

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**КОЗІЙЧУК ЕЛІНА ШАРУХАНІВНА**

УДК 581.526.323(282.243.7.05)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ФІТОМІКРОБЕНТОС КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ**

03.00.17 – Гідробіологія

Біологічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук

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

\_\_\_\_\_ Е. Ш. Козійчук

підпис здобувача

Науковий керівник: Щербак Володимир Іванович, доктор біологічних наук, професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки

**Київ – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**Козійчук Е. Ш. Фітомікробентос Кілійської дельти Дунаю.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) зі спеціальності 03.00.17 – «Гідробиологія» – Інститут гідробиології НАН України, Київ, 2020.

Встановлено особливості формування видового багатства, таксономічного складу, сезонної динаміки чисельності та біомаси, інформаційного різноманіття, домінуючого комплексу, інтенсивності первинної продукції та екологічного різноманіття фітомікробентосу різнотипних водних екосистем Кілійської дельти Дунаю (річкових рукавів, прісноводних та солонуватоводних заток); виявлені основні екологічні чинники (солоність, тип донних відкладень, швидкість течії води), які впливають на його розвиток. Відповіддю донних мікробентосів на зміну екологічних умов було перетворення їх структурно-функціональної організації через збільшення або зменшення показників видового різноманіття, чисельності, біомаси і перебудова організації домінуючого комплексу донних водоростей.

У фітомікробентосі різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю виявлені 353 види (389 внутрішньовидових таксонів), 8 відділів, 13 класів, 30 порядків, 110 родів. Видове і таксономічне багатство донних мікробентосів заток дельти вище ніж у рукавах (371 і 173 в. в. т. відповідно).

За таксономічним різноманіттям домінуючими визначено Bacillariophyta (60%). Chlorophyta складали 19%, Cyanophyta – 9%, Euglenophyta – 7%. Cryptophyta, Chrysophyta, Dinophyta та Xanthophyta представлені поодинокими видами і не перевищували 1–2%.

Для з'ясування особливостей екологічного різноманіття фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів КДД проведено аналіз, який виявив 365 (або 94% від загальної кількості видів) таксонів, які є індикаторами певних екологічних умов, відносно біотопічної приуроченості (90%), температурного режиму (18%), реофільності (44%), галобності (76%), рН середовища (58%), географічного розповсюдження (85%) та сапробності (75%). Екологічне різноманіття відображає стан фітомікробентосу та дозволяє оцінити специфічність локальних флор, умови середовища їхнього існування та вплив абіотичних чинників.

За біотопічною приуроченістю найбільшу частку склали бентосні форми (41%), планктонно-бентосні (31%), планктонні (16%) та перифітонні форми (12%). Висока біотопічна багатоконпонентність сприяє реалізації адаптивних можливостей бентосних угруповань за дії різних абіотичних чинників.

В солонуватоводних затоках Кілійської дельти Дунаю встановлена залежність інтенсивності розвитку донних мікробентосів в зонах з різною солоністю води: 2,00–5,00‰; 6,00–8,00‰; 9,00–12,00‰. У зоні діапазону змін солоності 2,00–5,00‰ спостерігалось збільшення показників видового багатства, чисельності та біомаси фітомікробентосу за рахунок розвитку прісноводних видів-олігогалобів різних відділів, при цьому частка солонуватоводних видів-мезогалобів зменшувалася. У зоні виходу до моря, при підвищенні солоності до 9,00–12,00‰ спостерігався інтенсивний розвиток солонуватоводних і морських форм фітомікробентосу, з малою часткою прісноводно-олігогалобних, що спричинило збільшення показників видового багатства, чисельності та біомаси донних мікробентосів. У градієнті значень від 6,00 до 8,00‰ якісні і кількісні показники розвитку фітомікробентосу були мінімальними внаслідок дії зони «критичної солоності» для донних мікробентосів. Зустрічалися в малій кількості як прісноводні, так і солонуватоводні форми фітомікробентосу.

Визначено, що в затоках якісні та кількісні характеристики фітомікробентосу змінювались в залежності від типу донних відкладень – з мінімальних величин на чистих та замулених пісках і до максимальних показників – на сірих і чорних мулах. На замулених пісках за чисельністю домінували синьозелені водорості, за біомасою – діатомові. На сірих мулах чисельність визначали діатомові водорості, біомасу – синьозелені, діатомові, динофітові. На чорних мулах домінантами за чисельністю виступали синьозелені та діатомові водорості, за біомасою – діатомові та зелені.

Встановлено структурно-функціональну організацію фітомікробентосу рукавів Кілійської дельти, згідно якої більшу частку як видового багатства, так і чисельності та біомаси в водотоках складала діатомові водорості. В той же час, синьозелені водорості, які характеризувалися дрібноклітинними розмірами, особливо при масовому розвитку суттєво впливали на показники чисельності фітомікробентосу. Крім того, іноді відмічалися незначні коливання (зростання та зниження) розвитку зелених водоростей.

В залежності від швидкості течії води в дельтових рукавах формувались бентосні угруповання водоростей – з мінімальною чисельністю та біомасою при швидкостях течій 1,0–2,0 м/с, а при зниженні до 0,2–0,8 м/с, реєструвалось зростання кількісних показників фітомікробентосу; при швидкості течії у водному потоці вище 1,5 м/с, кількість видів фітомікробентосу є мінімальною, в той же час, при зменшенні швидкості течії до 1,0 м/с і нижче, кількість видів починало зростати.

Розраховані коефіцієнти достовірної апроксимації для залежності видового багатства, чисельності, біомаси основних відділів фітомікробентосу відповідно солоності та течії води.

Аналіз сезонної динаміки чисельності і біомаси фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю дозволив виявити весняний і літній піки вегетації. Порівняльний аналіз розвитку донних мікробентосів водотоків показав, що мінімальних кількісних показників фітомікробентос досягав в багатководні роки, максимальних – у маловодні.

В літній період в водоймах та водотоках Кілійської дельти Дунаю підйоми інтенсивності первинної продукції відповідали підйомам біомаси, однак максимальні їх значення не завжди співпадали. З'ясовано, що максимальна продуктивність реєструвалась на початку масової вегетації видів та їх входженні в домінуючий комплекс фітомікробентосу, коли біомаса починала зростати, з накопиченням біомаси продуктивність видів знижувалась. Найбільш продуктивними виступали прісноводні затоки, де в ґрунтових відкладеннях переважали чорні мули, багаті легко доступними для мікроводоростей органічними речовинами (Ананькін Кут). Мінімум первинної продукції фітомікробентосу спостерігався в солонуватоводних затоках, де в донних відкладеннях виступали піски (Шабош Кут).

Встановлені певні закономірності сезонної динаміки первинної продукції фітомікробентосу. Так, в затоках Кілійської дельти Дунаю відбувалось зменшення осіннього фотосинтезу донних водоростей, що може бути пов'язано зі зниженням температури води та зі зменшенням сонячної радіації. Також, восени збільшувалась кількість видів діатомових водоростей, які мали клітини великих розмірів з низькою питомою фотосинтетичною активністю.

Встановлено, що чим вище видове та таксономічне різноманіття в затоках, тим більше інтенсивність первинної продукції і навпаки. На ділянках з високою концентрацією синьозелених водоростей інтенсивність первинної продукції знижувалась, це може бути обумовлено тим, що поряд із значним їх розвитком в фітомікробентосі, паралельно значно розвивались *Cyanophyta* планктону, створюючи тіньовий ефект, що негативно впливав на фотосинтез донних водоростей. Отже, масовий розвиток *Cyanophyta* в поверхневих горизонтах виступав природним чинником, який інгибував процеси первинного продукування в донних горизонтах, а, отож, це зменшувало видове різноманіття донних альгоценозів.

Визначено, що інтенсивність первинної продукції фітомікробентосу визначалось його компонентним складом, тривалістю вегетаційного періоду, низькою гідрохімічних та гідрологічних чинників, важливішими з яких є вміст

біогенних елементів, освітленість і температура води. Збільшення чи зменшення інтенсивності первинної продукції пов'язано зі зміною домінуючого складу донних мікробіотів.

Одержані у дисертаційній роботі результати вказують на те, що фітомікробентос – важливий біологічний компонент первинної фотосинтетичної ланки, визначає формування потоків енергії, створення органічної речовини, приймає активну участь в насиченні водної товщі водою та водотоків Кілійської дельти Дунаю киснем, при цьому його доля в первинній продукції може досягати суттєвих показників, що забезпечує життєдіяльність гідробіотів вищих трофічних рівнів.

Отримані дані можуть бути використані для екологічного моніторингу стану різнотипних водних об'єктів Кілійської дельти Дунаю, оцінки їх біорізноманіття та біоресурсного потенціалу, у тому числі прогнозування його можливих змін.

**Ключові слова:** фітомікробентос, Кілійська дельта Дунаю, водойми, водотоки, домінуючий комплекс, солоність води, донні відкладення, течія.

## ABSTRACT

**Koziichuk E. Sh. Phytobenthos in the Kiliya Delta of the Danube River. – Manuscript.**

Thesis for the degree of candidate of biological sciences (philosophy doctor) in the specialty 03.00.17 – Hydrobiology. – Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine, Kyiv, 2020.

