 37–38.
19. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Bacillariophyta зимового мікрофітобентосу в озері Вербне (Україна). *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: Збірник матеріалів IX з'їзду Гідроекологічного товариства України*. Дніпро, 2024. С. 26–27.
20. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Літоральні евритопні діатомові контурних альгоугруповань озера Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2025 : збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир: Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 62–63.*
21. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Особливості формування показників рясності літнього мікрофітобентосу оз. Вербне (Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025)*. Тернопіль: Вектор, 2025. С. 184–186.
22. Григор'єва Г.Є., Жорова А.В., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Контурні водоростеві угруповання річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024», присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18–19 квітня 2024 р.* Тернопіль: Вектор, 2024. С. 317–323.
23. Гусейнова В.П. Сполуки вуглеводневої природи у функціонуванні прісноводних мікроводоростей: *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук*. Київ, 2010. 24 с.

24. Давидов О.А. Епіфітні угруповання водоростей. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* / За ред. В.Д. Романенка. НАН України: Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
25. Давидов О.А. Структурні компоненти мікрофітобентосу як індикатори впливу антропогенних чинників на водні об'єкти. *Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2009. № 3(40). С. 47–56.
26. Давидов О.А. Екологотопічна характеристика видів домінантного комплексу мікрофітобентосу урбанізованої водойми. *Zoocenosis – 2015. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції.* – Дніпропетровськ: Ліра, 2015. С. 6–8.
URL: https://www.zoology.dp.ua/z15_048.html
27. Давидов О.А. Кількісне різноманіття та домінуючий комплекс осіннього мікрофітобентосу затоки Собаче Гирло (Україна). *Біологічні дослідження – 2025: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р.* Житомир: Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 64–65.
28. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Кількісні показники розвитку осіннього мікрофітобентосу озера Вербне (Україна). *Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій» (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.).* Львів: СПОЛОМ, 2024. С. 52–54.
29. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Структурні компоненти мікрофітобентосу руслової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.:* збірник матеріалів. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 82–83.
30. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Індикаторні еколого-санітарні показники мікрофітобентосу річкової ділянки Канівського водосховища (Україна).

Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць. Житомир: 2024. С. 38–40.

31. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Еколого-морфологічна група крупних діатомових в умовах інтенсивної динаміки водних мас. *Біологічні дослідження – 2025: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир: Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 65–67.*
32. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Трансформація структури мікрофітобентосу за підвищеного рівня води у верхній частині Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференція, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025).* Тернопіль: Вектор, 2025. С. 193–195.
33. Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Особливості формування донних альгоугруповань Київського водосховища (Україна). *Гідробиологічний журнал.* 2024. Т. 60, № 4. С. 23–34.
34. Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Григор'єва Г.Є., Жорова А.В. Домінуючі комплекси мікрофітобентосу та фітоепіфітону заток Верхньої ділянки Канівського водосховища. *Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference.* MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. P. 61–64.
35. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Вплив антропогенного навантаження на розвиток мікрофітобентосу водойм урбанізованих територій. *Інтегроване управління водними ресурсами: Наук. збірник / Відп. ред. В.І. Щербак. К.: ДІА, 2013. 640 с. С. 100 –104.*
36. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Мікрофітобентос водойми мегаполісу з високим рекреаційним навантаженням. *Матеріали наукової конференції “Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку”, 10–13 вересня 2015 р.* Львів: СПОЛОМ, 2015. С. 23.

37. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Структура угруповань мікрофітобентосу водного об'єкту урбанізованої території. *Zoocenosis – 2015. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах*: Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ: Ліра, 2015. С. 76–77. URL: https://www.zoology.dp.ua/z15_047.html.
38. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Мікрофітобентос як біоіндикатор зміни гідроморфометричних параметрів водного об'єкту міста Києва. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія: Біологія*. 2020. №4 (78). С. 30–35.
39. Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Санітарно-гідробіологічна характеристика озера Вербне за мікрофітобентосом. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біолог.* 2019. №3 (77). С. 46–51.
40. Дедусенко-Щеголова Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зеленые водоросли. Класс Вольвоксовые. Ленинград: Изд-во Акад. наук. СССР, 1959. 231 с.
41. Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1989. 216 с.
42. Донная растительность речного участка Каневского водохранилища. / Оксуюк О.П., Давыдов О.А., Дьяченко Т.Н., Меленчук Г.В., Тарашук О.С. Киев: Институт гидробиологии НАНУ, 2005. 40 с.
43. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / О.В. Романенко, О.М. Арсан, Л.С. Кіпніс, Ю.М. Ситник. К.: Наукова думка, 2015. 192 с.
44. Екологічний стан київських водойм. / Відп. ред. В.А. Кундієв. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 256 с.
45. Екологічний стан київських водойм. / Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г., Небогаткін І.В., Хрокало Л.А., Петренко А.А., Назаренко В.Ю., Ляшенко А.В., Зоріна-Сахарова К.Є., Санжак Ю.О., Щербак В.І., Кундієв В.А., Голуб О.О., Клоченко П.Д., Кленус В.Г., Каглян О.Є., Арсан О.М., Ситник Ю.М., Беляєв В.В. Київ: Фітосоціоцентр, 2010. 256 с.

46. Екологічний стан урбанізованих заплавлених водойм. Озеро Видубицьке. / Тімченко В.М., Линник П.М., Щербак В.І. та ін. Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2007. 64 с.
47. Екологічний стан урбанізованих заплавлених водойм. Затока Осокорки. / Тімченко В.М., Линник П.М., Щербак В.І. та ін. Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2011. 76 с.
48. Жежеря В.А., Жежеря Т.П., Линник П.М. Вплив вищої водної рослинності на вміст біогенних елементів у лімнічних системах урбанізованої території. *Гідролог., гідрохім., гідроекол.* 2021. №1(59). С. 50–58.
49. Задорожна Г.М. Особливості розвитку фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних і лентичних умовах. *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17.* Інститут гідробіології НАН України. Київ, 2016. 21с.
50. Задорожна Г.М. Таксономічна структура фітопланктону Канівського водосховища у зимовий період. *Метеорологія, гідрологія, моніторинг довкілля в контексті екологічних викликів сьогодення: матеріали всеукраїнської конференції молодих вчених (16–17 листопада, 2016 р.).* Київ: Ніка–Центр, 2016. С. 89–90.
51. Задорожна Г.М. Розвиток фітопланктону Канівського водосховища під час весняної повені 2018 р. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: зб. наук. праць матеріали V наук.-практ. конф. молодих вчених.* Київ: 2018. С. 17–18.
52. Задорожна Г.М. Щербак В.І. Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища *Гідробіол. журн.*, 2016. Т. 52, № 5. С. 18–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2016_52_5_4
53. Зайцев Ю.П. О контурной структуре гидросферы. *Гидробиологический журнал.* 2015. Т. 51, № 1. С. 3–27.
54. Иванов А.И. Материали по фитопланктону антарктических вод в 1955–1963 гг. Одесса: БФ Институт Ноосферы, 2004. 47 с.

55. Кирпенко Н.И. Аллелопатическое взаимовлияние пресноводных водорослей. Киев: Наукова думка, 2013. 253 с.
56. Киселев И.А. Пиррофитовые водоросли. / Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. М.: Сов. наука, 1954. 212 с.
57. Кіпніс Л.С., Юришинець І.В. Екологічний стан водних об'єктів м. Києва з високим рекреаційним навантаженням. *Інтегроване управління водними ресурсами*: Наук. збірник. / Відп. ред. В.І. Щербак. К.: ДІА, 2013. 640 с. С. 120–126.
58. Клоченко П.Д., Шевченко Т. Ф., Ліліцька Г.Г., Білоус О.П., Незбрицька І.М., Горбунова З.Н. Фітопланктон водойм із різним ступенем антропогенного забруднення. *Гідробиологічний журнал*. 2020. Т. 56, № 1(331). С. 15–32.
59. Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Тарашук О.С. Фитозеопитон придаточной сети Каневского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 2016. Т. 52, № 1. С. 23–39. URL: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/152086>
60. Клоченко П.Д., Харченко Г.В., Шевченко Т.В. Особливості таксономічної структури фітозеопітону водойм м. Києва. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2012. № 1 (50). С. 42–49.
61. Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Харченко Г.В. Структурная организация фитопланктона и фитозеопитона озер г. Киева. *Гидробиологический журнал*. 2013. Т. 49, № 2. С. 50–66.
62. Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Харченко Г.В. Структурно-функциональная организация фитопланктона в зарослях и на открытых участках озер г. Киева. *Гидробиологический журнал*. 2015. Т. 51, № 1. С. 49–65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2015_51_1_5
63. Козійчук Е.Ш. Продукційні характеристики фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2015, № 3–4 (64). С. 328–331.
64. Козійчук Е.Ш. Фітомікробентос Кілійської дельти Дунаю. *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17*. Інститут гідробіології НАН України. Київ, 20. 23 с.

65. Козійчук Е.Ш., Задорожна Г.М. Оцінка якості води різнотипних водойм за водоростевими угрупованнями. *Інтегроване управління водними ресурсами: Наук.збірник / Відп. ред. В.І. Щербак. К.: ДІА, 2014. 379 с. С. 59–65.*
66. Кондратьєва Н.В. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Клас гормогонієві – Hormogoniophyceae / *Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1, ч. 2. Київ: Наук. думка, 1968. 523 с.*
67. Кондратьєва Н.В., Коваленко О.В., Приходькова Л.П. Синьозелені водорості – Cyanophyta. Клас хроококові водорості – Chroococcophyceae. Клас хамесифонові водорості – Chamaesiphonophyceae / *Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1, ч. 1. Київ: Наук. думка, 1984. 338 с.*
68. Кравцова О.В. Фітопланктон різнотипних водойм природоохоронних урбанізованих територій. *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.17. Інститут гідробіології НАН України. Київ, 2019. 20 с.*
69. Курейшевич А.В., Сиренко Л.А. Влияние фитопланктона на формирование величины рН воды (на примере днепровских водохранилищ). *Гидробиологический журнал. 1994. Т. 30, № 2. С. 7–21.*
70. Ларіонова Д.П., Давидов О.А. Автохтонні компоненти озера Вербне. *Біологічні дослідження – 2018. Збірник наукових праць. Житомир: ПП «Рута», 2018. С. 181–182.*
71. Линник П.Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов. *Гидробиол.журн. 1999. 35, №2. С. 97–109.*
72. Линник П.М., Жежеря В.А. Особливості динаміки окремих елементів гідрохімічного режиму малих водойм урбанізованої території: кисневий режим та мінералізація. *Гідробіологічний журнал. 2022. Т. 58, № 2. С. 99–116.*
73. Майстрова Н.В. Особливості структурного різноманіття фітопланктону кийівської ділянки Канівського водосховища. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. Гідроекологія. 2005. № 3 (26). С. 275–277.*

74. Мантурова О.В. Фітопланктон малих річок урбанізованої території.: *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біол. наук: 03.00.17.* Ін-т гідробіології. Київ, 2006. 19 с.
75. Матвиенко А.М. Золотистые водоросли / *Определитель пресноводных водорослей СССР.* М.: Сов. наука, 1954. Вып. 3. 188 с.
76. Матвієнко О.М. Золотисті водорості – Chrysophyta / *Визначник прісноводних водоростей УРСР.* К.: Наук. думка, 1965. Вип. 3, ч. 1. 367 с.
77. Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. Жовтозелені водорості – Xanthophyta / *Визначник прісноводних водоростей УРСР.* Вип. 10. К.: Наук. думка, 1978. 512 с.
78. Медведь В.О., Харченко Г.В. Пігментні і кількісні показники фітопланктону озер мегаполісу та оцінка їхнього трофічного статусу. *Гідробіологічний журнал.* 2022. Т. 58, № 1. С. 57–70.
79. Медведь В.О., Харченко Г.В. Пігментні показники фітоепіфітону річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Гідробіологічний журнал.* 2024. Т. 60, № 2. С. 64– 78.
80. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. / *За ред. В.Д. Романенка.* Київ: Логос. 408 с.
81. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир. 1975. 742 с.
82. Одум Ю. Экология: В 2-х т. Т. 1–2. М.: Мир. 1986. 328, 376 с.
83. Оксiюк О.П. Водоросли каналов мира. Киев: Наукова думка. 1973. 207 с.
84. Оксiюк О.П., Давыдов О.А. Методические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу. *Гидробиол. журн.* 2006. Т. 42, № 2. С. 98–112.
85. Оксiюк О.П., Давыдов О.А. Санитарная гидробиология в современный период. Основные положения, методология, задачи. *Гидробиол. журн.* 2012. Т. 48, № 6. С. 50–65.
86. Оксiюк О.П., Стольберг Ф.В. Количественная оценка формирования некоторых показателей качества воды в водотоках. *Гидробиологический журнал.* 1988. Т. 24, № 5. С. 23–29.

87. Оксiюк О.П., Тимченко В.М., Давидов О.А. и др. Состояние экосистемы Киевского участка Каневского водохранилища и пути его регулирования. К: Ин-т гидробиологии НАНУ, 1999. 60 с.
88. Оксiюк О.П., Тимченко В.М., Давыдов О.А., Дьяченко Т.Н., Якушин В.М. Экологические попуски Киевской ГЭС. НАН Украины. Ин-т гидробиологии. К., 2003. 72 с.
89. Определитель пресноводных водоростей СССР. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. Паламар-Мордвинцева Г. М. Л: Наука, 1982. Вып. 11(2). 620 с.
90. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс улотриксковые. Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Л.: Наука, 1986. Вып. 10(1). 360 с.
91. Осипенко В.П., Морозова А.О. Внутрішньорічний розподіл органічних та біогенних речовин у воді озера Вербного (м. Київ). *Гідрол., гідрохім., гідроеколог.* 2020, № 1(56) С. 41–47. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.4>
92. Паламар-Мордвинцева Г.М. Кон'югати – Conjugatophyceae / Визначник прісноводних водоростей УРСР. Київ: Наук. думка, 1984. Вип. 8, ч. 1. 512 с.
93. Панасюк І.В., Томільцева А.І., Зуб Л.М., Погорелова Ю.В. Якість води у міських водоймах та характер освоєння водоохоронних зон (на прикладі озер системи «Опечень», м. Київ). *Екологічна безпека та природокористування.* / гол. ред. О.С. Волошкіна, Т.М. Трофімчук. ІТГУ простору НАН України: збірник наукових праць. м. Київ, 2015. № 4 (20). С. 63–69.
94. Панасюк І.В., Томільцева А.І., Зуб Л.М., Скідан В.В. Методологія розробки комплексу еколого-інженерних компенсаторних заходів зі зменшення антропогенного впливу на водні екосистеми (на прикладі системи озер «Опечень», м. Київ). *Екологічна безпека та природокористування.* / гол. ред. О.С. Волошкіна, Т.М. Трофімчук. ІТГУ простору НАН України: збірник наукових праць. м. Київ, 2016. № 3–4 (22). С. 81–86.