The paper deals with the patterns of phytobenthos species diversity, taxonomic composition, seasonal dynamics of cell count and biomass, informational diversity, dominant complex, primary production and ecological diversity in the various aquatic ecosystems of the Danube River Kiliya Delta (river arms, fresh-water and

brackish-water bays), identifies the main ecological factors (salinity, bottom sediments type, current velocity) making effect upon phytobenthos. Bottom microalgae respond to changes in ecological conditions by modifying their structure and functioning through increasing or decreasing their species diversity, cell count, biomass and transforming the dominant complex structure.

Phytobenthos of the Kiliya Delta's various water bodies and streams comprises 353 species (389 infraspecific taxa) from 8 divisions, 13 classes, 30 orders and 110 genera. The bottom microalgae taxonomic richness in the delta bays is higher than in the river arms – 371 and 173 species and varieties respectively.

The intensity of bottom microalgae development in the Danube Kiliya Delta brackish bays depends upon the water salinity: 2,00–5,00‰; 6,00–8,00‰; 9,00–12,00‰. Within the salinity range 2,00–5,00‰ phytobenthos species diversity, cell count and biomass were higher on account of freshwater oligohalobous species development, with the share of brackish-water mesohalobous species being smaller. Near the sea, with the salinity rising to 9,00–12,00‰ brackish-water and marine forms dominated, with the share of freshwater oligohalobous species being low, which caused the bottom algae species diversity, cell count and biomass to increase. Within the salinity range 6,00–8,00‰ the phytobenthos qualitative and quantitative parameters were minimal due to “critical salinity” impact on bottom microalgae. Both freshwater and brackish-water forms occurred in small quantity.

The phytobenthos qualitative and quantitative parameters in the bays changed depending upon the bottom sediments type – from minimal values on pure and silted sands to maximal values on grey and black silts. On silted sands blue-green algae dominated the phytobenthos cell count, and diatoms dominated the biomass. On grey silts diatoms prevailed in number, and blue-green algae, diatoms and dinophytes prevailed in biomass. On black silts blue-green algae and diatoms had the highest cell count, and diatoms and green algae had the highest biomass.

The phytobenthos structural and functional organization in the arms of the Danube Kiliya Delta has been studied. The largest share of species richness, cell count and biomass in the streams was composed of diatoms. At the same time, small-

sized blue-green algae, especially in case of intensive grows, made a significant effect upon the phytobenthos cell count. Besides, sometimes we observed insignificant fluctuations (rises and falls) of green algae development.

Depending upon the current velocity different benthic communities formed in the delta arms. When the current velocity made up 1,0–2,0 m/s, the cell count and biomass were minimal. With the current velocity decreasing to 0,2–0,8 m/s, the phytobenthos quantitative parameters tended to rise. When the stream current velocity exceeded 1,5 m/s the phytobenthos species richness was minimal, and when the current velocity reduced to 1,0 m/s and lower, the species richness began to increase.

The approximation reliability indexes have been calculated for relationships between species diversity, cell count, biomass of the main algae divisions and water salinity and current velocity. The seasonal dynamics of phytobenthos cell count and biomass in water-bodies and streams of the Danube Kiliya Delta showed the spring and the summer peaks of phytobenthos vegetation. The minimal quantitative parameters were observed in high-water years, and the maximal quantitative parameters – in low-water years.

The peaks in primary production corresponded to the peaks in biomass, however their maximal values did not always coincide. The maximal productivity was observed at the beginning of the mass vegetation of species and their dominance, when the biomass started to grow. When the biomass accumulated, the species productivity decreased. The highest productivity was recorded for freshwater bays, where black silts prevailed, rich in organic substances available for bottom microalgae (Anankin Kut Bay). The minimal primary production was observed in brackish-water bays, where bottom deposits were represented by sand (Shabosh Kut Bay).

The phytobenthos primary production dynamics has been studied. In the Danube Kiliya Delta bays the bottom microalgae autumn photosynthesis was lower, which may be explained with decreasing temperature and solar radiation. Besides, in autumn large-cell diatoms increased in number, and they have low relative photosynthetic activity.



The higher is phytobenthos taxonomic diversity in bays, the more intensive is primary production and vice versa. In areas with high concentration of blue-green algae the primary production intensity reduced, which may be explained by simultaneous growth of planktonic Cyanophyta, which created the shadow effect, negatively affecting the bottom microalgae photosynthesis. Thus, intensive growth of Cyanophyta in surface water layers was a natural factor, inhibiting primary production processes in bottom layers, which decreased species richness of bottom algal communities.

The phytobenthos primary production intensity depended upon its composition, vegetation period duration, several hydrochemical and hydrological factors, with the nutrient content, solar irradiation and water temperature being the most important. The primary production fluctuations were related to changes in the dominant complex structure of benthic algal communities. The obtained results show that phytobenthos is an important components of primary photosynthetic link, determining energy flows, organic matter creation, it plays an essential role in oxygen saturation of the Danube Kiliya Delta water-bodies and streams. Its share in the primary production may be substantial, which ensures the vital activity of higher trophic levels.

The data obtained can be used for ecological monitoring of the Danube Kiliya Delta water-bodies and streams, assessing their biodiversity and bioresource potential and predicting their possible changes.

**Keywords:** phytobenthos, the Kiliya Delta of the Danube River, water-bodies, streams, dominant complex, water salinity, bottom deposits, current velocity.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у фахових виданнях

1. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Фітомікробентос різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. *Наук. зап. Тернопіль. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2010. 2 (43). С. 266–269. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).
2. **Козійчук Е. Ш.** Продукційні характеристики фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. *Наук. зап. Тернопіль. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2015. № 3–4 (64). С. 328–331.
3. Shcherbak V. I., **Koziychuk E. Sh.** Phytomicrobenthos dynamics in water bodies of various types in the Kiliya delta of the Danube river depending on some ecological factors. *Hydrobiological Journal*. 2016. Vol. 52, № 3. P. 3–14. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).
4. **Koziychuk E. Sh., Shcherbak V. I.** Phytomicrobenthos of Brackishwater Bays of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2017. Vol. 53, № 4. P. 22–35. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).
5. **Козійчук Е. Ш.** Особливості розвитку фітомікробентосу прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю. *Біоресурси і природокористування*. 2017. Т. 9, № 5–6. С. 26–33.
6. **Козійчук Е. Ш.** Еколого-географічне різноманіття фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. *Наукові доповіді НУБіП України*, [S.1], п. 2(78), кві. 2019. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12618> (дата звернення: 02.12.2019).
7. **Koziychuk E. Sh.** Phytomicrobenthos Diversity in Watercourses of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55, № 5. P. 44–56.

## Тези та матеріали конференцій

1. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Характеристика якості водного середовища різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. *Екологія міст та рекреаційних зон: наук.-практ. конф. Тези докл. та вист. / За загальною редакцією В. М. Небрат. Одеса: Іннов.-інф. центр «ІНВАЦ», 2010. С.174–177. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*

2. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Сучасний розвиток фітомікробентосу водотоків Дунайського біосферного заповідника на різних типах ґрунту. *Екологія міст та рекреаційних зон: Всеукр. наук.-практ. конф. Докл. та статті / За заг. ред В.М.Небрат Одеса : Іннов.-інф. центр «ІНВАЦ», 2011. С. 322–324. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*

3. **Козійчук Е. Ш.** Різноманіття фітомікробентосу водойм Кілійської дельти Дунаю з різним ступенем солоності води. *Збірник наукових праць. Фальцфейнівські читання. Херсон: ПП Вишемирський, 2011. С. 67–68.*

4. Щербак В. И., **Козийчук Э. Ш.** Особенности развития фитомикробентоса водных объектов Килийской дельты Дуная с разной степенью антропогенной загрузки. *Международный экологический форум Чистый город. Чистая река. Чистая планета. м. Херсон. 17–18 ноября 2011. С. 218–222. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*

5. **Козійчук Е. Ш.** Критерії оцінки екологічного стану транскордонних водних об'єктів за біологічними показниками. *«Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решений»:* Материалы III Международной научной конференции. Херсон, ПП Вишемирский В.С., г. Херсон, 2012. С. 68–70.

6. **Козійчук Е. Ш.** Фітомікробентос – біотичний індикатор якості водного середовища. *«Вода: проблемы и решения»:* материалы X науч.-практ. конф. г. Днепропетровск, Д.: Видавничо-творчий центр «Гамалія», 2012. С. 104–107.

7. **Козійчук Е. Ш.** Фітомікробентос озера Лебедине (Кілійська дельта Дунаю). *Актуальні проблеми сучасної гідроекології*: збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю заснування Національної академії наук України. Київ, 2013. С. 43–44.

8. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Структурно-функціональне та екологічне різноманіття фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю. *Екологія водно-болотних угідь і торфовиць* (збірник наукових статей) / Головний редактор В. В. Коніщук. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. С. 134–137. (Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).

9. **Козійчук Е. Ш., Задорожна Г. М.** Оцінка якості води різнотипних водойм за водоростевими угрупованнями. *Інтегроване управління водними ресурсами*: науков. збірник / відпов. ред. В.І.Щербак. 2014. С. 59–65. (Відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та участь у написанні статті).

10. **Козійчук Е. Ш.** Сезонні зміни структури фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю (на прикладі затоки Бистрий кут). Збірник наукових праць. Житомир: ПП «Рута», 2017. С.124–126.

11. **Козійчук Е. Ш.** Оцінка якості води прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю за індикаторними організмами фітомікробентосу. «Природа для води»: матеріали міжн. науч.-практ. конф. м Київ К.: Інст. вод. пробл. і меліор. НААНУ 2018. С. 106–107.

12. **Козійчук Е. Ш.** Різноманіття фітомікробентосу рукавів Білгородський та Отножний Кілійської дельти Дунаю: збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологіч. тов-ва Укр, присвяч. 110-річчю заснув. Дніпр. біол. ст. Київ, 2019. С. 49–51.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	16
РОЗДІЛ 1. РЕТРОСПЕКТИВНИЙ ОГЛЯД ВИВЧЕННЯ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ.....	22
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА, ГІДРОЛОГІЧНА І ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
РОЗДІЛ 4. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ФЛОРИСТИЧНИЙ СПЕКТР І ЕКОЛОГІЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ.....	47
4.1. Загальна характеристика фітомікробентосу водойм та водотоків.....	47
4.2. Солонуватоводні затоки.....	54
4.3. Прісноводні затоки.....	64
4.4. Водотоки.....	73
РОЗДІЛ 5. ДИНАМІКА КІЛЬКІСНОГО РОЗВИТКУ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ ПРІСНОВОДНИХ ЗАТОК .....	82
5.1. Затока Бистрий Кут.....	82
5.2. Затока Потапів Кут.....	88
5.3. Озеро Ананькін Кут.....	92
5.4. Порівняльний аналіз різноманіття фітомікробентосу прісноводних заток Кілійської дельти Дунаю.....	97
РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ СОЛОНУВАТОВОДНИХ ЗАТОК .....	102
6.1. Затока Бадика Кут.....	102
6.2. Затока Солоний Кут.....	106
6.3. Затока Шабош Кут.....	111
6.4. Загальна характеристика фітомікробентосу солонуватоводних заток.....	116

## РОЗДІЛ 7. ФІТОМІКРОБЕНТОС ВОДОТОКІВ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ

ДУНАЮ.....	123
7.1. Рукав Бистрий.....	124
7.2. Рукав Восточний.....	129
7.3. Рукав Очаківський.....	132
7.4. Рукави Білгородський та Отножний.....	135
7.5. Загальна характеристика розвитку фітомікробентосу водотоків.....	140
РОЗДІЛ 8. ПРОДУКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ.....	148
ВИСНОВКИ.....	156
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	159
ДОДАТОК. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	183

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

A	первинна продукція
В. В. Т.	Видові і внутрішньовидові таксони водоростей з номенклатурним типом виду
ВВР	вища водяна рослинність
В	біомаса фітомікробентосу, мг/10см <sup>2</sup>
F	частота трапляння видів, %
Н	глибина, м
H <sub>B</sub>	індекс інформаційного різноманіття Шеннона, розрахований за біомасою фітомікробентосу, біт/мг
H <sub>N</sub>	індекс інформаційного різноманіття Шеннона, обчислений за чисельністю фітомікробентосу, біт/екз
КДД	Кілійська дельта Дунаю
K <sub>S</sub>	коефіцієнт подібності видового складу Серенсена
N	чисельність фітомікробентосу, тис. кл/10см <sup>2</sup> , млн. кл/10см <sup>2</sup>
P/V × добу	Коефіцієнт питомої продуктивності

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Кілійська дельта Дунаю – молода, динамічна гідроекосистема, виникла в результаті алювіальних процесів і на сьогодні продовжує формуватися [12, 35, 176, 199]. Це унікальна водна екосистема, яка являє собою комплекс різноманітних водойм та водотоків – (рукавів, заток, озер) з різноманітними гідрологічними, фізико-хімічними і гідробіологічними характеристиками.

Важливими гідрологічними особливостями дельтової ділянки річки Дунай є висока швидкість течії. Завислі речовини при зниженні швидкості течії осідають, створюючи нові коси та острови, щорічно нарощуючи загальну площу суші дельти. При цьому виникають водні комплекси з різноманітними біотопами [59, 100, 194].

Великому різноманіттю водних екосистем притаманні специфічні угруповання мікроводоростей, які є важливими компонентами автотрофної ланки, формують її різноманіття, потоки енергії, колообіг речовин. Донна альгофлора (фітомікробентос) – мікроскопічні організми, які мешкають на дні водних об'єктів на м'яких субстратах, в результаті фотосинтетичної діяльності створюють первинну продукцію. Завдяки короткому періоду вегетації, високій чуттєвості до умов існування, швидко реагують на зміни умов довкілля, зокрема, на вплив абіотичних чинників.

Первинна продукція фітомікробентосу визначається його компонентним складом та низкою гідрохімічних та гідрологічних чинників, серед яких найбільш важливими є солоність води, вміст біогенних елементів, тип донних відкладень та швидкість течії води.

Перші дослідження альгофлори пониззя Дунаю, які стосувалися планктону, розпочалися на території румунської дельти на початку ХХ століття. Так, у праці І. Лепші [225] згадується про масовий розвиток водоростей в дунайській воді, а Г. Шемез [177] вказував на масовий розвиток в планктоні *Stephanodiscus hantzschii* Grun. in Cl. et Grun.



Планомірні дослідження фітопланктону Дунаю, його рукавів та заток Кілійської дельти було розпочато Я. В. Роллом [146] в середині минулого століття.

Вивчення бентосних водоростей Кілійської дельти Дунаю започатковано з 1948-го року під час комплексних досліджень Інституту гідробіології НАН УРСР [31, 63]. В подальшому, дослідження донної альгофлори Кілійської дельти Дунаю були малочисельними, носили фрагментарний, епізодичний характер [58, 68, 69, 70, 213] та узагальнені в роботах [71, 122]. Більше уваги приділялось вивченню фітопланктону [58, 61, 63–65, 119, 165, 188]. В 2006–2007 та 2011 рр. в рамках міжнародних експедицій проведені гідробіологічні дослідження транскордонних ділянок нижнього Дунаю, зокрема визначений видовий склад фітомікробентосу [211].

Водночас, низка аспектів не знайшли свого відображення в попередніх дослідженнях. Не в повній мірі вивчено таксономічне (на рівні класів, порядків, родів) і екологічне різноманіття фітомікробентосу, його якісні й кількісні показники та вплив на них солоності води, типу донних відкладень, швидкості течії води, також не досліджено первинну продукцію фітомікробентосу, що обумовлює актуальність даної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**  
Дисертаційна робота виконувалась в Інституті гідробіології НАН України у рамках наступних тем:

- державної науково-дослідної теми «Екологічні сукцесії гідробіоценозів дельти Дунаю» (ДР №0111U001016);
- науково-конкурсної тематики «Вивчення стану екосистем та якості вод дельтових ділянок річок, естуарій, лиманів та інших водних об'єктів Азово-Чорноморського регіону і розробка практичних рекомендацій щодо використання їх біоресурсного та рекреаційного потенціалу» (ДР №0112U004335); «Моніторинг біорізноманіття гідробіонтів дельтових ділянок річок, естуарій та лиманів як основа системного використання біологічних ресурсів перехідних вод Азово-Чорноморського басейну» (ДР №0113U002795);

«Моніторинг гідробіологічних ресурсів, створення та розвиток системи оцінки екологічного стану водних об'єктів перехідних вод Азово-Чорноморського басейну з використанням підходів Водної Рамкової Директиви ЄС» (ДР №0114U006195); «Моніторинг біорізноманіття гідробіонтів ділянок річок, естуаріїв, лиманів як основа системного використання біологічних ресурсів перехідних вод Азово-Чорноморського басейну» (ДР №0115U004098);

- господарсько-договірної тематики «Гідробіологічний моніторинг прісноводних екосистем при відновленні та експлуатації суднового ходу Дунай-Чорне море» (ДР №0110U000830); «Гідробіологічний моніторинг прісноводних екосистем при відновленні та експлуатації суднового ходу Дунай-Чорне море» (ДР №0112U005135).

**Мета і задачі дослідження.** Встановити закономірності формування таксономічного складу, чисельності, біомаси, первинної продукції фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів Кілійської дельти Дунаю та оцінити вплив основних абіотичних чинників.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **завдання:**

- ✓ Визначити таксономічний склад і екологічне різноманіття фітомікробентосу річкових рукавів, прісноводних та солонуватоводних заток;
- ✓ Дослідити кількісні показники (чисельність, біомасу) і їх структурну організацію;
- ✓ Визначити просторовий розподіл та сезонну динаміку видового складу, чисельності та біомаси фітомікробентосу;
- ✓ Оцінити вплив абіотичних чинників на розвиток фітомікробентосу у водоймах і водотоках Кілійської дельти Дунаю;
- ✓ Встановити продукційні характеристики донних водоростей водойм та водотоків дельти Дунаю.

*Об'єкт дослідження* – закономірності формування структури і функціонування фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю.

*Предмет дослідження* – таксономічний склад, чисельність, біомаса, первинна продукція донних мікробентосних різноманітних водойм і водотоків Кілійської дельти Дунаю, оцінка впливу абіотичних чинників.

*Методи дослідження.* Використані загальноприйняті у гідробіологічних дослідженнях методи вивчення донних водоростей. Продукційні показники фітомікробентосу отримані експериментально-розрахунковим методом. При виконанні роботи оперували аналітичними, графічними, статистичними методами.

Під час проведення досліджень біотичні норми не порушувались.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Встановлено основні закономірності формування якісних і кількісних характеристик фітомікробентосу в різноманітних водних об'єктах Кілійської дельти Дунаю: річкових рукавах, прісноводних та солонуватоводних затоках.