95. Пашкова О.В. Зоопланктон. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* / За ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос. 2006. С. 85–100.
96. Пікуш М.В. Гідрологічні дослідження водоймищ на Дніпрі. *Вісн. АН УРСР.* 1975. № 2. С. 59–64.
97. *Положення про іхтіологічно-ботанічний заказник місцевого значення «Озеро Вербне».* Розпорядження Київської міської військової адміністрації від 05 жовтня 2023р. № 782. URL:
https://kyivcity.gov.ua/npa/pro_zatverdzhennya_polozhennya_pro_ikhtiologichno-botanichniy_landshaftniy_zakaznik_mistsevogo_znachennya_ozero_verbne/kmva_782/
98. Постанова КМУ № 758 *Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод* від 19.09.2018 р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF/ed20180919#Text>
99. Прокопук М.С., Погорєлова М.С. Сезонна динаміка вмісту біогенних речовин у водоймах міста Києва. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки.* 2017. № 1. С. 161–169. URL:
http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vznu_bio_2017_1_19.
100. Протасов О.О. Біорізноманіття та його оцінка. Концептуальна диверсикологія. К.: Академперіодика, 2008. 106 с.
101. Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидрологии. К.: Академперіодика, 2011. 794 с.
102. Протасов О.О., Силаєва А.А., Морозовська І.О., Новосьолова Т.М. Біотичні групування техно-екосистем енергетичних станцій України. *Інтегроване управління водними ресурсами: Наук. збірник.* / Відп. ред. В.І. Щербак. К.: ДІА, 2013. 640 с. С. 162–170.
103. Рибка Т.С. Оцінка екологічного стану оз. Вербного за індикаторними показниками зоопланктону. *Біологічні дослідження – 2019: Збірник наукових праць.* Житомир: 2019. С. 177–179.
104. Рішення Київської міської ради народних депутатів XVI сесії XXI скликання від 17 лютого 1994 р. № 14. *Про створення, резервування та збереження*

територій і об'єктів природно-заповідного фонду в м. Києві. URL:
<https://old.kmr.gov.ua/uk/rishenya>

105. Романенко В.Д. Основи гідроекології: Підручник. К.: Оберіг, 2001. 728 с.
106. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Київ: ЗАТ «ВІПОЛ», 2001. 48 с.
107. Романенко В.Д., Ляшенко А.В., Афанасьев С.А., Зорина-Сахарова Е.Е. Биоиндикация экологического состояния водоемов в черте г. Киева. *Гидробиологический журнал*. 2010. Т. 46, № 2. С. 3–24.
108. Семенюк Н.Є. Фітопланктон різнотипних водойм м. Києва: *автореф. дис.канд. біол. наук: 03.00.17*. Ін-т гідробіології. Київ, 2007. 21 с.
109. Семенюк Н.Є. Фітоепіфітон водних об'єктів басейну Дніпра: *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біол. наук: 03.00.17*. Ін-т гідробіології. Київ, 2020. 40 с.
110. Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Григор'єва Г.Є., Жорова А.В., Козійчук Е.Ш. Процес колонізації *Typha angustifolia* L. водоростями різних екологічних груп на річковій ділянці Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна). *Гідробіологічний журнал*. 2025. Т.61, №5. С. 3–24.
111. Семенюк Н.Є., Задорожний Я.В. Оцінка екологічного стану ландшафтно-рекреаційних ставів, за показниками кисневого режиму і різноманіття фітопланктону. *Інтегроване управління водними ресурсами: Наук. збірник / Відп. ред. В.І. Щербак К.: ДІА, 2013. 640 с. С. 76–81.*
112. Семенюк Н.Є., Морозова А.О., Шерман І.М., Кутіщев П.С. Фітоепіфітон як біологічний індикатор просторово-часових змін мінералізації води Нижнього Дніпра. *Гідробіологічний журнал*. 2020. Т. 56, № 2. С. 3–17. URL:
http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2020_56_2_3
113. Семенюк Н.Е., Щербак В.И. Структурно-функциональная организация фитоэпифитона днепровских водохранилищ и факторы, ее определяющие. Сообщение 2: роль гидрологических и гидрохимических факторов.

- Гидробиологический журнал*. 2016. Т. 52, № 6. С. 3–16. URL: <http://jnas.nbuiv.gov.ua/article/UJRN-0000642700>
114. Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Динаміка локальних угруповань фітопланктону верхньокаскадних дніпровських водосховищ за сучасних умов. *Альгологія*. 2025. Т. 35, № 1. С. 30-57. URL: <http://jnas.nbuiv.gov.ua/article/UJRN-0001552965>
 115. Сиренко Л.А. Альгофизиология и проблемы ее развития. Развитие гидробиологических исследований в Украине. Киев: Наук.думка, 1993. 217 с.
 116. Тарашук О.С. Епіфітні угруповання водоростей річкової ділянки Канівського водосховища залежно від екологічних факторів. *Гидробиологический журнал*. 2009. Т. 45, № 4. С. 34–51.
 117. Тімченко В.М. Екологічна гідрологія водойм України. К.: Наукова думка, 2006. 383 с.
 118. Тимченко В.М., Дубняк С.С. Экологические аспекты водного режима Киевского участка Каневского водохранилища. *Гидробиол. журн*. 2000. Т. 36, №3. С.57–67.
 119. Тімченко В.М., Линник П.М., Холодько О.П., Беляев В.В. Вандюк Н.С., Гуляєва О.О., Жежеря В.А. Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища. / За редакцією В.М. Тімченка. Київ: Логос, 2013. 60 с.
 120. Топачевський О.В., Оксіюк О.П. Діатомові водорості – Bacillariophyta (Diatomeae). *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*, Т.11. К.: Вид-во АН УРСР, 1960. 412 с.
 121. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробіологія: навчальний посібник. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с.
 122. УкрГМЦ. URL: <https://www.meteo.gov.ua/>
 123. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Прил. 1. Индикаторы сапробности. М: СЭВ, 1977. 91 с.
 124. Фитомикробентос Днепра, его водохранилищ и Днепроовско-Бугского лимана / К.С. Владимирова. К.: Наукова думка, 1978. 232 с.

125. Фітопланктон київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають / Щербак В.І., Майстрова Н.В. К.: Інститут гідробіології НАНУ, 2001. 70 с.
126. Харченко Г.В. Фітоепіфітон і його функціональна активність у водоймах урбанізованих територій: *Автореферат дисертації канд. біол. наук: 03.00.17*. Ін-т гідробіології. Київ, 2009. 61 с.
127. Хільчевський В.К., Бойко О.В. Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків території м. Києва. У кн.: *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*: Зб. наук. праць. Т. 2. Київ: Ніка-центр., 2001. С. 529–535.
128. Хільчевський В.К. Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України: підручник ВПЦ "Київський університет", 2019. 343 с.
129. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. / Ан. УССР. Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного. Отв. ред. Паламарь-Мордвинцева Г.М. Київ: Наук. думка. 1990. 208 с.
130. Царенко П.М., Виноградова О.М., Бурова О.В. та ін. Продромус спорових рослин України: Водорості. Книга 1, 2. Київ, Наукова думка. 2024. 880 с., 677 с.
131. ЦГО. [URL:http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/19-hidrolohiia](http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/19-hidrolohiia)
132. Шевченко Т.Ф. Ценологический анализ фитоэпифитона зеленых нитчатых водорослей водохранилищ Днепровского каскада. *Гидробиологический журнал*. 2011. Т. 47, № 4. С. 3– 14. URL:<https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/80694>
133. Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д., Батог С.В. Ценологічний аналіз фітоепіфітону Канівського водосховища (Україна). *Гідробіологічний журнал*. 2020. Т. 56, № 4. С. 47– 66. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2020_56_4_6
134. Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д., Харченко Г.В., Горбунова З.Н.. Фітоепіфітон озер мегаполісу в умовах антропогенного впливу. *Гідробіол. журн*. 2021. Т.57, №2. С. 53–69.

135. Щербак В.И. Продукция фитопланктона и его трофическая роль в экосистеме Киевского водохранилища.: *автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.18*. Ін-т гідробіології. Київ, 1987. 18 с.
136. Щербак В.І. Структурно-функціональна характеристика дніпровського фітопланктону: *автореф. дис. доктора біол. наук: 03.00.17*. Ін-т гідробіології. Київ, 2000. 32 с.
137. Щербак В.І. Структурно-функціональна організація фітопланктону деяких різнотипних водойм м. Києва. *Екологічний стан водойм м. Києва*. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. С. 97–109.
138. Щербак В.І. Фітопланктон. Фітомікробентос. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В.Д. Романенка. НАН України: Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
139. Щербак В.І. Оцінка потенційних і наявних загроз екологічному стану, якості води і біорізноманіттю різнотипних водойм і водотоків мегаполісів. *Інтегроване управління водними ресурсами: Наук. збірник* / Відп. ред. В.І. Щербак. К.: ДІА, 2013. 640 с. С. 26–39.
140. Щербак В.И. Отклик фитопланктона Киевского водохранилища на повышение летних температур. *Гидробиологический журнал*. 2018. Т. 54, № 5. С. 20–38.
141. Щербак В.І. Основні закономірності реакції екосистем водосховищ на зміни клімату та розвиток біологічної інвазії. У кн.: *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії*. Київ: Наук. думка, 2019. С. 178–193.
142. Щербак В.И., Задорожная А.М. Сезонная динамика фитопланктона киевского участка Каневского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 2013. Т. 49, № 2. С. 28–38.
143. Щербак В.И., Задорожна А.М., Калениченко К.П. Пространственно-временная динамика фитопланктона придаточной сети Киевского участка

- Каневского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 2014. Т. 50, № 1. С. 3–14.
144. Щербак В.І. Майстрова Н.В. Реакція дніпровського фітопланктону на зміну біогенного режиму. *Перспективи гідробіологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів*: збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції (м. Київ, 6-8 листопада 2019 р.). Гідроекологічне товариство України, Інститут гідробіології НАН України. Київ, 2019. С. 100–102.
 145. Щербак В.І., Майстрова Н.В., Задорожна Г.М. Різноманіття дніпровського фітопланктону. У кн.: *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії*. Київ: Наук. думка, 2019. С. 47–61.
 146. Щербак В.І., Майстрова Н.В., Морозова А.О., Семенюк Н.Є. Національний природний парк «Прип'ять-Стохід». Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів. / Під ред. В.І. Щербака. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 164 с.
 147. Щербак В.І., Семенюк Н.Є. Фітопланктон як показник ступеня урбанізації внутрішніх водойм м. Києва. *Наук. праці УкрНДГМІ*. Київ, 2003. Вип. 251. С. 156–162.
 148. Щербак В.І., Семенюк Н.Е. Использование фитопланктона для оценки экологического состояния водоемов мегаполиса согласно Водной Рамочной Директиве ЕС 2000/60. *Гидробиологический журнал*. 2008. Т. 44, № 6. С. 29–40.
 149. Щербак В.І., Семенюк Н.Е. Использование фитомикрופерифитона для оценки экологического состояния антропогенно измененных водных экосистем. *Гидробиологический журнал*. 2011. Т. 47, № 2. С. 27–42.
 150. Щербак В.І., Семенюк Н.Є. Відгук фітоепіфітону Канівського водосховища на регіональні кліматичні зміни. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів*: Збірник матеріалів VIII

- з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції. Київ, 2019. С. 104–106.
151. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Домінуючі комплекси видів у метаугрупованнях водоростей планктону, бентосу, перифітону. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2024. № 3–4 (84). С. 25–36.
 152. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Давидов О.А., Ларіонова Д.П. Сучасна характеристика фітопланктону, мікрофітобентосу та фітоепіфітону Канівського водосховища. Повідомлення 1: Таксономічне, екологічне різноманіття та просторовий розподіл. *Альгологія*. 2023. Т. 33, № 3. С. 147–184. URL: <https://doi.org/10.15407/alg33.03.147>
 153. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Кутіщев П.С., Луценко Д.А., Козійчук Е.Ш. Характеристика фітопланктону різнотипних дніпровських екосистем: кількісний розвиток, домінуючий комплекс, реакція водоростей на вплив певних екологічних чинників і якість водного середовища. *Гідробіол. журн.* 2025. Т. 61, № 1. С. 3–29.
 154. Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Якушин В.М. Структурно-функціональна організація фітопланктону великого рівнинного водосховища в умовах глобальних кліматичних змін (на прикладі Канівського водосховища). *Гідробіологічний журнал*. 2022. Т. 58, № 4. С. 3–27.
 155. Щербак В.І., Якушин В.М., Задорожная А.М., Семенюк Н.Є., Линчук М.І. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона, фитомикроэпифитона и биогенных элементов на речном участке Каневского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 2015. Т. 51, № 5. С. 52–66. URI: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/126291>
 156. Юришинець В.І., Семенюк Н.Є., Щербак В.І., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., Шелюк Ю.С. Деякі актуальні проблеми застосування теорії метаугруповань при комплексному вивченні фітопланктону, мікрофітобентосу, фітоперифітону континентальних водних екосистем. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 56–73.

157. Яворський В.Ю. Прояви дискретності і континуальності донної фауни Десни і Канівського водосховища. *Наук. зап. Тернопіль. Держ. пед. ун-ту. Сер.: Біол. Спец. вип.: Гідроекологія*. 2005. № 3 (26). С. 502–504.
158. Якушин В.М., Щербак В.І., Лінчук М.І. Гідрохімічний режим екосистем водосховищ в умовах зміни клімату. У кн.: *Біорізноманіття та біоресурсний потенціал екосистем дніпровських водосховищ в умовах кліматичних змін і розвитку біологічної інвазії*. Київ : Наук. думка, 2019. С. 47–61.
159. Ярмошенко Л.П. Влияние внутрисуточного режима работы Киевской ГЭС на структуру микрофитобентоса киевского участка Каневского водохранилища. *Гидробиол. журн.* 2003. Т. 39, № 6. С. 34–41.
160. Ярмошенко Л.П. Формування мікрофітобентосу верхньої частини Канівського водосховища за умов антропогенного впливу: *Автореф. дис. канд. біол. наук*. Київ. 2007. 24 с.
161. Ярмошенко Л.П. Сукцессия микрофитобентоса верхней части Каневского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 2013. Т. 49, № 4. С. 18–30. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000280876>
162. Afanasyev S.O. Problems and progress of investigations of hydroecosystems' ecological state in view of implementation of EU environmental directives in Ukraine. *Hydrobiol. J.*, 2019. Vol. 55, № 2. P. 3–17.
163. Amiraux R., Lavaud J., Cameron-Bergeron K., Matthes L.C., Peeken I., Mundy C.J., et al. Content in fatty acids and carotenoids in phytoplankton blooms during the seasonal sea ice retreat in Hudson Bay complex, Canada. *Elem Sci Anth*, 2022. Vol. 10, Issue 1. P. 89–106. DOI:10.1525/elementa.2021.00106.
164. Androuin T., Polerecky L., Decottignies P., Dubois S.F., Dupuy C., Hubas C., Jesus B., Le Gall E., Marzloff M.P. and Carlier A. Subtidal Microphytobenthos: A Secret Garden Stimulated by the Engineer Species *Crepidula fornicata*. *Frontiers in Marine Science*. December 2018. Vol. 5. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00475>
165. Biovolume and surface area calculations for microalgae, using realistic 3D models. URL: https://shiny.freshwater-ecology.com/3D_Algae/

166. Bohórquez J., McGenity T.J., Papaspyrou S., García-Robledo E., Corzo A., Underwood G.J.C. Different Types of Diatom-Derived Extracellular Polymeric Substances Drive Changes in Heterotrophic Bacterial Communities from Intertidal Sediments. *Front Microbiol.* Feb 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00245. PMID: 28289404; PMCID: PMC5326797
167. Burford M.A. The role of nitrogen in promoting the toxic cyanophyte *Cylindrospermopsis raciborskii* in a subtropical water reservoir. *Freshwater Biology.* 2006. Vol. 51, Issue 11. P. 2143–2153.
168. Cael B.B., Bisson K., Boss E. et al. Global climate-change trends detected in indicators of ocean ecology. *Nature.* 2023. Vol. 619. P. 551–554. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06321-z>
169. Chu Zh, Jin X., Iwami N., Inamori Y. The effect of temperature on growth characteristics and competitions of *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria mougeotii* in a shallow, eutrophic lake simulator system. *Hydrobiologia.* 2007. Vol. 581, Issue 1. P. 217-223. DOI: [10.1007/978-1-4020-6158-5_24](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6158-5_24)
170. Daggers, T. D. Quantifying the role of microphytobenthos in temperate intertidal ecosystems using optical remote sensing. [PhD Thesis - Research UT, graduation UT, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente]. University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). 2021, 202 p. URL: <https://doi.org/10.3990/1.9789036551243>
171. Davis C.S. Data Report for Video Plankton Recorder Cruis. Boston: Massachusetts Water Res. Authority. 1998, 22. 118 p.
172. Davydov O.A. Ecologic and morphological structure of microphytobenthos in Verbnoe lake (Ukraine). *Матеріали Всеукраїнської міжнародної конференції «Актуальні проблеми альгології»*. Київ, 2019. С. 28–29. *Advances in Modern Phycology: Book of Abstracts of the VI International Conference.* Kyiv, 2019. 128 p.
173. Descy J.-P., Darchambeau F., Lambert T. et al. Phytoplankton dynamics in the Congo River. *Freshwater Biology.* January, 2017. Vol. 62, Issue 1. P. 87–101. DOI: [10.1111/fwb.12851](https://doi.org/10.1111/fwb.12851)

174. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Offic. J. EC. L.* 327, 22.12.2000. 72 p.
175. Du J., Izquierdo D., Naoum J. Pesticide responses of Arctic and temperate microalgae differ in relation to ecophysiological characteristics. *Aquatic Toxicology*. 2023. Vol. 254. ID: 106323.
176. Duffy J.E., Cardinale B.J., France K.E., McIntyre P.B., Thébault E., Loreau M. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. *Ecol Lett.* Jun. 2007. Vol. 10, Issue 6. P. 522–538. DOI:10.1111/j.1461-0248.2007.01037.x. PMID: 17498151.
177. Dutkiewicz S., Hickman A.E., Jahn O. et al. Ocean colour signature of climate change. *Nat Commun.* 2019. Vol. 10, 578. P. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08457-x>
178. Figueroa F., Pedreros P., Cruces F. et al. Effect of *Didymosphenia geminata* coverage on the phytobenthic community in an Andean basin of Chile. *Rev. Chil. de Hist. Nat.* 2018. Vol. 91, 10. URL: <https://doi.org/10.1186/s40693-018-0080-y>
179. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Univ. Ireland, Galwa, 2023.
180. Hampton S.E. and others. Ecology under lake ice. *Ecol. Lett.* 2017. Vol. 20. P. 98–111. DOI:10.1111/ele.12699
181. Hoppe C.J.M., Fuchs N., Notz D. et al. Photosynthetic light requirement near the theoretical minimum detected in Arctic microalgae. *Nat Commun.* 2024. Vol. 15, 7385. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51636-8>
182. Huang Y., Shen Y., Zhang S., Li Y., Sun Z., Feng M., Li R., Zhang J., Tian X. and Zhang W. Characteristics of Phytoplankton Community Structure and Indication to Water Quality in the Lake in Agricultural Areas. *Front. Environmental Science*. 2022. Vol. 10, 833409. DOI: 10.3389/fenvs.2022.833409
183. Hutchinson G.E. The Paradox of the Plankton. *Amer. Natur.* 1991. Vol. 95, Issue 882. P. 37–145.

184. Institut Des Substances et Organismes de la Mer. URL: <https://isomer.univ-nantes.fr/team-rsbe/projects> (Access date 05.08.2023).
185. Jaschinski S., Aberle N., Gohse-Reimann S., Brendelberger H., Wiltshire K.H., Sommer U. Grazer diversity effects in an eelgrass-epiphyte-microphytobenthos system. *Oecologia*. 2009. Vol. 159, Issue 3. P. 607–615. DOI: 10.1007/s00442-008-1236-2.
186. Jaschinski S., Flöder S., Sommer U. Consumer identity, abundance and nutrient concentration affect epiphyte diversity in an experimental eelgrass system. Published by Nordic Ecological Society . *Oikos*. May 2010. Vol. 119, Issue 11. P. 1745–1754. DOI: [10.1111/j.1600-0706.2010.18377.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18377.x).
187. Jaschinski S., Sommer U. How do nutrient conditions and species identity influence the impact of mesograzers in eelgrass-epiphyte systems? *Marine Biology*. January 2011. Vol. 158, Issue 1. P. 193–203.
188. Knob R.A.E., Roos C. and Oirschot van M.C.M. Biological assessment methods for watercourses. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. RIZA, Lelystad, 1995. Vol. 3, no. 95.066.
189. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, New York: G. Fischer. 1986. 876 p.
190. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, New York: G. Fischer. 1991. 600 p.
191. Le T.T., Phan D.D., Tran V.T., Nguyen. V.T. Phytoplankton and relationship between phytoplankton community and environmental parameters of some water bodies in Soc Trang province. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 2023. Vol. 65, Issue 1. P. 89–96. URL: [https://doi.org/10.31276/VJSTE.65\(1\).89-96](https://doi.org/10.31276/VJSTE.65(1).89-96).
192. Meleder V., Jesus B., Barnett A., Barille L., Lavaud J. Microphytobenthos primary production estimated by hyperspectral reflectance. / Editor Francois G. Schmitt, CNRS, FRANCE. *PLoS ONE*. May 14, 2018. Vol. 13, Issue 5. e0197093. DOI: [10.1371/journal.pone.0197093](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197093)

193. Oksiyuk O.P., Davydov O.A. Algae Cenoses of Microphytobenthos in the Dnieper Reservoirs and in the Dnieper-Bug Estuarine Region. *Hydrobiological Journal*. 2010. Vol. 46, Issue 4. P. 45–66.
194. Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Y.I. Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiological Journal*. 2009. Vol. 45, Issue 2. P. 13–23.
195. Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. Microphytobenthos as bioindicator of state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*. 2011. Vol. 47, Issue 1. P. 72–85.
196. Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo Yu.I. Sanitary and hydrobiological assessment of the state of the river section of the Kanev Reservoir in terms of the structural indices of microphytobenthos algae cenoses. *Hydrobiological Journal*. 2012. Vol. 48, Issue 5. P. 53–68.
197. Oksiyuk, O.P., Davydov O.A., Melenchuk G.V. Cenological analysis of microphytobenthos using the method of Braun-Blanquet. *Hydrobiological Journal*. 2005. Vol. 41, Issue 1. P. 99–112.
198. Passy S.I. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*. 2007. Vol. 86. P. 171–178.
199. Qin B. Ecosystem health and ecohydrology of shallow lakes in China. *Ecohydrology and Hydrobiology*. November 12, 2021. URL: <https://www.journals.elsevier.com/ecohydrology-and-hydrobiology/call-or-papars/ecosystem-health-and-ecohydrology-of-shalloow-lakes-in-china>
200. Qin B., Deng J., Shi K., et al. Extreme Climate Anomalies Enhancing Cyanobacterial Blooms in Eutrophic Lake Taihu, China. *Water Resources Research*. July 2021. Vol. 57. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1029/2020WR029371>
201. Ribalet F., Dutkiewicz S., Monier E., et al. Future ocean warming may cause large reductions in *Prochlorococcus* biomass and productivity. *Nat Microbiol*. 2025. Vol. 10. P. 2441–2453. URL: <https://doi.org/10.1038/s41564-025-02106-4>

202. Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Davydov O.A., Larionova D.P. Present-day characteristics of phytoplankton, microphytobenthos and phytoepiphyton of the Kaniv Reservoir. Report 2: Abiotic variables, quantitative diversity, dominant species complex, trophic state, water quality. *Algologia*. 2023. Vol. 33, Issue 4. P. 247–277.
203. Sladeček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*. 1973. Vol. 7. P. 1–128.
204. Sørensen T.A. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*. 1948. Vol. 5. P. 1–3.
205. Sulastri S., Henny C. and Susanti E. Phytoplankton composition and abundance in the floating treatment wetlands (FTWs) system of Lake Maninjau, Indonesia. Publishing Ltd *International Conference on Tropical Limnology* 2019. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 535, Issue 1. 012014 IOP. Publishing DOI: 10.1088/1755-1315/535/1/0120141
206. Tóth V.R. The impact of epiphytic algae on the foliar traits of *Potamogeton perfoliatus*. *Front. Plant Sci.* 2025. Vol. 16. 1561709. DOI: 10.3389/fpls.2025.1561709
207. Tsarenko P., Wasser S., Nevo E. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Institute of Evolution, University of Haifa, Israel, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Rugell: A. R. Gantner Verlag, 2006. 755 p. ISBN 10: 3-906166-44-9; ISBN 13 978 – 3-906166-45-2.
208. Twiss M. R., and others. Diatoms abound in ice-covered Lake Erie: An investigation of offshore winter limnology in Lake Erie over the period 2007 to 2010. *J. Great Lakes Res.* 2012. Vol. 38, Issue 1. P. 18–30. DOI : 10.1016/j.jglr.2011.12.008

209. Washington H.G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*. 1984. Vol. 18, Issue. 6. P. 653–694. URL: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(84\)90164-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(84)90164-7)
210. Wetzel R.G., Likens G.E. The Littoral Zone. In: *Limnological Analyses*. Springer, New York, NY. 1991 P. 291–299. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4098-1_22
211. Yang B., Wells M.G., Li J., Young J. Mixing, stratification, and plankton under lake-ice during winter in a large lake: Implications for spring dissolved oxygen levels. *Limnology and Oceanography*. 2020. Vol. 65, Issue. 11. P. 1–17. DOI:10.1002/lno.11543
212. Yuping S., Henggu Y.U., Qin Z., Ting L., Yayun L.I., Zengling M. Seasonal variation of phytoplankton communities in Wen-Rui Tang River – A typical eutrophic urban river, Zhejiang Province. *Journal of Lake Sciences*. March 2018. Vol. 30, Issue. 2. P. 375–384. DOI:10.18307/2018.0209
213. Zancarini A., Echenique-Subiabre I., Debroas D., Taib N., Quiblier C., Humbert J.F. Deciphering biodiversity and interactions between bacteria and microeukaryotes within epilithic biofilms from the Loue River, France. *Sci Rep*. Jun 28, 2017. Vol. 7, Issue 1. 4344. DOI : 10.1038/s41598-017-04016-w. PMID: 28659582; PMCID: PMC5489527.
214. Zhorova A.V., Hryhoriyeva H.Ye., Semenyuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. Spatial Dynamics and Interrelations of Contour Algal Communities in the Upper Section of the Kaniv Reservoir (Dnieper River, Ukraine). *Hydrobiological Journal*. 2025. Vol.61, Issue. 4. P. 3– 23.
215. Zhu W., Ding Z., Pan Y., Wang Q. Using an affinity analysis to identify phytoplankton associations. Published by Wiley and British Ecological Society. *Ecology and Evolution* July 2022. Vol. 12, Issue 7. e9047. DOI : 10.1002/ece3.9047.