Проведено оцінку впливу абіотичних чинників (солоність води, тип донних відкладень, швидкість течії води) на сезонну та просторову динаміку розвитку фітомікробентосу.

Встановлено, що відгуком бентосних мікробентосних на зміну екологічних умов є переформатування їх структурно-функціональної організації через збільшення або зменшення показників видового різноманіття, чисельності, біомаси, перебудову структури домінуючого комплексу. Вперше встановлено особливості розподілу в просторі і часі первинної продукції фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю.

Визначено, що первинна продукція фітомікробентосу визначається його компонентним складом, біомасою, тривалістю вегетаційного періоду, низкою гідрохімічних та гідрологічних чинників.

**Практичне значення одержаних результатів.**

За отриманими результатами створено базу даних у вигляді електронних таблиць Microsoft Excel, що включають видовий склад та кількісні характеристики угруповань бентосних мікробентосних різноманітних водойм та водотоків дельти Дунаю.

Отримані дані можуть бути застосовані при моніторингових дослідженнях екологічного стану водних екосистем Кілійської дельти Дунаю, прогнозуванні можливих змін для розробки програм з охорони і збереження довкілля.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертанткою реалізовано відбір та камеральне опрацювання проб фітомікробентосу, виконано статистичну обробку отриманих даних. Спільно з науковим керівником визначена мета, основні завдання роботи, здійснено аналіз результатів, сформульовані висновки. Персонально або у співавторстві видано наукові праці, де висвітлені основні результати проведених досліджень.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи були оприлюднені на V, VII та VIII з'їздах Гідроекологічного товариства України (Житомир, 2010; Київ, 2015, 2019); представлені на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологія міст та рекреаційних зон» (Одеса, 2010, 2011); Міжнародному екологічному форумі «Чистый город. Чистая река. Чистая планета» (Херсон, 2011); III Міжнародній науковій конференції «Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решений» (Херсон, 2012); X науково-практичній конференції, прив'язаній 90-річчю Дніпропетровського державного аграрного університету «Вода: проблемы и решения» (Дніпропетровськ, 2012); науково-практичній конференції, присвяченій 95-річчю заснування Національної академії наук України «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Київ, 2013); III Міжнародному науково-практичному столі «Екологія водно-болотних угідь і торфовищ» (Київ, 2014); Другому міжнародному водному форумі «Інтегроване управління водними ресурсами: дослідження, інновації, освіта» (Київ, 2014).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи відображено у 19 наукових публікаціях, у тому числі – 7 опубліковані в періодичних виданнях, які входять до переліку фахових.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 8 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Роботу викладено на 151 сторінці тексту, що містить 10 таблиць, 78 рисунків. Список використаних літературних джерел налічує 238 найменувань, з яких 43 – англійськомовні. Загальний обсяг рукопису становить 186 сторінок.

## РОЗДІЛ 1. РЕТРОСПЕКТИВНИЙ ОГЛЯД ВИВЧЕННЯ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Вивчення фітомікробентосу різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю (КДД) започатковано К. С. Владимировою з 1948-го, а в 1958–1959 роки здійснювалося авторкою під час комплексних досліджень Інституту гідробіології АН УРСР [31, 63]. В подальшому, дослідженню фітомікробентосу різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю не приділялось належної уваги, на відміну від фітопланктону [63–65, 146].

К. С. Владимирова вказувала [29], що на досліджених ділянках Кілійської дельти знаходяться різні типи водних об'єктів (прискороного та уповільненого стоку), тому позначаються декілька груп донної альгофлори: фітомікробентос рукавів та фітомікробентос заток переднього краю дельти.

Фітомікробентос водотоків КДД, за даними К. С. Владимирової [31], небагатий в якісному відношенні та в кількісному розвитку. В бентосних пробах було виявлено до 174 таксонів водоростей (видового та внутрішньовидових рангів таксонів), з них 108 припадало на діатомові. Найбільш розповсюдженими в рукавах були *Diatoma vulgare* Bory, *D. vulgare* var. *productum* Grun., *Melosira varians* Ag., *Cymbella tumida* (Bréb. in Kütz.), *C. parva* (W. Sm.) Cl., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Nitzschia intermedia* Hant.ex Cl. et Grun., *N. amphibia* Grun., *Nitzschia gracilis* Hant. Найбільш кількісні показники вегетації мали *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gom., *Phormidium ambiguum* Gom., *Ph. subfuscum* (Ag.) Kutz., *Ph. foveolarum* Gom., *Ph. valderiae* (Delp.) Geitl., *Cocconeis placentula* Ehr., *Epithemia sorex* Kütz.

В кожному рукаві дельти, за даними К. С. Владимирової [31], визначено 10–60 видів з різновидами. Вказано на виняткову бідність донної альгофлори в рукавах Бистрому та Восточному. Найбільшого розвитку фітомікробентос досягав в Білгородському рукаві, особливо в його нижній ділянці, де в невеликих заростях рдесту масово вегетували *N. gracilis* та *C. placentula*. В

рукаві Отножному у великій кількості розвивалися *C. placentula* та *Ph. foveolarum*.

На думку К. С. Владимирової [29, 31], наявність галофільних та мезагалобних видів водоростей в рукавах КДД свідчить про те, що відбувалося періодичне осолонення завдяки нагонним вітрам, які дули з моря. За літературними даними відомо [100], що підсол води річкових рукавів іноді досягав вершини Кілійської дельти і із домінуючого комплексу синьозелених водоростей загальними видами являлися *Ph. valderiae* та *Ph. foveolarum*. Зелені водорості у великій кількості розвивалися у верхніх ділянках рукавів. Діатомові широко розповсюджені по різних рукавам від витoku до гирла, однак загальними для багатьох ділянок дельти являлися 4–8 видів з різновидами [31, 63].

У роботах К. С. Владимирової згадується про те, що фітомікробентос на замулених та піщаних ґрунтах прибережної полоси різних рукавів Кілійської дельти, в якісному та кількісному відношенні також небагатий [29, 31]. Домінуючий комплекс складався з *Cyclotella kuetzingiana* Thw., *Gyrosigma spenceri* (Quek.) Grif. et Henf, *O. geminata* [26]. В той же час, в бентосних пробах, зібраних з середині річкових рукавів, водорості, за даними К. С. Владимирової [31], були відсутні. За думкою авторки, ймовірно, потужній сток, швидка течія, наявність великої кількості завислих речовин та незначна прозорість води негативно позначаються на розвитку донних водоростей [29].

Затоки переднього краю дельти за сольовим режимом К. С. Владимірова поділяла на дві групи: солонуватоводні та прісноводні [29, 31, 32]. Авторка відмічала, що фітомікробентос прісноводних водойм характеризувався різноманітністю видового складу на замулених, замулено-піщаних та піщаних ґрунтах. В прісноводних затоках було знайдено 396 видів та внутрішньовидових таксонів водоростей (в. в. т.), в солонуватоводних – 220. Відмічено, що для прісноводних водойм характерні дві групи прісноводного

комплексу діатомових: індиференти і галофіли, в солонуватоводних зустрічались мезогалоби, галофіли, індиференти [31].

Встановлено, що керівну роль на середніх ділянках прісноводних заток відігравали діатомові та синьозелені мікроводорості (*Navicula cryptocephala* Kütz., *Caloneis permagna* (Bail.) Cl., *Oscillatoria ucrainica* Vladimir). На ділянках, розташованих на виході до моря домінували мезогалобні діатомові та синьозелені організми (*G. spenceri*, *G. macrum* (W. Sm.), *O. ucrainica*).

Склад фітомікробентосу центральних ділянок солонуватоводних заток, в основному, подібний складу бентосних водоростей, прилеглих до виходу в море, з домінуванням діатомових мезогалобів (*G. spenceri*, *G. macrum*) [31].

Присутність морських водоростей в відкритих солонуватоводних затоках авторка пояснює заносом їх з моря. Також, відмічає, що характерною відмінністю фітомікробентосу солонуватоводних водойм від прісноводних є відсутність в перших із них синьозелених водоростей у складі домінуючого комплексу замулених та піщаних ґрунтів. На дні прісноводних заток пріоритетна роль належала діатомовим та синьозеленим водоростям. У фітомікробентосі солонуватоводних заток домінували діатомові [31].

В солонуватоводних та прісноводних водоймах формуються угруповання, які адаптовані до сольового складу води в першому чи в другому з них [29, 31]. Швидке змішування таких угруповань неможливе через пристосованість солонуватоводних та прісноводних видів саме до своїх певних умов [139].

Таким чином, актуальними проблемами сьогодення є встановлення закономірностей, що визначають таксономічний склад, чисельність, біомасу, первинну продукцію фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів КДД та оцінка впливу на їх формування основних абіотичних чинників (солоності води, типу донних відкладень, швидкості течії води).



## РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА, ГІДРОЛОГІЧНА І ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дунай – одна з найбільших річок Європейського континенту, довжина якої становить 2960 км, площа басейну – 817 тис. км<sup>2</sup>, середньорічний баланс води – 204 км<sup>3</sup>. Басейн річки територіально розташований в межах 14 країн та орієнтований в широтному напрямленні – північно-захід на південно-схід [110]. Водність формується, в основному, в гірських районах Альп, Карпат і Балкан. Складний рельєф на загальному кліматичному фоні Європейського континенту в значному ступені визначає існування відмінних кліматичних та ґрунтово-рослинних зон, а також різницю в гідрологічному режимі на окремих ділянках Дунаю і його притоках. Вплив рельєфу, зокрема, виявляється в тому, що вологі маси повітря, які поступають з Атлантичного океану, втрачають частину вологи на західних схилах гір і до басейну Дунаю надходять більш сухими, внаслідок чого, опади зменшуються. В холодний період року маси сильно охолодженого повітря, опускаючись в долину Дунаю та його приток, викликають додаткове вихолоджування. В теплий період, внаслідок нерівномірного нагрівання гірських масивів, виникає гірсько-долинний ефект, тобто долиною ріки вітри дують вгору та вниз декілька днів. Опади випадають нерівномірно: від 3000 мм на рік у горах, до 500 мм на рівнинах басейну [4, 15, 35, 36, 176].