ДОДАТОК А. Абіотичні характеристики оз. Вербне (лентичної) та руслової ділянки Канівського водосховища (лотичної) водних екосистем

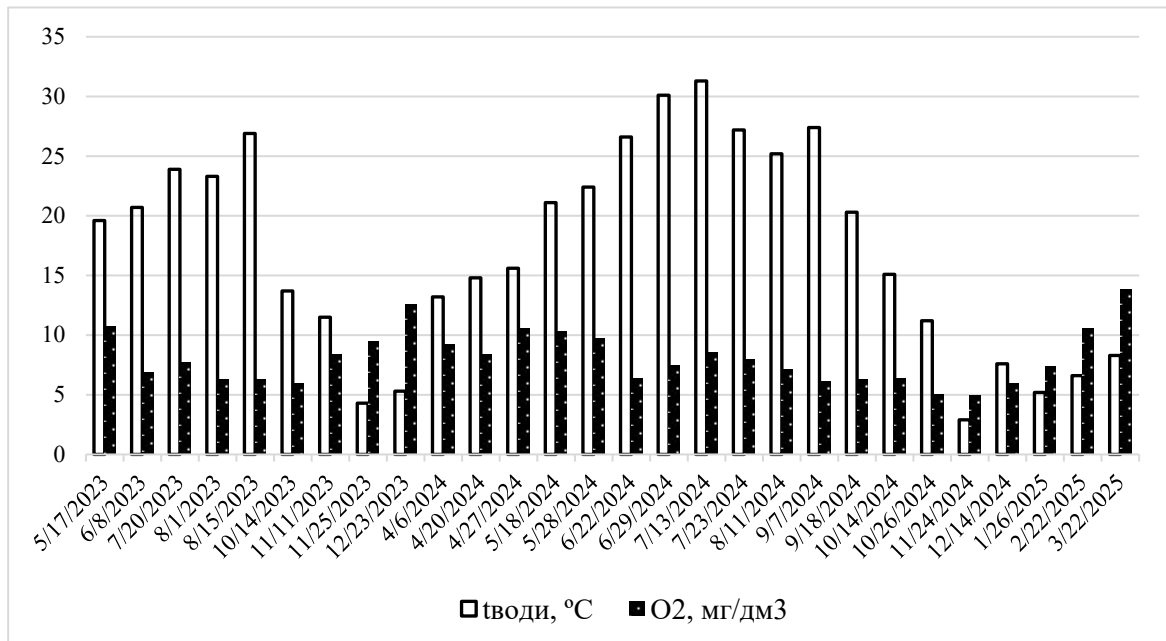


Рис. 1. Сезонна динаміка температурного режиму ($t_{\text{води}}$) та розчиненого у воді O_2 оз. Вербне.

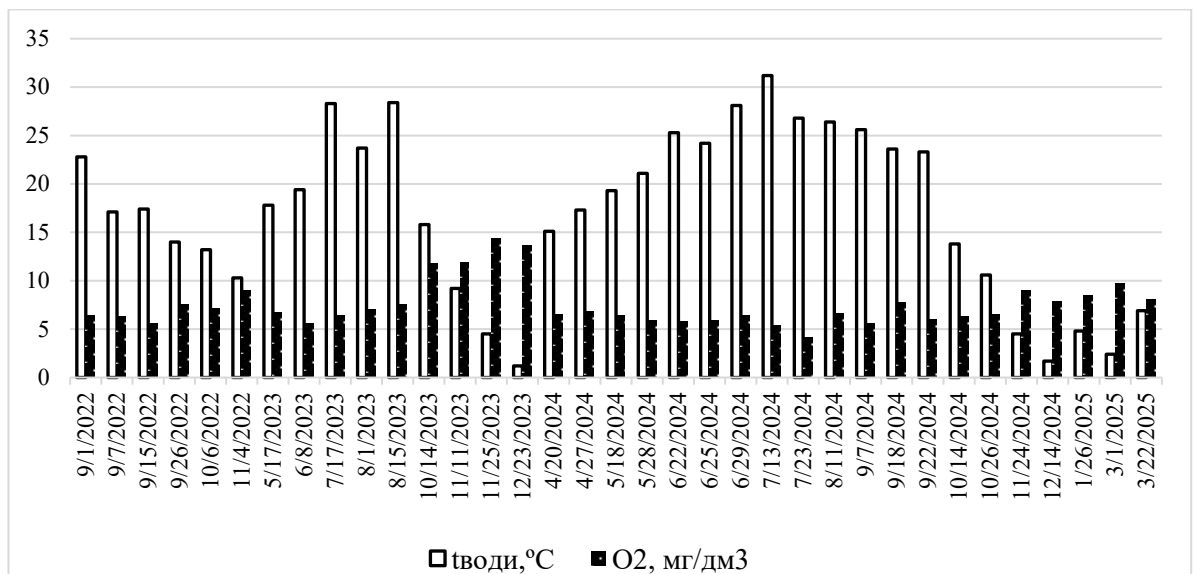


Рис. 2. Сезонна динаміка температурного режиму ($t_{\text{води}}$) та розчиненого у воді O_2 руслової ділянки Канівського водосховища.

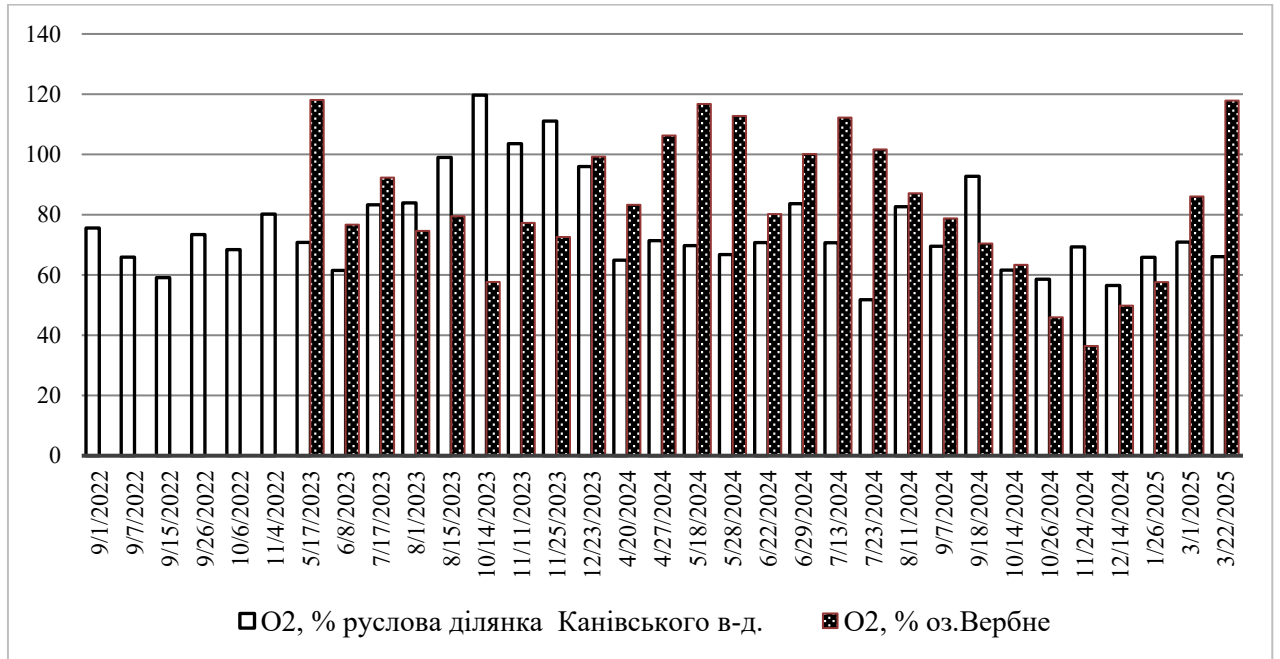


Рис. 3. Сезонна динаміка насичення води киснем (O_2 %) оз. Вербне (лентичної) та руслової ділянки Канівського водосховища (лотичної) водних екосистем.

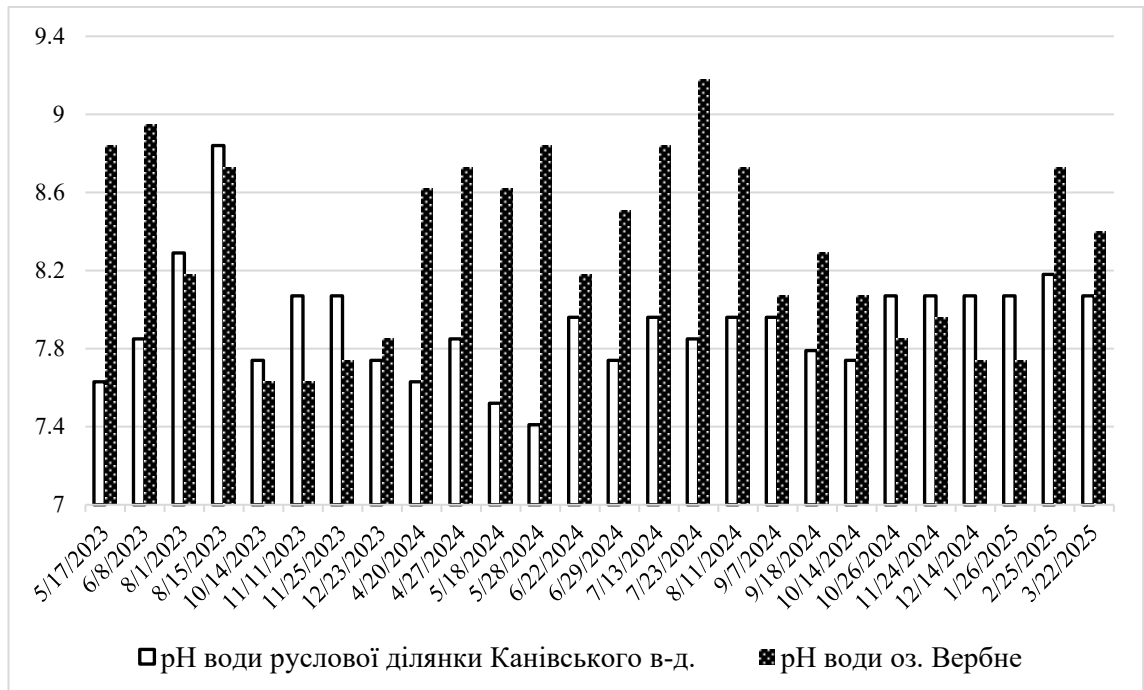


Рис. 4. Сезонна динаміка показників рН оз. Вербне (лентичної) та руслової ділянки Канівського водосховища (лотичної) водних екосистем.

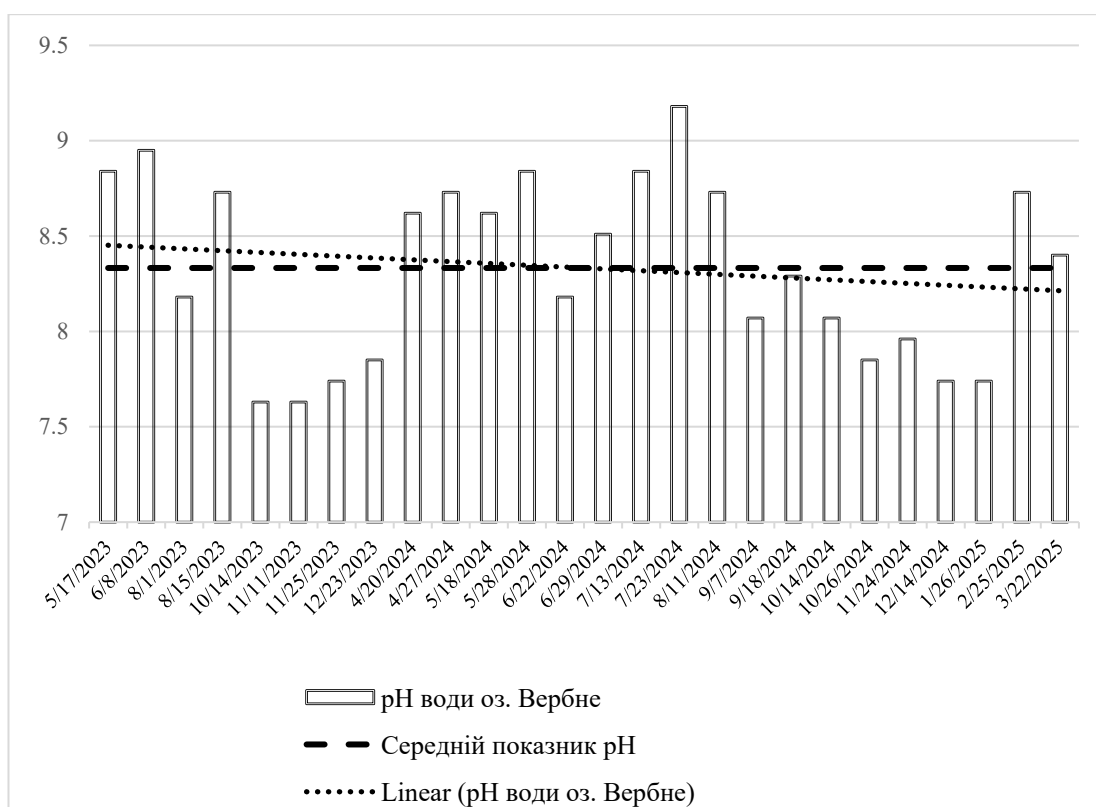


Рис. 5. Сезонна динаміка показників рН оз. Вербне (лентичної екосистеми).

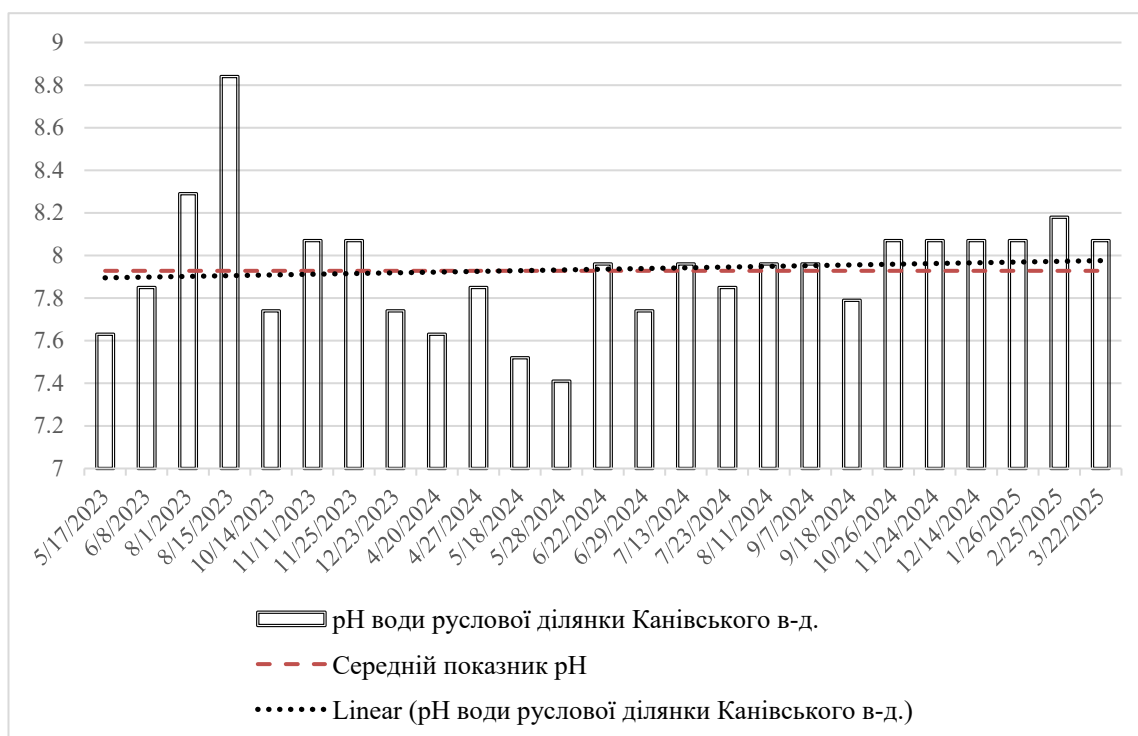


Рис. 6. Сезонна динаміка показників рН руслової ділянки Канівського водосховища (лотичної екосистеми).

**ДОДАТОК Б. Таблиця. Таксономічний склад водоростей досліджених
різнотипних водних екосистем м. Києва**

№	ТАКСОН	ТИПИ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ					
		ЛЕНТИЧНА			ЛОТИЧНА		
		оз. Вербне			русллова ділянка Канівського водосховища		
		ФПЛ	МФБ	ФЕ	ФПЛ	МФБ	ФЕ
1	2	3	4	5	6	7	8
CYANOBACTERIA							
CYANOPHYCEAE							
Pseudanabaenales							
<i>Pseudanabaenales</i>							
1	<i>Limnothrix planctonica</i> (Wołoszyńska) Meffert	+	+	+	+	+	+
2	<i>Limnothrix redekei</i> (Goor) Meffert	+	+	+	-	-	+
3	<i>Phormidium retzii</i> Kützinger ex Gomont	-	-	+	-	-	-
4	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	+	+	+	+	+	+
5	<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber- Pestalozzi) Schwabe	-	+	+	+	+	+
6	<i>Pseudanabaena curta</i> (Hollerbach) Cronberg & Komárek	-	-	+	-	-	-
Synechococcales							
<i>Synechococcaceae</i>							
7	<i>Synechococcus</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Synechococcales familia incertae sedis</i>							
8	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anisimova) Anagnostidis & Komárek	-	+	-	-	-	-
9	<i>Jaaginema geminatum</i> (Schwabe ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+	+	+	+	+
Leptolyngbyales							
<i>Leptolyngbyaceae</i>							
10	<i>Heteroleibleinia kossinskajae</i> (Elenkin) Anagnostidis & Komárek	-	+	+	-	-	-
11	<i>Leptolyngbya foveolaria</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	-	-	+	-	-	-
12	<i>Leptolyngbya valderiana</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	-	-	+	-	-	-
13	<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+	-	+	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
14	<i>Phormidesmis mollis</i> (Gomont) Turicchia, S.Ventura, Komárková & Komárek	-	+	+	-	-	-
15	<i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	+	+	+	+	+	+
Geitlerinematales							
<i>Geitlerinemataceae</i>							
16	<i>Geitlerinema splendidum</i> (Gomont) Anagnostidis	-	+	-	-	-	+
Oscillatoriales							
<i>Microcoleaceae</i>							
17	<i>Lyngbya</i> sp.	-	+	+	-	-	+
18	<i>Microcoleus amoenus</i> (Gomont) Strunecky, Komárek & J.R.Johansen	+	-	-	+	+	+
19	<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Strunecky, Komárek & J.R.Johansen	-	-	-	-	-	+
20	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+	+	+	+	-
21	<i>Planktothrix prolifica</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	-	-	-	-	-	+
<i>Oscillatoriaceae</i>							
22	<i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont	-	-	-	+	+	-
23	<i>Oscillatoria ucrainica</i> Vladimirova	-	+	-	-	+	-
24	<i>Oscillatoria</i> sp.1	+	+	+	-	-	-
25	<i>Oscillatoria</i> sp.2	+	+	+	-	+	+
26	<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont	-	-	-	-	+	+
27	<i>Phormidium bohneri</i> Schmidle	-	+	+	-	+	-
28	<i>Phormidium breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	-	+	-	-	-	-
29	<i>Phormidium granulatum</i> (N.L.Gardner) Anagnostidis	-	+	-	-	-	-
30	<i>Phormidium</i> sp.	+	+	+	+	+	+
Coleofasciculales							
<i>Wilmottiaceae</i>							
31	<i>Anagnostidinema acutissimum</i> (Kufferath) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek	-	+	+	-	-	-
32	<i>Anagnostidinema amphibium</i> (Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & Komárek	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
33	<i>Anagnostidinema lemmermannii</i> (Wołoszyńska) Strunecky, Bohunická, J.R.Johansen, Capková, Raabová, P.Dvořák & Komárek	+	+	+	-	-	-
Spirulinales							
<i>Spirulinaceae</i>							
34	<i>Spirulina minima</i> Würtz	-	+	+	+	+	+
Chroococcales							
<i>Chroococcaceae</i>							
35	<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli	-	-	-	-	-	+
<i>Microcystaceae</i>							
36	<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A.Braun	-	-	-	+	-	-
37	<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	+	-	+
38	<i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Komárek	-	+	+	+	-	-
39	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli	-	+	-	+	+	+
40	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing	-	-	-	-	+	-
41	<i>Merismopedia minima</i> G.Beck	-	+	-	+	+	+
42	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	-	-	-	+	+	+
43	<i>Merismopedia tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan	-	-	+	-	-	-
44	<i>Merismopedia</i> sp.	-	-	+	-	+	-
45	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	-	+	+	+
46	<i>Microcystis pulvereae</i> (H.C.Wood) Forti	+	+	+	+	+	+
47	<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek ex Komárek	-	-	-	+	+	+
48	<i>Microcystis</i> sp.	-	+	+	-	-	-
49	<i>Snowella rosea</i> (J.W.Snow) Elenkin	+	+	+	-	+	-
50	<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák	+	+	+	-	+	-
51	<i>Woronichinia compacta</i> (Lemmermann) Komárek & Hindák	-	+	-	-	-	-
<i>Gomphosphaeriaceae</i>							
52	<i>Gomphosphaeria</i> sp.	-	-	+	-	-	-
<i>Geminocystaceae</i>							
53	<i>Microcrocis geminata</i> (Lagerheim) Geitler	-	-	+	-	-	-
<i>Pleurocapsaceae</i>							
54	<i>Pleurocapsa minor</i> Hansgirg	-	-	-	-	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8
Chroococcidiopsidales							
<i>Gloeocapsaceae</i>							
55	<i>Chlorogloea microcystoides</i> Geitler	-	-	-	-	-	+
56	<i>Gleocapsa sp.</i>	-	+	+	+	-	-
Nostocales							
<i>Aphanizomenonaceae</i>							
57	<i>Anabaena sp.</i>	+	+	+	+	+	+
58	<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann	+	+	-	-	-	-
59	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	+	+	+	+	+	+
60	<i>Aphanizomenon sp.</i>	+	+	+	-	-	-
61	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usachev) P.Rajaniemi, Komárek, R.Willame, P. Hrouzek, K.Kastovská, L.Hoffmann & K.Sivonen	-	+	+	-	-	-
62	<i>Dolichospermum affine</i> (Lemmermann) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek	-	+	-	-	-	-
63	<i>Dolichospermum viguieri</i> (Denis & Frémy) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek	-	+	-	-	-	-
64	<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek	-	+	-	+	+	+
65	<i>Raphidiopsis setigera</i> (Aptekarj) Eberly	+	-	+	-	-	-
66	<i>Trichormus thermalis</i> (V.Vouk) Komárek & Anagnostidis	-	+	-	-	-	-
<i>Nodulariaceae</i>							
67	<i>Anabaenopsis raciborskii</i> Wołoszyńska	+	+	-	+	+	-
68	<i>Anabaenopsis elenkinii</i> V.V.Miller	+	+	+	-	-	-
69	<i>Anabaenopsis sp.</i>	+	+	-	-	-	-
Pleurocapsales							
<i>Hydrococcaceae</i>							
70	<i>Hydrococcus cesatii</i> Rabenhorst	-	-	-	-	+	-
BACILLARIOPHYTA							
COSCINODISCOPHYCEAE							
Melosirales							
<i>Melosiraceae</i>							
71	<i>Melosira varians</i> C.Agardh	-	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
72	<i>Melosira sp.</i>	-	-	+	-	+	+
Aulacoseirales							
<i>Aulacoseiraceae</i>							
73	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	-	-	-	-	+	-
74	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	-	-	+	-	-
75	<i>Aulacoseira valida</i> (Grunow) Krammer	-	+	-	-	+	-
76	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	+	+	+	+	+	+
77	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	+	+	+	+	+	+
MEDIOPHYCEAE							
Thalassiosirales							
<i>Skeletonemataceae</i>							
78	<i>Skeletonema subsalsum</i> (A.Cleve) Bethge	-	+	+	-	-	-
Stephanodiscales							
<i>Stephanodiscaceae</i>							
79	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	-	-	+	-	-	-
80	<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round	-	+	-	+	+	+
81	<i>Cyclotella lemanensis</i> (O.Müller) Lemmerman	-	-	-	-	+	+
82	<i>Cyclotella sp.1</i>	+	+	+	+	+	+
83	<i>Cyclotella sp.2</i>	-	+	-	+	+	+
84	<i>Lindavia bodanica</i> (Eulenstein ex Grunow) T.Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson	-	-	-	+	-	-
85	<i>Lindavia comta</i> (Kützing) T.Nakov & al.	+	+	+	+	+	+
86	<i>Pantocsekiella kuetzingiana</i> (Thwaites) K.T.Kiss & E.Ács	-	+	-	-	+	-
87	<i>Stephanodiscus astraia</i> (Kützing) Grunow	-	+	+	-	+	+
88	<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kützing) Willi Krieger	-	-	-	+	+	-
89	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	+	+	+	+	+	-
90	<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller	-	+	-	-	+	+
91	<i>Stephanodiscus sp.</i>	-	+	+	+	+	-
92	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kocielek	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
BACILLARIOPHYCEAE							
Fragilariales							
<i>Fragilariaceae</i>							
93	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	-	+	-	-	+	-
94	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>lanceolata</i> Grunow	-	-	-	+	-	+
95	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	+	+	+	-	+	+
96	<i>Fragilaria fragilarioides</i> (Grunow) Cholnoky	-	+	+	+	+	+
97	<i>Fragilaria intermedia</i> (Grunow) Grunow	-	+	+	+	+	+
98	<i>Fragilariforma mesolepta</i> (Rabenhorst) Kharitonov	-	+	+	+	-	+
99	<i>Fragilaria rhabdosoma</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	+
100	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson	-	+	+	+	+	+
101	<i>Fragilaria</i> sp.	-	+	-	-	-	-
102	<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot	-	+	-	-	+	+
103	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	+	+	+	+	+	+
104	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	-	+	-	-	+	+
105	<i>Fragilariforma virescens</i> var. <i>capitata</i> (Østrup) Czarnecki	-	+	-	-	+	-
106	<i>Fragilariforma virescens</i> var. <i>elliptica</i> (Hustedt) Aboal	-	+	-	-	+	-
107	<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing	-	+	-	-	-	-
108	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	+	-
109	<i>Synedra familiaris</i> Kützing	-	-	+	-	-	-
110	<i>Synedra</i> sp.	-	+	+	-	-	+
<i>Staurosiraceae</i>							
111	<i>Opephora martyi</i> var. <i>polymorpha</i> (Jouravleva) Proshkina-Lavrenko	-	+	+	+	+	+
112	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round	+	+	+	+	+	+
113	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W.Smith) E.Morales	-	+	-	-	+	-
114	<i>Pseudostaurosira subconstricta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Genkal	-	+	-	-	-	-
115	<i>Staurosira binodis</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	-	+	+	-	+	+
116	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	-	+	+	+	+	+
117	<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & J.D.Möller	-	+	+	-	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
118	<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round	-	-	-	-	+	+
119	<i>Staurosirella martyi</i> (Héribaude) Morales & Manoylov	-	+	+	+	+	+
120	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round	-	+	+	+	+	+
Rhabdonematales							
Tabellariaceae							
121	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	-	-	+	+	+	+
122	<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	-	-	-	-	+	+
123	<i>Diatoma vulgaris</i> var. <i>linearis</i> Grunow	-	-	+	-	+	+
124	<i>Diatoma moniliformis</i> subsp. <i>ovalis</i> (F.Fricke) Lange-Bertalot, Rumrich & G.Hofmann	-	-	-	-	+	-
125	<i>Diatoma tenuis</i> C.Agardh	-	+	-	-	-	-
126	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.Agardh	-	-	-	-	+	+
Licmophorales							
Ulnariaceae							
127	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M.Williams & Round	-	+	+	-	-	+
128	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	+	+	+	+	+	+
129	<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Compère & Bukhtiyarova	+	+	+	+	+	+
130	<i>Ulnaria oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	-	+	-	-	+	+
131	<i>Ulnaria biceps</i> (Kützing) Compère	-	+	+	-	-	+
132	<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova	-	-	-	-	+	+
133	<i>Ulnaria capitata</i> (Ehrenberg) Compère	-	+	-	-	-	-
134	<i>Tabularia tabulata</i> (C.Agardh) Snoeijs	+	+	+	+	+	+
135	<i>Tabularia affinis</i> var. <i>acuminata</i> (Grunow) Aboal	-	+	+	-	+	-
136	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round	-	-	+	-	-	-
137	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	+	+	+	+	+	+
138	<i>Ulnaria delicatissima</i> var. <i>angustissima</i> (Grunow) Aboal & P.C.Silva	+	+	+	-	-	+
Eunotiales							
Eunotiaceae							
139	<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	+	-	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
140	<i>Eunotia lunaris</i> var. <i>subarcuata</i> (Nägeli ex Kützing) Grunow	-	-	-	-	+	-
141	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	+	-
142	<i>Eunotia</i> sp.	-	-	-	-	+	-
143	<i>Eunotia valida</i> Hustedt	-	-	-	-	+	-
Mastogloiales							
Mastogloiaceae							
144	<i>Aneumastus tusculus</i> (Ehrenberg) D.G.Mann & A.J.Stickle	-	+	+	+	+	+
Cymbellales							
Cymbellaceae							
145	<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	-	+	+	-	-	-
146	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	-	-	+	-	-	-
147	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	+	+	+	+	-	-
148	<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O.Kirchner	+	+	+	-	-	-
149	<i>Cymbella cymbiformis</i> C.Agardh	-	+	+	-	+	-
150	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	-	+	+	-	-	-
151	<i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh	-	+	+	-	+	+
152	<i>Cymbella obtusiuscula</i> Kützing	-	+	+	-	+	+
153	<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	-	+	+	+	+	+
154	<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer	-	-	-	-	+	-
155	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer	-	-	-	-	+	-
156	<i>Cymbopleura reinhardtii</i> (Grunow) Krammer	-	-	-	-	+	-
157	<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox	-	+	+	-	+	-
158	<i>Placoneis exigua</i> (W.Gregory) Mereschkovsky	-	+	+	-	+	+
159	<i>Placoneis gastrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky	-	-	-	-	+	+
160	<i>Placoneis placentula</i> var. <i>rostrata</i> (Mayer) N.A.Andresen, Stoermer & R.G.Kreis, Jr.	-	+	-	-	+	+
Cymbellales incertae sedis							
161	<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	+	+	+	+	+	+
162	<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	+	-	+	+
Encyonemataceae							
163	<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	+	+	+	-	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
164	<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig & M.Menezes	+	+	+	-	+	+
165	<i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow	+	+	+	-	+	+
Gomphonemataceae							
166	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	-	+	+	-	-	+
167	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	-	+	+	-	+	+
168	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
169	<i>Gomphonema brebissonii</i> Kützing	-	-	+	-	-	-
170	<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg	+	+	+	-	+	+
171	<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenberg	+	-	+	-	-	-
172	<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
173	<i>Gomphonema dichotomum</i> Kützing	-	-	-	-	+	-
174	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
175	<i>Gomphonema grunowii</i> R.M.Patrick & Reimer	-	+	+	-	+	+
176	<i>Gomphonema intricatum</i> Kützing	-	-	+	-	+	+
177	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing	-	+	+	+	+	+
178	<i>Gomphonema montanum</i> (Schumann) Grunow	-	+	+	-	-	-
179	<i>Gomphonema naviculoides</i> W.Smith	-	-	+	-	+	-
180	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	+	+	+	-	+	-
181	<i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt	-	+	+	-	+	+
182	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) E.Reichardt & Lange-Bertalot	-	+	+	-	+	+
183	<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow	-	-	-	-	+	-
184	<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow) Fricke	-	+	+	-	-	-
185	<i>Gomphonema trigonocephalum</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	-
186	<i>Gomphonema turris</i> Ehrenberg	-	-	-	-	+	+
Rhoicospheniaceae							
187	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	+	+	+	-	+	+
Witkowskiaceae							
188	<i>Paraplaconeis kornevae</i> Kulikovskiy, Gusev & Lange-Bertalot	-	-	-	-	+	-
Achnanthes							
Achnanthidiaceae							
189	<i>Achnanthidium affine</i> (Grunow) Czarnecki	+	+	+	-	+	+
190	<i>Achnanthidium exile</i> (Kützing) Heiberg	-	+	+	-	-	+