В архітектоніці басейну беруть участь породи найрізноманітнішого віку, починаючи від палеозойських і закінчуючи голоценовими утворами та сучасними відкладеннями в річних долинах [36, 134, 135]. За характером рельєфу розрізняють три ділянки Дунаю: верхній, середній і нижній [36]. Верхній Дунай, що акумулює водний стік на східних схилах Шварцвальду, Швабсько-Баварському плоскогір'ю та долинах, які утворюються між гірськими масивами і до м. Братислава, протяжністю 1028 км, являється гірською річкою зі значною швидкістю течії (1,9–2,8 м/с, при високих рівнях води досягає 4,5–5,0 м/с). Дунай протікає в потужних відкладеннях алювію. Великі швидкості

течії викликають інтенсивні руслові процеси, утворення кіс, осередків, берегових відмілин, розмивів берегів та дна [35, 36, 176].

Середній Дунай, від м. Братислава до м. Оршова, протяжністю 949 км, має режим рівнинної ріки. Зростає водність та швидкість течії (2,2–4,7 м/с). Русло має багато приток, рукавів та стариць. Вкрито алювіальними відкладеннями (галька, глина, пісок) [35, 36, 176].

Нижній Дунай, від м. Оршова і до гирла, 955 км, також має чітко виражений характер рівнинної ріки. Швидкість течії при середніх рівнях 0,7–1,4 м/с, при високих – від 1,9 до 2,5 м/с. Останньою гирловою ділянкою нижнього Дунаю, яка розташована в південно-західній частині України (20% території) і східній частині Румунії (80%), являється дельта. До дельти примикає узмор'я (прибережна морська зона), де активно взаємодіють води Дунаю та Чорного моря. Дельта Дунаю входить до складу Чорноморської впадини, розташованої в межах альпійської геосинклінальної області [36, 109, 132].

Від м. Рені до гирла 174 км Дунай тече по території України. Ця ділянка ріки є безприточною, де сумується весь гідрологічний (водний та твердий) і гідрохімічний (розчинені речовини) стік ріки, який вноситься в Чорне море [17, 93].

Вище м. Ізмаїл основне русло ділиться на два рукави (Ізмаїльський Чатал – вершина первинної дельти): лівий – Кілійський і правий Тульчинський. Довжина Кілійського рукава 116 км. Нижче м. Вілково (18 км вище гирла) Кілійський рукав віялоподібно розгалужується та утворює вторинну дельту, або авандельту (зону висунення), яка займає нижню приморську частину долини річки Дунай и розширюється до Чорного моря [15, 110, 146]. Розміщена дельта на новоексинських глинах, утворених на дні Давньодунайського лиману [15, 36, 176]. Новоексинські глини покриті осадовими породами різного походження, які залягають майже горизонтально, з невеликим ухилом в сторону моря [36, 176]. Сучасні відкладення в основному алювіального походження, складаються з алевритового і перитового матеріалів

[36, 134, 176]. У східній частині дельти на них постійно впливає море, що призводить до відкладень значної кількості піску та ракушняку. Територію дельти пронизує густа сітка природних та штучних водотоків і водойм різного походження (річкових рукавів, заток, стариць, озер, ериків) з різноманітними гідрологічними, фізико-хімічними і гідробіологічними характеристиками та різного ступеню ізоляції від моря. Взаємодія Дунаю та Чорного моря обумовило складність будови дельти [15, 35, 131].

Кілійська дельта охоплює дві великі підсистеми рукавів: Очаківського (витягнута на схід на 17,8 км) та Старостамбульського (витягнута на північ на 24,9 км [35]. Для Кілійського рукава у другій половині ХХ століття характерним є зменшення стоку води, що відображається на системі Очаківського рукава. За динамічними показниками (зменшення стоку води та швидкості течії) Очаківський рукав, середня швидкість якого – 0,88 м/с, відмирає [56, 179]. Рукав Білгородський розгалужується на декілька проток і впадає в солонуватоводні затоки Солоний Кут та Бадика Кут, які в свою чергу відкриті зі сторони моря. Також, Білгородський рукав є згасаючим, з малою швидкістю течії до 0,2 м/с. Бистрий та Восточний рукави являються найбільш потужними та активними лівими гілками Старостамбульського, з середньою швидкістю течії – 0,94 м/с та 0,68 м/с [94, 179]. В рукаві Бистрий спостерігається нарощування стоку та збільшення швидкості течії. По всій довжині даний водоток знаходиться в активній стадії ерозійного розширення. Рукав Восточний, навпаки, втрачає свою гідролого-морфологічну активність [56, 179]. Рукав-стариця Отножний відокремився, втратив зв'язок зі Старостамбульським і на сьогодні відмирає. Проте, під час паводків існує зв'язок стариці через протоку з Анкудіновим рукавом.

Глибини, які нарастають від уріза води, в дельтових рукавах коливаються від 1 м до 11 м [231].

Морський край КДД, внаслідок її швидкого висування у море, нерівний та має вигин берегової лінії. Поверхня дельти майже горизонтальна з невеликим підйомом до північної частини [176].

Сучасною особливістю КДД являється постійний ландшафтно-утворюючий процес, однією з ознак якого є утворення по її морському краю нових водних екосистем – відкритих солонуватоводних заток. Цьому сприяють значні алювіальні наноси річки, які відкладаються у вигляді довгих пригирлових кіс вздовж русел, що впадають у море. Одночасно з відкладеннями річкового алювію, намиваються в результаті прибійної дії моря, складені з піску та ракушняка, приморські коси, які поступово ізолюють затоки від моря. Втрачаючи зв'язок з морем, затоки опріснюються. Залежність сольового режиму заток переднього краю КДД від впливу моря збільшується з півдня на північ, що пов'язано з основним стоком річкових прісних вод, які проходять по більш активним південним рукавам дельти [100].

За характером солоності води затоки Кілійської дельти Дунаю поділяються на дві групи: прісноводні (олігогалінні) водойми та солонуватоводні [100, 109].

В прісноводних водоймах солоність води не перевищує 1‰. Поділяються: на затоки, відкриті з боку моря – Бистрий Кут (новоутворена водойма на місці впадіння водотока дельти Бистрий, відмічена з 2001 р. в зв'язку з виникненням острова Пташина коса, також має вихід до рукава Восточний [156, 97]); Потапів Кут – затока, яка утворилася в 1960-ті роки [56]; давно існуюче, ізольоване з 1958 року від моря, озеро Ананькін Кут [133]. Ці водойми розташовані в північно-східній та південній частинах дельти, що знаходяться під впливом гідрологічної активності (течії) річкових рукавів – Очаківського, Старостамбульського, Бистрого, Восточного. Затоки мілководні з глибинами від 0,3 м до 1,8 м, тому добре прогрівалися в літній період. Прозорість води в водоймах коливалася в межах 0,3–1,3 м [96]. Загальною рисою даних водних екосистем є їх значна замуленість, в результаті якої на дні склалися позитивні умови для забезпечення мікробіоти легкодоступними біогенами. Прісноводні затоки відіграють важливу роль в екосистемі Кілійської дельти Дунаю. В цих водоймах тримається велика кількість молоді риби: ляща, судака, коропа, рибця та ін. Затоки являються основними місцями

нагулу молоді дунайського оселедцю, який в перші місяці свого життя зосереджується основним чином у прісноводних водоймах дельти. Відсутність передгирлового лиману обумовлює те, що риби пониззя Дунаю не виходять далеко у море, а тримаються головним чином в прісноводних затоках [98].

Солонуватоводні затоки: Солоний Кут, Бадика Кут, Шабош Кут, які знаходяться під впливом моря, являються  $\alpha$ -мезогалінними водоймами, з межами коливань солоності 2,00–12,00‰, розташовані у північній частині дельти. На режим солоності пригирлового узмор'я та переднього краю дельти впливають сгінно-нагінні явища та пов'язані з ними компенсаційні течії (виносять глибинні води на поверхню), що у більшості випадків, досягають берега морського краю дельти і осолоняють усе узмор'я [100]. Цей вплив позначається у різному ступені на ділянках узмор'я та морського краю дельти, що пов'язано з неоднаковою їх орієнтацією в напрямленні переважаючих вітрів та течій, а також з різною ізольованістю даних ділянок. Проте, ці явища не довготривалі, тому не змінюють загальних показників солоності водойм [4, 100].

Досліджені водойми, на відміну від водотоків, мілководні, з глибинами від 0,2 м до 2,0 м, добре прогріваються влітку. Протягом вегетаційних періодів прозорість досягала дна [231]. Завдяки мілководності водойм хвильовому перемішуванню охоплена уся товща води.