1	2	3	4	5	6	7	8
191	<i>Achnanthidium lineare</i> W.Smith	-	+	+	+	+	+
192	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	-	+	+	-	+	+
193	<i>Achnanthidium minutum</i> Cleve	-	+	-	-	+	+
194	<i>Achnanthidium</i> sp.	+	+	+	-	+	+
195	<i>Crenotia gibberula</i> (Grunow) Wojtal	-	-	+	-	-	-
196	<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy & Kociolek	+	+	+	-	+	-
197	<i>Gogorevia heterovalva</i> (Krasske) Tseplik & Chudaeu	-	+	+	+	+	-
198	<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova	-	+	-	-	+	-
199	<i>Karayevia rostrata</i> (Hustedt) Kulikovskiy & Genkal	-	+	+	+	+	+
200	<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson	-	+	+	-	+	-
201	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova	-	+	-	-	+	+
202	<i>Planothidium hauckianum</i> (Grunow) Bukhtiyarova	+	+	+	+	+	+
203	<i>Planothidium hauckianum</i> var. <i>rostratum</i> (P.Sch ulz ex Hustedt) Bukhtiyarova.	+	+	+	-	+	+
204	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	+	+	+	+	+	+
205	<i>Planothidium capitatum</i> (O.Müller) Van de Vijver, Kopalová, C.E.Wetzel & Ector	+	+	+	-	+	+
206	<i>Planothidium lanceolatum</i> f. <i>ventricosum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	-	+	+	+	+	+
207	<i>Planothidium rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot	-	+	+	+	+	+
208	<i>Planothidium ellipticum</i> (Cleve) M.B.Edlund	-	+	+	+	+	+
209	<i>Platessa conspicua</i> (Ant.Mayer) Lange-Bertalot	-	+	+	-	+	-
<i>Achnanthaceae</i>							
210	<i>Achnanthes conspicua</i> var. <i>brevistriata</i> Hustedt	-	+	-	-	+	-
<i>Cocconeidaceae</i>							
<i>Cocconeis</i>							
211	<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	-	-	-	-	+	-
212	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	-	+	+	+	+	+
213	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
214	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	-	+	+	+	+	+
215	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i> Ehrenberg	-	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
216	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	-	-	+	-	+	+
Naviculales							
<i>Amphipleuraceae</i>							
217	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	-	-	+	-	+	-
218	<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov	+	+	+	-	+	+
<i>Diadesmidaceae</i>							
219	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann	-	+	-	-	+	-
<i>Diploneidaceae</i>							
220	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	-	-	-	-	+	-
221	<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) A.Cleve	-	-	-	-	-	+
222	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	-	-	-	+	-	-
<i>Naviculaceae</i>							
223	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	-	-	+	-	+	-
224	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	-	+	-	-	+	+
225	<i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>biconstricta</i> (Grunow) Reichelt	-	+	-	-	+	-
226	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	+	+	+	+
227	<i>Caloneis</i> sp.	-	+	+	-	+	-
228	<i>Caloneis ventricosa</i> var. <i>truncatula</i> (Grunow) Meister	-	+	-	-	-	-
229	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	+	+
230	<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve	-	-	-	-	+	-
231	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	-	+	+	+	+	+
232	<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	-	+	-	-	-	-
233	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	-	+	-	-	-	-
234	<i>Navicula capitatoradiata</i> H.Germain ex Gasse	-	+	+	+	+	+
235	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	-	+	-	-	-	-
236	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	-	+	+	+	+	+
237	<i>Navicula exilis</i> Kützing	-	+	-	-	-	-
238	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	-	+	+	-	+	+
239	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	-	+	+	-	+	+
240	<i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
241	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	-	+	-	-	+	+
242	<i>Navicula</i> sp.	-	+	-	-	+	-
243	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	+	+	+	+	+	+
244	<i>Navicula veneta</i> Kützing	+	+	+	+	+	+
245	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
246	<i>Navicula viridula</i> f. <i>capitata</i> A.Mayer	-	+	-	-	-	-
247	<i>Navicula vulpina</i> Kützing	-	+	+	+	+	+
Neidiaceae							
248	<i>Lacustriella lacustris</i> (W.Gregory) Lange-Bertalot & Kulikovskiy	-	-	-	-	+	-
249	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer	-	-	-	-	+	-
250	<i>Neidium affine</i> var. <i>amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	+	-
251	<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	-	-	-	-	+	-
252	<i>Neidium productum</i> (W.Smith) Cleve	-	-	-	-	+	-
253	<i>Neidium vernale</i> (Reichelt ex Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot	-	-	-	-	+	-
Pinnulariaceae							
254	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	+	-
255	<i>Pinnularia major</i> (Kütz.) Rabenh.	-	-	-	-	+	-
256	<i>Pinnularia major</i> var. <i>paludosa</i> F.Meister	-	-	-	-	+	-
257	<i>Pinnularia rangoonensis</i> Grunow ex Cleve	-	-	-	-	-	+
258	<i>Pinnularia sudetica</i> Hilse	-	-	-	-	+	-
259	<i>Pinnularia</i> sp.	-	+	-	-	+	-
260	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	-	+	-
Sellaphoraceae							
261	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann	-	-	-	-	+	-
262	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	-	+	-	-	+	-
263	<i>Sellaphora parapupula</i> Lange-Bertalot	+	+	+	+	+	+
264	<i>Sellaphora rectangularis</i> (W.Gregory) Lange-Bertalot & Metzeltin	-	-	+	-	-	-
265	<i>Sellaphora wummensis</i> J.R.Johansen	+	+	+	-	+	-
Stauroneidaceae							
266	<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G.Mann	-	+	+	+	+	+
267	<i>Dorofeyukea kotschy</i> (Grunow) Kulikovskiy, Kociolek, Tusset & T.Ludwig	-	-	-	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8
268	<i>Stauroneis siberica</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Krammer	-	-	-	-	+	-
269	<i>Stauroneis</i> sp.	-	+	-	-	+	-
Thalassiophysales							
Catenulaceae							
270	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
271	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-	+	+	+	+	+
272	<i>Amphora ovalis</i> var. <i>gracilis</i> (Ehrenberg) Van Heurck	-	-	+	-	+	-
273	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	+	+	+	+	+	+
274	<i>Amphora</i> sp.	-	+	+	-	+	-
275	<i>Halamphora perpusilla</i> (Grunow) Q.-M.You & Kociolek	+	+	+	-	+	+
Bacillariales							
Bacillariaceae							
276	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	-	+	-	-	-	-
277	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	+	-	-	-	-	-
278	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	-	+	-	-	+	-
279	<i>Hantzschia amphioxys</i> f. <i>capitata</i> O.Miller	-	+	-	-	-	-
280	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith	+	+	+	+	+	+
281	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	+	+	+	+	+	+
282	<i>Nitzschia denticula</i> Grunow	+	-	-	-	+	+
283	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	+	+	+	+	+	+
284	<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow	-	+	+	+	+	-
285	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	-	-	-	-	+	+
286	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	-	+	-	-	+	+
287	<i>Nitzschia gracilis</i> var. <i>capitata</i> Wislouch & Poretsky	-	-	-	+	+	+
288	<i>Nitzschia liebethruthii</i> Rabenhorst	-	-	-	-	+	-
289	<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow	-	+	+	-	+	-
290	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	-	+	+	-	-	-
291	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>capitata</i> Wislouch & Poretsky	+	+	+	+	+	+
292	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow	+	-	-	+	+	+
293	<i>Nitzschia pusilla</i> Grunow	-	+	+	+	+	+