Водойми та водотоки дельти характеризуються значним різноманіттям субстратів. Донні відкладення як гетерогенна система складаються із часток різної крупності, присутність яких в певній пропорції є результатом седиментації та трансседиментації (перевідкладення в водоймах пухких відкладень, які взмучуються на мілководдях під час вітрових хвилювань і переносяться течіями в інші райони) речовин, що поступають з різних джерел, інакше кажучи, результатом процесу сортування по гідравлічній крупності [120]. Виділяють чотири типи донних відкладень: пісок, замулений пісок, сірий та чорний мули. В прісноводних водоймах донні відкладення представлені переважно чорними мулами, багатими на біогени (Потапів Кут, Ананькін Кут,)

менше – сірими мулами та замуленими пісками (Бистрий Кут) [96, 156]. В солонуватоводних водоймах переважаючим типом ґрунту були сірі мули, в приморській частині – піски та замулені піски. Приморські піщані відкладення бідні на гумус, майже позбавлені органічної речовини, мають малу вологоємність та велику водопроникність, характеризувались слабким розвитком рослинного покриву. В рукавах переважали сірі мули, на гирлових ділянках превалірували замулені піски [15, 156].

Згідно загальноприйнятої системи фізико-географічного районування КДД розташована між широтами 40–50 градусів, знаходиться в степовій зоні (південно-степовій підзоні), в Дунайсько-Дністровській степовій області Причорноморської низини [110], тому клімат у пониззі Дунаю посушливий, з короткою та теплою зимою, тривалим та спекотливим літом. Він формується під впливом циркуляції повітряних мас (важливий кліматоутворюючий чинник), створених на віддалених один від одного регіонах – Атлантичному океані, Середземному морі, Євразійському материку. При переміщенні повітряні маси зіштовхуються та послаблюються. Центр цих процесів приходиться на територію пониззя Дунаю. В зв'язку з цим погодні умови дуже мінливі, так як закономірності переносу та взаємодії повітряних мас різного походження та різних фізичних властивостей істотно впливають на режим температури повітря, опадів та вітру даної території. [15, 35, 36, 176].

Зима настає в середині грудня, але бувають відлиги. В зимовий час дельта Дунаю знаходиться під впливом азорського або азіатського максимумів. В першому випадку в дельту поступає морське повітря, яке приносить теплу погоду з опадами та туманами. Середньодобові температури в цей час близькі до нуля. Посилення азіатського антициклону супроводжується вторгненням в дельту як полярних, так і арктичних повітряних мас. Тоді в дельті настає похолодання, якщо тривале, то призводить до початку льодоутворення. Загальна кількість морозних днів біля 80. Найбільш холодний період настає у січні-лютому. Середні значення температури взимку змінюються від  $-9,0^{\circ}\text{C}$  до  $4,1^{\circ}\text{C}$ . Найбільш холодний місяць – січень. В кінці грудня – початку січня

з'являється нестійкий сніжний покрив, який сходить в кінці січня або початку лютого. Льодовий режим в КДД визначається декількома чинниками: температурою повітря та дунайської води, яка поступає у вершину дельти, і водністю річки [110]. Льодостав починається в середині січня, є не постійним з середньою тривалістю близько місяця. Стійким льодом покриваються тільки озера та затоки, рукава замерзають рідше. По даним багаторічних досліджень [110, 112–117, 160], в середньому, в кожні чотири роки, льодові явища взагалі не відбуваються. В кінці зимового періоду в пониззі Дунаю спостерігаються затори, які призводять до паводків.

Весна починається в останній декаді лютого або у першій декаді березня та відрізняється мінливістю погодних умов. На початку весни випадає значна кількість опадів, температура повітря не висока (в середньому 5–10°C). У кінці квітня температура швидко підіймається (до 15–20°C), кількість опадів зменшується.

З установленням високих температур у травні починається літо. В цей час у вигляді злив з грозами випадає найбільша кількість опадів. У другій половині літа кількість опадів поступово зменшується. Температура повітря вдень досягає 25–35°C [112–117, 160].

Осінь настає в кінці вересня – початку жовтня та характеризується у першій половині відсутністю опадів та ясною погодою. На прикінці листопада температура повітря поступово знижується, що пов'язано з впливом моря, яке охолоджується повільніше, ніж суходіл та пом'якшує перепади температур. В цей період збільшується кількість штормових північно-західних вітрів, які приносять у пониззя Дунаю тривалі дощі. Денні температури в цей час в середньому складають 10–15°C, нічні –2–3 [112–117, 160]. Метеорологічні характеристики КДД подані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

## Метеорологічні умови Кілійської дельти Дунаю [112–117, 160].

Показники	2010 р.	2011 р.	2012 р.
Середня річна температура повітря, °С	11,9	10,9	11,9
Мінімальна температура повітря, °С	–21,0 (січень)	–14,4 (січень)	–21,3 (лютий)
Максимальна температура повітря, °С	37,5 (серпень)	36,2 (липень)	39,1 (серпень)
Середня річна кількість опадів, мм	693,2	286,4	449,3
Максимальна кількість опадів, мм	129,9 (жовтень)	78,9 (червень)	107,8 (грудень)
Кількість днів з дощем	129	86	116
З туманом	33	39	19
З морозом	75	83	79
Зі снігом	45	32	31
Середня річна швидкість вітру, м/сек	1,8–6,1	1,9–5,6	2,2–5,6
Максимальна швидкість вітру, м/сек	23 (листопад)	27 (червень)	27 (лютий)
Кількість днів з вітром $\geq 15$ м/сек	131	102	122
Середня річна вологість повітря, %	73–80	70–79	71



Екологічна ситуація в річці визначається водністю року, основним показником якого являється річний стік [157]. Коливання річного стоку мають циклічний характер, обумовлений макросиноптичними процесами та сонячною активністю [175]. Згідно даних спостережень Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії [112, 160] в 2010 році стік води у вершині дельти склав  $299 \text{ км}^3$ , що відповідає річним витратам води  $9470 \text{ м}^3/\text{с}$ . Модульний коефіцієнт річного стоку<sup>1</sup> склав 1,45 (багатоводний рік). Найбільші витрати води спостерігалися 06 липня та склали  $15500 \text{ м}^3/\text{с}$ , найменший – 12 листопада ( $5470 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Стік води розповсюджувався наступним чином: по Кілійському рукаву пройшло 53,0% ( $160 \text{ км}^3$ ), а по Тульчинському – 47,0% ( $140 \text{ км}^3$ ) річного об'єму Дунаю. В 2010 році середня річна каламутність води в водотоках складала  $148 \text{ мг/дм}^3$ . Найбільша каламутність води спостерігалась в липні та досягала  $210 \text{ мг/дм}^3$ . Найменша – літньо-осінній період та взимку ( $30 \text{ мг/дм}^3$ ). Річний стік наносів у вершині дельти склав  $1400 \text{ кг/с}$  ( $44,15 \text{ млн.т}$ ). У вершині дельти розподілявся практично пропорційно річному стоку [96].

В кінці травня на початку червня у басейні Верхнього Дунаю випадали сильні дощі, що призвели до екстремального росту рівнів води в гирловій частині Дунаю, які перевищили історичні максимуми за весь період спостережень (з 1921 р.) на 19 см [112]. Осінню 2010 року середні рівні води по всьому Дунаю були в основному вище норми. В грудні спостерігалось проходження зимового паводку. Велика водність Дунаю, а також чергування плюсових та мінусових температур повітря обумовили відсутність льодових явищ у грудні [112, 160].

Середня річна температура води в водотоках дельти Дунаю складала  $13,7^{\circ}\text{C}$ – $14,0^{\circ}\text{C}$ , при нормі  $12,8^{\circ}\text{C}$ – $13,1^{\circ}\text{C}$ . Максимальна температура води в водотоках досягала  $28,3^{\circ}\text{C}$ – $29,2^{\circ}\text{C}$ , у водоймах –  $27,3^{\circ}\text{C}$ – $32,7^{\circ}\text{C}$ . Мінімальна –  $0,1^{\circ}\text{C}$  (водотоки),  $0,0^{\circ}\text{C}$  – водойми [112].

---

<sup>1</sup> В маловодні роки модульний коефіцієнт річного стоку  $K < 1$ , в багатоводні -  $K > 1$  [22, 57].

В 2011 на українській ділянці Дунаю максимальні рівні води склали 452 см, мінімальні – 2 см. Таким чином річна амплітуда склала 450 см. Стік води у вершині дельти був 169 км<sup>3</sup>, що відповідає річним витратам води 5350 м<sup>3</sup>/с. Модульний коефіцієнт річного стоку – 0,82 (маловодний рік). Найбільші витрати води спостерігались 01 січня (11600 м<sup>3</sup>/с), найменші – 29 листопада (2340 м<sup>3</sup>/с). Стік води по рукавам розповсюджувався наступним чином: по Кілійському рукаву пройшло 79,7% (84 км<sup>3</sup>), а по Тульчинському – 50,3% (85 км<sup>3</sup>) річного об'єму Дунаю [113].

В 2011 році середня мутність води в водотоках була 67 г/м<sup>3</sup>. Найбільша каламутність води спостерігалась в липні і досягала 605 г/м<sup>3</sup>. Найменша – літньо-осінній період. Річний стік наносів у вершині дельти склав 360 г/с (11,35 млн.т), розповсюджувався пропорційно водному стоку.