[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Bacillariophyceae familia incertae sedis</i>							
319	<i>Belonastrum berolinense</i> (Lemmermann) Round & Maidana	-	-	-	-	+	-
CRYPTISTA							
CRYPTOPHYCEAE							
Cryptomonadales							
<i>Cryptomonadaceae</i>							
320	<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	+	-	+	-	-	-
321	<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	-	-	+	-	-	-
322	<i>Cryptomonas nasuta</i> Pascher	-	+	-	-	-	-
323	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	+	+	-	-	-	-
324	<i>Cryptomonas sp.1</i>	+	+	+	+	+	+
325	<i>Cryptomonas sp.2</i>	+	+	+	-	+	+
326	<i>Cryptomonas sp.3</i>	-	+	+	-	+	-
MIOZOA							
DINOPHYCEAE							
Gonyaulacales							
<i>Ceratiaceae</i>							
327	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin	+	+	+	-	-	-
Gymnodiniales							
<i>Gymnodiniaceae</i>							
328	<i>Gymnodinium sp.</i>	+	-	-	-	+	-
Peridinales							
<i>Kryptoperidiniaceae</i>							
329	<i>Durinskia dybowskii</i> (Wołoszyńska) Carty	+	+	-	+	+	-
330	<i>Unruhadinium penardii</i> (Lemmermann) Gottschling	+	+	+	+	-	-
<i>Peridinales familia incertae sedis</i>							
331	<i>Glenodinium pulvisculus</i> (Ehrenberg) F.Stein	-	-	+	+	-	-
332	<i>Parvodinium elpatiewskyi</i> (Ostenfeld) Kretschmann, Zerdoner & Gottschling	+	+	+	-	-	-
333	<i>Parvodinium inconspicuum</i> (Lemmermann) Carty	+	-	-	-	-	-
334	<i>Peridiniopsis quadridens</i> (F.Stein) Bourrelly	+	+	+	+	-	-
335	<i>Peridiniopsis sp.1</i>	+	+	+	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8
336	<i>Peridiniopsis sp.2</i>	-	+	+	-	-	-
<i>Glenodiniopsidaceae</i>							
337	<i>Glenodiniopsis steinii</i> Wołoszyńska	-	+	-	-	-	-
Thoracosphaerales							
<i>Pfiesteriaceae</i>							
338	<i>Tyrannodinium edax</i> (A.J.Schilling) Calado	+	-	-	-	+	-
<i>Thoracosphaeraceae</i>							
339	<i>Naiadinium polonicum</i> (Wołoszyńska) Carty	+	-	-	+	-	-
OCHROPHYTA							
EUSTIGMATOPHYCEAE							
Goniochloridales							
<i>Goniochloridaceae</i>							
340	<i>Goniochloris pulchra</i> Pascher	-	-	-	-	+	-
341	<i>Tetraëdriella acuta</i> Pascher	-	-	-	+	-	-
CHRYSOPHYCEAE							
Chromulinales							
<i>Chromulinaceae</i>							
342	<i>Chromulina freiburgensis</i> Doflein	-	-	-	+	+	-
343	<i>Chromulina nitens</i> Skuja	-	+	-	+	+	-
344	<i>Chromulina pascheri</i> Hofeneder	-	-	-	-	+	-
345	<i>Chromulina sp.1</i>	+	+	+	+	+	+
346	<i>Chromulina sp.2</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Chrysococcaceae</i>							
347	<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja	-	-	-	+	+	-
348	<i>Chrysococcus heverlensis</i> Conrad	-	-	-	-	+	-
349	<i>Chrysococcus rufescens</i> G.A.Klebs	+	+	-	+	+	+
350	<i>Chrysococcus sp.1</i>	+	+	+	+	+	+
351	<i>Chrysococcus sp.2</i>	+	+	+	+	+	+
352	<i>Chrysococcus sp.3</i>	+	+	+	+	+	+
353	<i>Kephyrion densatum</i> (Gerlinde Schmid) Bourrelly	-	-	-	+	+	-
354	<i>Kephyrion inconstans</i> (Gerlinde Schmid) Bourrelly	-	+	-	-	-	-
355	<i>Kephyrion moniliferum</i> (Gerlinde Schmid) Bourrelly	+	+	-	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
356	<i>Kephyrion parvulum</i> (G.Schmid) Bourrelly	-	-	-	+	-	-
357	<i>Kephyrion rubri-claustri</i> Conrad	-	-	-	+	-	-
358	<i>Kephyrion spirale</i> (Lackey) Conrad	+	-	+	+	-	-
Dinobryaceae							
359	<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	+	-	-	-	-	-
360	<i>Dinobryon sp.</i>	+	+	+	-	+	-
361	<i>Pseudokephyrion conicum</i> Schiller	-	-	-	+	-	-
Ochromonadales							
Ochromonadaceae							
362	<i>Ochromonas nannos</i> Skuja	+	-	+	-	-	-
363	<i>Ochromonas pyriformis</i> Matvienko	-	-	-	+	-	-
364	<i>Ochromonas sp.</i>	+	+	-	+	+	+
Synurales							
Mallomonadaceae							
365	<i>Mallomonas sp.1</i>	+	+	-	+	+	+
366	<i>Mallomonas sp.2</i>	-	-	-	-	-	+
367	<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Hibberdiales							
Derepyxidaceae							
368	<i>Derepyxis sp.</i>	-	+	-	-	-	-
XANTHOPHYCEAE							
Tribonematales							
Tribonemataceae							
369	<i>Tribonema sp.</i>	-	-	+	-	-	-
CHAROPHYTA							
ZYGNEMATOPHYCEAE							
Desmidiiales							
Closteriaceae							
370	<i>Closterium aciculare</i> T.West	-	+	-	-	-	-
371	<i>Closterium acutum</i> Brébisson	+	+	+	-	-	-
372	<i>Closterium acutum</i> var. <i>linea</i> (Perty) West & G.S.West	+	+	+	-	-	-
373	<i>Closterium ceratium</i> Perty	+	+	-	-	-	-
374	<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs	+	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
375	<i>Closterium juncidum</i> Ralfs	-	+	-	-	-	-
376	<i>Closterium sp.1</i>	+	+	+	-	-	-
377	<i>Closterium sp.2</i>	-	+	-	-	-	-
Desmidiaceae							
378	<i>Cosmarium constrictum</i> Delponte	-	-	+	-	-	-
379	<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs	-	-	+	-	-	-
380	<i>Cosmarium polonicum</i> Raciborski	-	-	+	-	-	-
381	<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson	+	+	+	-	-	-
382	<i>Cosmarium rectangulare</i> Grunow	-	-	+	-	-	-
383	<i>Cosmarium subprotumidum</i> Nordstedt	-	+	+	-	-	-
384	<i>Cosmarium subtumidum</i> Nordstedt	-	-	+	-	-	-
385	<i>Cosmarium venustum</i> (Brébisson.) Archer	-	-	+	-	-	-
386	<i>Cosmarium sp.1</i>	+	+	+	-	-	+
387	<i>Cosmarium sp.2</i>	+	+	+	-	-	-
388	<i>Cosmarium sp.3</i>	-	+	+	-	-	-
389	<i>Cosmoastrum sp.</i>	-	-	+	-	+	+
390	<i>Euastrum insulare</i> (Wittrock) J.Roy	-	-	+	-	-	-
391	<i>Euastrum sp.</i>	-	-	+	-	-	-
392	<i>Staurodesmus controversus</i> var. <i>crassus</i> (West & G.S.West) Coesel & Meesters	+	+	-	-	-	-
393	<i>Staurodesmus sp.1</i>	+	+	+	-	-	-
394	<i>Staurodesmus sp.2</i>	-	+	-	-	-	-
395	<i>Stauroastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M.Smith	-	+	-	-	-	-
396	<i>Stauroastrum orbiculare</i> Meneghini ex Ralfs	-	+	+	-	-	-
397	<i>Stauroastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs	-	+	-	-	-	-
398	<i>Stauroastrum sp.</i>	+	+	+	-	-	+
399	<i>Stauroastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	-	+	-	-	-	-
CHLOROPHYTA							
CHLORODENDROPHYCEAE							
Chlorodendrales							
Chlorodendraceae							
400	<i>Tetraselmis arnoldii</i> (Proshkina-Lavrenko) R.E Norris, Hori & Chihara	+	-	-	+	-	-
401	<i>Tetraselmis sp.</i>	-	+	+	+	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8
TREBOUXIOPHYCEAE							
Chlorellales							
Chlorellaceae							
402	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	+	+	+	+	-	-
403	<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i> Wołoszyńska	+	+	-	+	+	-
404	<i>Brachionococcus chlorelloides</i> Naumann	+	-	+	-	-	-
405	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	+	+	-	+	+	+
406	<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann	+	+	+	+	+	-
407	<i>Dicellula geminata</i> (Printz) Korshikov	-	+	-	-	-	-
408	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	+	-	+	+	-	-
409	<i>Dictyosphaerium granulatum</i> Hindák	+	+	+	+	+	+
410	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	-	+	+	-	-	-
411	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> Van Goor	+	+	+	+	+	+
412	<i>Golenkiniopsis solitaria</i> (Korshikov) Korshikov	-	+	-	+	-	-
413	<i>Hegewaldia parvula</i> (Woronichin) Pröschold, C.Bock, W.Luo & L Krienitz	-	+	-	-	-	-
414	<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) C.Bock, Pröschold & Krienitz	+	+	+	+	-	+
415	<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	+	+	-	-	-	-
416	<i>Micractinium quadrisetum</i> (Lemmermann) G.M.Smith	-	+	+	+	-	-
417	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Pröschold & Krienitz	-	+	+	+	+	+
418	<i>Siderocelis ornata</i> (Fott) Fott	-	+	-	+	-	-
Oocystaceae							
419	<i>Didymocystis inermis</i> (Fott) Fott	-	+	-	+	-	-
420	<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerheim) Chodat	-	-	+	-	-	-
421	<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat	+	+	+	+	+	+
422	<i>Lagerheimia longiseta</i> (Lemmermann) Printz	+	+	+	-	+	-
423	<i>Lagerheimia subsalsa</i> Lemmermann	+	-	-	-	+	-
424	<i>Lagerheimia wratislawiensis</i> Schröder	-	-	+	-	-	-
425	<i>Neglectella solitaria</i> (Wittrock) Stenclová & Kaštovský	+	-	+	-	-	-
426	<i>Nephrochlamys subsolitaria</i> (G.S.West) Korshikov	-	+	+	-	-	-
427	<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Korshikov	+	+	+	-	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8
428	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow	+	+	+	+	-	+
429	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	+	+	+	-	-	-
430	<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	+	+	+	+	-	+
431	<i>Oocystis parva</i> West & G.S.West	+	+	+	-	-	+
432	<i>Oocystis rhomboidea</i> Fott	+	+	+	-	-	-
433	<i>Oocystis submarina</i> Lagerheim	-	-	+	-	-	-
434	<i>Oocystis sp.1</i>	+	+	+	-	-	+
435	<i>Oocystis sp.2</i>	+	+	+	-	-	-
436	<i>Quadricoccus ellipticus</i> Hortobágyi	+	-	-	-	-	-
437	<i>Siderocystopsis punctifera</i> (Bolochozew) Hegewald & Schnepf	+	-	-	-	-	-
438	<i>Tetrachlorella alternans</i> (G.M.Smith) Korshikov	-	+	-	-	-	-
439	<i>Willea apiculata</i> (Lemmermann) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko	-	-	-	+	-	-
440	<i>Willea irregularis</i> (Wille) Schmidle	+	+	+	+	-	-
441	<i>Willea rectangularis</i> (A.Braun) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko	+	-	-	-	-	-
442	<i>Willea sp.</i>	-	-	+	-	+	-
Trebouxiophyceae ordo incertae sedis							
<i>Trebouxiophyceae incertae sedis</i>							
443	<i>Lemmermannia komarekii</i> (Hindák) C.Bock & Krienitz	-	-	-	+	+	+
444	<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann	-	+	+	+	+	-
445	<i>Lemmermannia triangularis</i> (Chodat) C.Bock & Krienitz	+	+	-	+	+	-
CHLOROPHYCEAE							
Chaetophorales							
<i>Fritschiellaceae</i>							
446	<i>Stigeoclonium farctum</i> Berthold	-	-	-	-	-	+
447	<i>Stigeoclonium fasciculare</i> var. <i>glomeratum</i> (Hazen) A.K.M.Islam	-	+	-	-	-	+
Volvocales							
<i>Chlamydomonadaceae</i>							
448	<i>Carteria sp.</i>	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
449	<i>Chlamydomonas globosa</i> J.W.Snow	+	+	+	-	-	-
450	<i>Chlamydomonas nasuta</i> Korshikov	-	-	-	+	-	-
451	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A.Dangeard	-	-	-	-	-	+
452	<i>Chlamydomonas sp.1</i>	+	+	+	+	+	+
453	<i>Chlamydomonas sp.3</i>	+	+	+	+	+	+
454	<i>Chlamydomonas sp.2</i>	+	+	+	+	+	-
455	<i>Lobomonas denticulata</i> Korshikov	-	+	-	-	-	-
456	<i>Lobomonas sp.</i>	-	+	-	-	-	-
457	<i>Microglena monadina</i> Ehrenberg	+	+	+	+	-	-
458	<i>Pseudocarteria pallida</i> Ettl	-	+	-	-	-	-
459	<i>Pseudocarteria stellata</i> (Korshikov) H.Ettl	-	+	-	-	-	-
460	<i>Sphaerellopsis mucosa</i> (Pascher) Pentecost	-	-	+	-	-	-
Phacotaceae							
461	<i>Phacotus coccifer</i> Korshikov	+	+	+	+	+	+
462	<i>Phacotus sp.</i>	-	-	+	-	-	-
463	<i>Pteromonas angulosa</i> (H.J.Carter) Lemmermann	-	+	-	-	-	-
464	<i>Pteromonas armata</i> Korshikov	-	-	-	+	-	-
465	<i>Thoracomonas robusta</i> (Korshikov) Demchenko	-	-	+	-	-	-
Sphaerocystidaceae							
466	<i>Dictyochlorella sp.</i>	-	-	+	-	-	-
467	<i>Heleochloris pallida</i> Korshikov	-	+	-	-	-	-
468	<i>Heleochloris sp.</i>	-	-	-	-	-	+
469	<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly	-	+	+	-	-	-
Volvocaceae							
470	<i>Colemanosphaera charkowiensis</i> (Korshikov) H.Nozaki, T.K.Yamada, F.Takahashi, R.Matsuzaki & T.Nakada	-	-	-	+	-	-
471	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory	-	-	-	+	-	-
472	<i>Pandorina sp.</i>	+	+	+	+	+	-
Sphaeropleales							
Characiaceae							
473	<i>Characium ornithocephalum</i> A.Braun	-	-	+	+	-	-
474	<i>Characium pringsheimii</i> A.Braun	+	+	-	-	-	+
475	<i>Characium sp.</i>	+	+	+	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
476	<i>Korshikoviella limnetica</i> (Lemmermann) P.C.Silva	-	+	-	+	-	-
<i>Hydrodictyaceae</i>							
477	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	+	+	+	+
478	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald	-	-	+	-	+	+
479	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> (R einsch) P.M.Tsarenko	-	-	+	-	+	-
480	<i>Sorastrum spinulosum</i> Nägeli	-	+	-	+	-	-
481	<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansgirg	-	-	-	+	-	-
482	<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg	+	+	+	-	+	+
483	<i>Tetraëdron minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i> Lagerh eim	+	+	+	+	+	-
484	<i>Tetraëdron triangulare</i> Korshikov	-	+	+	+	+	-
<i>Mychonastaceae</i>							
485	<i>Mychonastes jurisii</i> (Hindák) Krienitz, C.Bock, Dadheech & Proschold	+	+	+	+	-	+
<i>Neochloridaceae</i>							
486	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	+	+	+	-	-	-
<i>Radiococcaceae</i>							
487	<i>Coenochloris fottii</i> (Hindák) P.M.Tsarenko	+	-	-	-	-	-
488	<i>Coenochloris piscinalis</i> Fott	-	-	+	-	-	-
489	<i>Coenococcus planctonicus</i> Korshikov	-	+	-	-	-	-
490	<i>Neocystis ovalis</i> (Korshikov) Hindák	-	+	+	-	-	-
491	<i>Palmococcus reniformis</i> (Korshikov) I.Kostikov, T.Darienko, A.Lukesová, & L.Hoffmann	-	-	-	+	-	-
492	<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & L.Hoffmann	-	-	-	+	-	-
<i>Scenedesmaceae</i>							
493	<i>Acutodesmus acutiformis</i> var. <i>costatus</i> (Huber- Pestalozzi) P.M.Tsarenko & D.M.John	-	+	+	+	+	-
494	<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	+	+	+	+	+	-
495	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	+	+	+	+	+	+
496	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korshikov	-	-	-	-	+	-
497	<i>Comasiella arcuata</i> (Lemmermann) E.Hegewald, M.Wolf, Al.Keller, Friedl & Krienitz	-	+	-	-	-	-
498	<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.H.Hegewald	+	-	+	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8
499	<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald	-	-	+	+	+	-
500	<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko	+	+	+	+	-	-
501	<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E.Hegewald	-	-	+	+	-	-
502	<i>Desmodesmus caudatoaculeatus</i> (Chodat) P.M.Tsarenko	+	+	+	+	+	-
503	<i>Desmodesmus caudatoaculeatus</i> var. <i>spinosus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko	-	+	+	-	-	-
504	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald	+	+	+	+	+	+
505	<i>Desmodesmus hystricoides</i> P.M.Tsarenko	-	+	-	-	-	-
506	<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald	-	-	+	+	+	-
507	<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Y.V.Roll) E.Hegewald	+	+	+	-	-	-
508	<i>Desmodesmus magnus</i> (Meyen) P.M.Tsarenko	+	+	+	+	+	-
509	<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald	-	-	-	+	+	-
510	<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>carinatus</i> (Lemmermann) E.Hegewald	-	-	-	-	+	-
511	<i>Desmodesmus protuberans</i> (F.E.Fritsch & M.F.Rich) E.Hegewald	-	+	-	-	-	-
512	<i>Desmodesmus subspicatus</i> (Chodat) E.Hegewald & A.W.F.Schmidt	+	-	-	-	-	+
513	<i>Hariotina reticulata</i> P.A.Dangeard	+	+	+	+	-	-
514	<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i> (Korshikov) Hindák	-	-	-	+	-	-
515	<i>Pseudodidymocystis lineata</i> (Korshikov) Hindák	-	-	-	+	+	-
516	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E.Hegewald & Deason	+	+	+	+	+	+
517	<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda	-	+	-	-	-	-
518	<i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>disciformis</i> (Chodat) Compère	+	+	+	+	-	-
519	<i>Scenedesmus obtusus</i> var. <i>apiculatus</i> (West & G.S.West) P.M.Tsarenko	-	+	+	-	-	-
520	<i>Scenedesmus semipulcher</i> Hortobágyi	-	-	-	-	+	-
521	<i>Scenedesmus soli</i> Hortobágyi	+	-	+	-	-	-
522	<i>Scenedesmus</i> sp.	-	+	+	-	+	-
523	<i>Tetradesmus incrassatulus</i> (Bohlin) M.J.Wynne	+	-	-	-	-	-
524	<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry	+	+	+	-	-	-
525	<i>Tetradesmus lagerheimii</i> var. <i>tetradesmoides</i> (G.M.Smith) Taşkin & Alp	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
526	<i>Tetrademus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne	+	+	+	+	+	-
527	<i>Tetrademus wisconsinensis</i> G.M.Smith	+	-	+	+	-	+
<i>Schroederiaceae</i>							
528	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	-	+	-	-	-	-
529	<i>Schroederia</i> sp.	-	+	+	-	-	-
530	<i>Westella botryoides</i> (West) De Wildeman	-	+	-	-	-	-
<i>Selenastraceae</i>							
531	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov	+	+	+	+	+	-
532	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	-	+	-	-	-	-
533	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	-	-	+	-	+	-
534	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	+	-	-	-	-	-
535	<i>Kirchneriella aperta</i> Teiling	-	+	+	+	-	-
536	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	+	+	+	-	-	-
537	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & G.S.West	-	+	-	-	-	-
538	<i>Kirchneriella</i> sp.	-	+	+	-	-	-
539	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+	+	+	+	+	-
540	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	+	+	+	-	+	-
541	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová	-	+	-	-	-	-
542	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard	+	+	+	-	-	-
543	<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	+	+	+	+	-	+
544	<i>Monoraphidium tortile</i> (West & G.S.West) Komárková-Legnerová	+	+	+	-	-	+
545	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas	+	+	+	+	+	-
546	<i>Raphidocelis sigmoidea</i> Hindák	+	+	+	+	+	-
547	<i>Raphidocelis</i> sp.	+	+	-	-	-	-
548	<i>Raphidocelis subcapitata</i> (Korshikov) Nygaard, Komárek, J.Kristiansen & O.M.Skulberg	+	+	+	+	-	+
549	<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	+	+	+	-	-	-
550	<i>Tetrastrum</i> sp.	-	+	-	-	-	-
551	<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann	+	-	+	+	+	-
<i>Sphaeropleaceae</i>							
552	<i>Ankyra ancora</i> (G.M.Smith) Fott	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
553	<i>Ankyra ocellata</i> (Korshikov) Fott	+	-	-	-	-	-
554	<i>Ankyra sp.</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Nephrocytiaceae</i>							
555	<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli	-	+	-	-	-	-
<i>Treubariaceae</i>							
556	<i>Treubaria schmidlei</i> (Schröder) Fott & Kováčik	+	+	-	-	-	-
557	<i>Treubaria triappendiculata</i> C.Bernard	+	+	+	-	-	-
Oedogoniales							
<i>Oedogoniaceae</i>							
558	<i>Oedogonium sp.1</i>	+	+	+	-	+	+
559	<i>Oedogonium sp.2</i>	-	+	+	-	-	+
Chaetopeltidales							
<i>Hydrocytiaceae</i>							
560	<i>Hydrocytium acuminatum</i> (A.Braun) A.Braun	+	-	-	-	-	-
ULVOPHYCEAE							
Ulotrichales							
<i>Ulotrichaceae</i>							
561	<i>Geminellopsis fragilis</i> Korshikov	+	+	+	-	+	+
562	<i>Ulothrix zonata</i> (F.Weber & Mohr) Kützing	-	+	+	-	-	+
563	<i>Ulothrix sp.1</i>	-	+	+	-	+	+
564	<i>Ulothrix sp.2</i>	-	-	+	-	-	+
KLEBSORMIDIOPHYCEAE							
Klebsormidiales							
<i>Elakatotrichaceae</i>							
565	<i>Elakatothrix pseudogelatinosa</i> Korshikov	+	-	-	-	-	-
EUGLENOZOA							
EUGLENOPHYCEAE							
Euglenales							
<i>Euglenaceae</i>							
566	<i>Euglena viridis</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	+	-	-	-	-	-
567	<i>Euglena sp.1</i>	-	+	-	-	+	-
568	<i>Euglena sp.2</i>	+	+	+	+	+	+
569	<i>Euglena sp.3</i>	-	-	-	-	+	-