Середня річна температура води у водотоках дельти в 2011 році була 13,8<sup>0</sup>–14,1<sup>0</sup>С, при нормі 12,8<sup>0</sup>–13,1<sup>0</sup>С. Максимальна температура води 28,0–28,7<sup>0</sup>С спостерігалася в липні. Найменша 0,6<sup>0</sup>С – у березні. У водоймах максимум температури води (29,4<sup>0</sup>С) зафіксовано у липні, мінімум (0,0<sup>0</sup>С) – у лютому [113].

Середні рівні води на українській ділянці Дунаю в 2012 році практично весь рік були менше норми та коливалися від 59 см до 508 см. Стік води у вершині дельти складав 167 км<sup>3</sup>, що відповідало середнім річним витратам води – 5270 м<sup>3</sup>/с. Модульний коефіцієнт річного стоку – 0,81 (маловодний рік). Найбільші витрати води спостерігались 02 червня – 10200 м<sup>3</sup>/с, найменші – 30 серпня – 2770 м<sup>3</sup>/с. Стік води розповсюджувався наступним чином: по Кілійському рукаву пройшло 49,1% (82 км<sup>3</sup>), а по Тульчинському – 49,9% (85 км<sup>3</sup>) [114].

В 2012 році середня річна каламутність води в водотоках КДД складала 85 г/м<sup>3</sup>, що у два рази менше багаторічних значень.

Найбільша каламутність води спостерігалась у весняний період, найменша – літньо-осінній. Максимальні значення досягали в травні 265,0 г/м<sup>3</sup>. Прозорість води в водотоках при відборі проб змінювалась в прямій залежності

від кількості завислих речовин. Прозорість змінювалась від 6 см у березні до 20 см у вересні. В середньому прозорість складала 15 см. Відповідно, при високих рівнях води (2010 р.) каламутність дунайської води збільшувалась, при падінні рівнів (2011–2012 рр.) зменшувалось і кількість завислих речовин [112–114].

Річна середня температура води в водотоках дельти Дунаю в 2012 році складала 14,4–14,5°C, при нормі 12,8 – 13,1°C. Максимальна температура води (29,2°C) спостерігалась у липні, мінімальна (0,0°C) – січні, лютому та березні під час льодових явищ.

Середня річна температура води у затоках КДД складала 13,3–14,2°C. Максимальна температура води (30,9°C) була зафіксована 07 серпня, найменша – в січні –1,5°C в солоній воді; 0,0°C у прісній воді в січні та лютому [114].

Води р. Дунай та дельтових рукавів практично не відрізняються по більшості гідрохімічних показників. Проте, при надходженні морської води в дельту, у воді дельтових водотоків різко збільшувалася концентрація хлоридів, суми лужних металів, сульфатів та кальцію [16, 17, 46–49, 112–115].

Важливою абіотичною складовою екологічних умов гирлової області р. Дунай є біогенні елементи – нітритний, нітратний, амонійний та загальний азот, сполуки фосфору. Біогенні речовини являються необхідними елементами життєдіяльності гідробіонтів. Основними зовнішніми джерелами надходження біогенних речовин в гирлову область КДД є зливові скиди, змив з полів, берегообрушування, ґрунтові води, надходження з атмосферними опадами та транзит біогенних речовин з річковим стоком (табл. 2.2) [16, 46–48].

Таблиця 2.2

**Гідрохімічні характеристики груп водних об'єктів  
КДД (2010-2012 рр.)**

	Водотоки	Водойми
O <sub>2</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,9–13,9	0,1–13,6
O <sub>2</sub> , %	22–150	2–160
pH	7,40–8,35	7,50–8,90
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг N/дм <sup>3</sup>	0,01–0,41	0,01–0,37
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг N/дм <sup>3</sup>	0,007–0,20	0,001–0,10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг N/дм <sup>3</sup>	0,10–2,25	0,10–0,87
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг P/дм <sup>3</sup>	0,04–0,194	0,02–0,55
Si заг., мг/дм <sup>3</sup>	0,65–4,0	1,54–4,56
Fe заг., мг Fe/дм <sup>3</sup>	0,21–0,70	-

В 2012 році концентрація розчиненого кисню в водотоках змінювалася від мінімальних 5,27 в травні до максимальних 12,50 в січні, при середній величині 9,08 мг/дм<sup>3</sup>. Середня кількість вуглекислого газу у воді рукавів складала 4,14 мг/дм<sup>3</sup>. Екстремальні значення були відмічені в травні та липні і досягали відповідно 0,82 та 9,17 [114].

Для води дельтових водотоків характерні стабільні значення величин рН. Середнє багаторічне значення рН води складало 8,00. В 2012 році середнє значення рН води склало 7,91, що обумовлюється природною каламутністю та температурним режимом води. Екстремальні значення рН води річкових рукавів – 7,40 та 8,35 [46–48, 112–114].

Середнє за 2012 рік значення біохімічного споживання кисню за 5 діб для дунайської води складало 1,66 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Найбільших значень середні за місяць величини БПК-5 досягали у лютому (4,06 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), мінімальні – в жовтні (0,38 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) [48, 114]. Вміст органічних речовин характеризувався величинами перманганатної та біхроматної окиснюваності. Середні величини перманганатної окиснюваності дунайської води в 2012 році склали 3,66 з

максимальними значеннями у серпні – 5,76, та мінімальними у листопаді – 3,00 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>. Середня величина біхроматної окиснюваності в 2012 році складала 18,8 з коливаннями концентрацій від 34,0 (серпень) по 10,5 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> (грудень) [48, 114].

В 2012 році середня концентрація азоту нітратного у воді дельтових водотоків складала 1,35 та змінювалась від 2,25 мг/дм<sup>3</sup> у березні до 0,53 мг/дм<sup>3</sup> у серпні. Концентрація нітритного азоту у воді – 0,032 мг/дм<sup>3</sup>, з амплітудою коливань від 0,082 мг/дм<sup>3</sup> у серпні до 0,007 мг/дм<sup>3</sup> в листопаді (у 73% відібраних проб концентрація нітратного азоту досягала та перевищувала рівень ГДК). Амплітуда коливань концентрацій азоту амонійного знаходилась у межах від 0,41 мг/дм<sup>3</sup> (березень) до 0,24 мг/дм<sup>3</sup> (червень). Концентрація загального фосфору змінювалась від 0,048 мг/дм<sup>3</sup> (серпень) до 0,206 мг/дм<sup>3</sup> (січень), при середній величині – 0,096 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст кремнію в гирловій області Дунаю змінювався від 0,65 мг/дм<sup>3</sup> у листопаді до 4,00 мг/дм<sup>3</sup> у березні. Середня концентрація складала 2,08 мг/дм<sup>3</sup> [48, 114].

Основною причиною, яка стримує проникнення солоної води в водотоки дельти, є великий водний стік. Вплив морських вод на хімічний склад води дельтових водотоків відчувався при малій водності річки під час сгонно-нагонних вітрів.

Отже, приведені гідрологічні та гідрохімічні дані наочно показують, що водні об'єкти КДД є різнотипними, які характеризуються відмінними екологічними умовами, а саме: водойми, відкриті, або морфологічно ізольовані від моря – відрізняються ступенем солоності води та різноманітністю донних субстратів, водотоки – різною швидкістю течії. Особливістю дельти Дунаю являється постійний ландшафтно-утворюючий процес, в результаті якого по її морському краю утворюються нові водні екосистеми.

Таким чином, згідно приведених даних, актуальним є встановлення структурної організації фітомікробентосу за дії абіотичних чинників, зокрема, солоності води, типу донних відкладень, швидкості течії води.

### РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження фітомікробентосу проводилися в 2010–2013, 2015, 2017 роках, впродовж вегетаційних сезонів (весна, літо, осінь) на різнотипних водних об'єктах КДД: водотоках (рукава дельти нижче міста Вілково: Восточний, Бистрий, Очаківський, Білгородський, рукав-стариця Отножний), а також в прісноводних (олігогалінних) затоках – Потапів Кут, Бистрий Кут, внутрішньодельтовому озері – Ананькін Кут та відкритих зі сторони моря солонуватоводних затоках – Солоний Кут, Бади́ка Кут, Шабош Кут [218, 219, 231].

Сітка станцій включала такі ознаки дельти – біотопічне різноманіття (річкові рукави, солонуватоводні та прісноводні затоки, внутрішньодельтове озеро), особливості гідрологічного та фізико-хімічного режиму тощо, які охоплювали широкий спектр екологічних умов функціонування гідробіонтів.

Відбір проб фітомікробентосу та їх наступне опрацювання проводили із застосуванням методів, загальноприйнятих у практиці гідробіологічних досліджень [26–28, 105, 158]. Збір альгологічного матеріалу здійснювали з використанням трубки Владимирової (площа відбору проби складає 20 см<sup>2</sup>). У водоймах відбирали по трансектам: на вході, середині та виході з затоки (для солонуватоводних – вихід до моря), у водотоках – на ділянках виток та гирло (рис. 3.1).

Матеріал фіксували 40% розчином формальдегіду. Ідентифікацію проводили на мікроскопах Carl Zeiss Jena, Nikon Eclipse E200, Axio Imager A1 (Carl Zeiss). При визначенні видового складу та розмірних характеристик фітомікробентосу використовували окуляри з величинами К 7×, 10×, 15× та об'єктивів ×10, ×20, ×40, ×90.