[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Peranemataceae</i>							
592	<i>Peranema sp.</i>	-	-	-	-	+	-
593	<i>Pseudoperanema macromastix</i> (W.Conrad) J.Larsen	-	+	-	-	+	-
STAVOMONADEA							
Petalomonadida							
<i>Scytomonadidae</i>							
594	<i>Notosolenus mediocancellatus</i> (F.Stein) Schroeckh, Won J.Lee & D.J.Patterson	-	-	-	-	+	+
595	<i>Petalomonas sp.</i>	-	+	-	-	-	-
ENTOSIPHONEA							
Entosiphonida							
<i>Entosiphonidae</i>							
596	<i>Entosiphon sulcatus</i> (Dujardin) F.Stein	-	+	+	-	+	-
597	<i>Entosiphon sp.</i>	-	-	-	+	-	+

ДОДАТОК В. Список публікацій за темою дисертації

Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричній базі даних Scopus:

1. Semenyuk N.Ye., Davydov O.A., **Hryhoriyeva H.Ye.**, Zhorova A.V., Koziychuk E.Sh. Process of *Typha angustifolia* L. Colonization by Algae of Various Ecological Groups in the River Section of the Kaniv Reservoir (the Dnieper River, Ukraine). *Hydrobiological Journal*. 2026. Vol. 62, Issue 1. P. 3–23. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v62.i1.10> (Особистий внесок: відбір проб фітоепіфітону, опрацювання відібраного матеріалу та узагальнення результатів, написання частини статті).
2. Zhorova A.V., **Hryhoriyeva H.Ye.**, Semenyuk N.Ye., Davydov O.A., Koziychuk E.Sh. Spatial Dynamics and Interrelations of Contour Algal Communities in the Upper Section of the Kaniv Reservoir (Dnieper River, Ukraine). *Hydrobiological Journal*. 2025. Vol. 61, Issue 4. P. 3–23. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v61.i4.10> (Особистий внесок: відбір проб мікрофітобентосу та фітоепіфітону, камеральне опрацювання проб, виготовлення постійних препаратів, узагальнення та математичне опрацювання результатів, написання частини статті).

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. **Григор'єва Г.Є.** Характеристика осіннього мікрофітобентосу та фітоепіфітону літоралі оз. Вербне (м. Київ, Україна). *Альгологія*. 2025. Т. 35, № 1. С. 58–72. <https://doi.org/10.15407/alg35.01.058>

Тези та матеріали конференцій:

4. **Григор'єва Г.Є.** Весняний фітопланктон озера Вербне (м. Київ). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем*: зб.

- наук. праць. Матеріали VI наук.-практ. конф. молодих вчених (Київ, 2023. 10–11 жовтня 2023 р.). Київ: Інститут гідробіології НАН України, 2023. С. 43–44.
5. Давидов О.А., Козійчук Е.Ш., **Григор'єва Г.Є.**, Жорова А.В. Домінуючі комплекси мікрофітобентосу та фітоепіфітону заток Верхньої ділянки Канівського водосховища. *Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. P. 61–64.*
 6. **Григор'єва Г.Є.**, Жорова А.В., Давидов О.А., Козійчук Е.Ш. Контурні водоростеві угруповання річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024.* Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18–19 квітня 2024 р. Тернопіль: Вектор, 2024. С. 317–323.
 7. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Кількісні показники розвитку осіннього мікрофітобентосу озера Вербне (Україна). *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій.* Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.). Львів: СПОЛОМ, 2024. С. 52–54.
 8. **Григор'єва Г.Є.**, Давидов О.А. Перифітонти в донних альгоугрупованнях річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій.* Матеріали XX Всеукраїнської наукової конференції (м. Львів – смт. Шацьк – смт. Ворохта, 5–8 вересня 2024 р.). Львів: СПОЛОМ, 2024. С. 50–52.
 9. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Структурні компоненти мікрофітобентосу руслової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна науково-*

практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.: збірник матеріалів. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 82–83.

10. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Особливості формування видового різноманіття фітоепіфітону озера Вербне (м. Київ, Україна). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 жовтня 2024 р.: збірник матеріалів*. Київ: ПРОФОРМАТ, 2024. С. 76–77.
11. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Індикаторні еколого-санітарні показники мікрофітобентосу річкової ділянки Канівського водосховища (Україна). *Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць*. Житомир: 2024. С. 38–40.
12. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Структурні компоненти фітоепіфітону *Tyrpha angustifolia* L. в пізньоосінній період оз. Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2024: Збірник наукових праць*. Житомир: 2024. С. 37–38.
13. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Bacillariophyta зимового мікрофітобентосу в озері Вербне (Україна). *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: Збірник матеріалів IX з'їзду Гідроекологічного товариства України*. Дніпро, 2024. С. 26–27.
14. Григор'єва Г.Є., Давидов О.А. Літоральні евритопні діатомові контурних альгоугруповань озера Вербне (Україна). *Біологічні дослідження – 2025: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир : Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 62–63.*
15. Давидов О.А., Григор'єва Г.Є. Еколого-морфологічна група крупних діатомових в умовах інтенсивної динаміки водних мас. *Біологічні дослідження – 2025: збірник наукових праць XVI Всеукраїнської науковопрактичної конференції, 3–4 квітня 2025 р., Житомир : Вид-во ПП «Євро-Волинь», 2025. С. 65–67.*

16. **Григор'єва Г.Є.**, Давидов О.А. Особливості формування показників рясності літнього мікрофітобентосу оз. Вербне (Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025*: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференція, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025). Тернопіль: Вектор, 2025. С. 184–186.
17. Давидов О.А., **Григор'єва Г.Є.** Трансформація структури мікрофітобентосу за підвищеного рівня води у верхній частині Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2025*: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференція, присвячена 85-річчю хіміко-біологічного факультету ТНПУ (1–2 травня 2025). Тернопіль: Вектор, 2025. С. 193–195.