Рис. 3.1. Карта-схема відбору проб в Кілійській дельті Дунаю: 1, 2, 3, 4 – зат. Бадіка Кут; 5, 6, 7 – зат. Солоний Кут; 8, 9, 10 – зат. Шабош Кут; 11, 12, 13 – зат. Потапів Кут; 14, 15, 16 – зат. Бистрий Кут; 17, 18, 19 – оз. Ананькін Кут; 20, 21 – рук. Білгородський; 22, 23 – рук. Очаківський; 24, 25 – рук. Бистрий; 26, 27 – рук. Восточний; 28, 29 – рук. Отножний.

Всього дослідженнями було охоплено 11 різноманітних водних екосистем (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

## Характеристика районів досліджень

Водні об'єкти	Ділянки	Характеристика ділянки
Бистрий рукав	Виток, гирло	Водоток зі швидкою течією (0,9–2 м/с), низька прозорість (0,1 – 0,5 м по диску Секки), сірі мули, на гирлових ділянках – замулені піски.
Восточний рукав	Виток, гирло	Водоток зі швидкою течією (0,6–1,2 м/с), низька прозорість (0,2 – 0,5 м по диску Секки), сірі мули, на гирлових ділянках – замулені піски.
Очаківський рукав	Виток, гирло	Водоток зі середньою течією 0,8–1,0 м/с, низька прозорість (0,2–0,6 м по диску Секки), сірі мули, на гирлових ділянках – замулені піски
Білгородський рукав	Виток, гирло	Водоток з малою швидкістю течії (до 0,2 м/с), прозорість 0,5–0,7 м по диску Секки, сірий мул.
Отножний рукав-стариця	Виток, гирло	Водоток з малою швидкістю течії (до 0,2 м/с), прозорість 0,5–0,8 м по диску Секки, сірий мул.
Солоний Кут, солонуватоводна затока	Вхід, середина, вихід до моря	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість 0,2–1,3 м, сірий мул, замулений пісок, пісок, ракушняк, діапазон солоності 2,00–9,00‰ <sup>2</sup> .
Бадика Кут, солонуватоводна затока	Від моря п'ять відрогів	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість 0,2–

<sup>2</sup> Дані щодо значень солоності води люб'язно надані к. б. н., с. н. с. К. Є. Зоріною-Сахаровою



		1,2 м, замулений пісок, пісок, ракушняк, діапазон солоності 2,00–8,00‰.
Шабош Кут, солонуватоводна затока	Вхід, середина, вихід до моря	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість 0,2–1,2 м, сірий мул, замулений пісок, діапазон солоності 8,00–12,00‰.
Бистрий Кут, прісноводна затока	Вхід, середина, вершина	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість води 1,2 м по диску Секки, замулений пісок, сірий мул.
Потапів Кут, прісноводна затока	Вхід, середина, вершина	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість води 1,3 м по диску Секки, чорний мул.
Ананькін Кут, прісноводне озеро	Вхід, середина, вершина	Відсутність течії, вітрове перемішування, прозорість води 1,5 м по диску Секки, чорний мул.

Примітка: Швидкість течії в рукавах вказано згідно літературних джерел [94, 174, 179–184].

Підрахунок чисельності виконували у камері Нажотта об'ємом 0,02 см<sup>3</sup> за формулою [158]:

$$N = kn \left( \frac{A}{a} \right) \times \left( \frac{v}{S} \right) \times 10$$

де  $N$  – чисельність виду на 10 см<sup>2</sup> площі дну (кл/10см<sup>2</sup>);

$k$  – коефіцієнт (50), що показує у скільки разів об'єм використаної камери менше 1 см<sup>3</sup>;

$n$  – кількість клітин водоростей на переглянутих доріжках лічильної камери для кожного виду;

$A$  – кількість доріжок лічильної камери (50);

$a$  – кількість порахованих доріжок лічильної камери;

$v$  – об'єм проби ( $\text{см}^3$ );

$S$  – площа перетину трубки Владимирової ( $20 \text{ см}^2$ )

Видовий склад водоростей визначали з використанням вітчизняних та іноземних визначників [5, 33, 34, 37–41, 44, 51–53, 60, 74–76, 84, 85, 88–90, 101–104, 111, 123, 126–128, 140, 141, 144, 158, 159, 171, 172, 196–198, 200, 217, 220, 221–224]. Ідентифікацію Bacillariophyta проводили за допомогою діатомового аналізу [6, 54].

Біомасу водоростей встановлювали стандартним розрахунково-об'ємним методом [158]. Об'єм визначали методом геометричної подібності [18, 149, 150, 152, 158]. При цьому форми клітин водоростей прирівнювали до геометричних тіл (куля, еліпс, паралелепіпед, циліндр, конус тощо) та розраховували за загальноприйнятими геометричними формулами [149, 150].

Лінійні розміри вимірювали за допомогою окуляр-мікрометра з вимірювальною лінійкою до 30 клітин водоростей кожного виду. Розраховані дані опрацьовувались статистичними методами. Біомасу обчислювали шляхом множення чисельності на об'єм клітин кожного виду та представляли у  $\text{мг}/10 \text{ см}^2$  [158].

До числа домінантів відносили види, біомаса або чисельність яких перевищувала чи була рівною 10% сумарних величин [189]. Субдомінантами вважали види, біомаса або чисельність яких мала від 5,0% до 9,9% загальної біомаси або чисельності видів водоростей в угрупованні. Назви домінуючих комплексів видів присвоювали за назвами відділів, до яких належали провідні таксони [144, 172].

Щоб охарактеризувати вагомість окремих видів в альгоугрупованні, використовували показник частоти трапляння [42, 43]. Це кількісний показник, який використовується для обліку ступеню наявності чи відсутності виду у пробі. Розраховується, як відсоткове відношення числа проб, де зустрічається вид, к їх загальному числу [145, 153]. Розрахунок проводили за формулою [42, 43]:

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

де  $F$  – частота трапляння;  
 $p$  – число проб, де траплявся вид  
 $P$  – загальна кількість проб.

Також, було застосовано шкалу трапляння [42, 43]:

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

клас В (51–80%) – «досить часто»;

клас С (21–50%) – «часто»;

клас D (5–20%) – «нечасто»;

клас E (1–4%) - «зрідка»;

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

Статистично достовірними є результати визначення найбільш представленої частини альгофлори (ядра), сумарний видовий склад якої складає більше 50%, методом розрахунку стандартного відхилення ( $\sigma$ ), що використовується у порівняльній флористиці [10, 178]. Видовий склад водоростей розподіляли між систематичними категоріями вищого рангу [9, 10]. Найбільш представлені таксономічні складові, які чисельно набирають 50%, показують, для яких саме таксонів водоростей дані умови навколишнього середовища є оптимальними для розвитку, що є біоіндикацією [9, 10, 11].

Для оцінки подібності та відмінності видового складу водоростей в різнотипних водних об'єктах КДД було застосовано статистичний коефіцієнт видової подібності Серенсена ( $K_s$ ) [23, 232]. який обраховується за формулою:

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

де  $a$  і  $b$  – кількість видів, знайдених в кожній з порівнюваних вибірок;

$c$  – кількість спільних видів для обох проб.

Виявлені залежності данного коефіцієнта виражають наступне [189]:

$K_s > 0,5$  – водні об’єкти достатньо подібні за видовим складом фітомікробентосу, отже, екологічні умови навколишнього середовища ідентичні;

$K_s < 0,5$  – фітомікробентос відрізняється за видовим складом, водні об’єкти характеризуються відмінними екологічними умовами.

Для інтегральної оцінки структурної організації фітомікробентосу використовували інформаційний індекс видової різноманітності Шеннона [121]:

$$\text{- за чисельністю: } H_N = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N};$$

$$\text{- за біомасою: } H_B = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{B} \log_2 \frac{B_i}{B},$$

де  $N_i$  ( $B_i$ ) – чисельність (біомаса)  $i$ -го виду;

$N$  ( $B$ ) – сумарна чисельність (біомаса) фітомікробентосу;

$n$  – кількість видів.

Відповідно, розмірність цих показників біт/екз та біт/г.

Якщо усі організми водоростевого угруповання належать до різних видів ( $N(B)=n$  при  $N_i(B_i)=1$ ), то дана ситуація відповідає максимуму інформаційного різноманіття, мінімум виникає у тому випадку, коли усі організми належать тільки до одного виду ( $N(B)=N_i(B_i)$  при  $n=1$ ).

При  $H > 2,0$  інформаційне різноманіття високе, домінуючий комплекс представлений полідомінантним угрупованням. Це свідчить про оптимальні умови для розвитку донних мікробентосів. Якщо  $H < 2,0$ , то більш ніж 50% чисельності (біомаси) фітомікробентосу формується одним видом, найбільш адаптованим до екологічної ситуації у даному водному об’єкті [189].

У відповідності до класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм солоності виділяють категорії: для прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю – гіпогалінні (менше 0,50‰), олігогалінні (0,51–1,00‰); для солонуватоводних водойм –  $\beta$ -мезогалінні (1,01–5,00‰),  $\alpha$ -мезогалінні (5,01–18,00‰) [105].

Екологічне різноманіття фітомікробентосу КДД визначали згідно літературних даних [8, 10, 11, 21, 88, 91, 118, 125, 161, 162, 193, 202]. В тому числі, види-індикатори солоності води наведені згідно з класифікацією [8, 10, 11]: розділені на групи: полігалофи (гіперсолоні води – 40–300‰), мезогалофи (5–20‰), олігогалофи (0–5‰). Олігогалофи в свою чергу поділяються на: а) галофіли, в основному, прісноводні, але поширені також в водах з невисоким рівнем концентрації NaCl; б) індіференти, типові прісноводні, іноді зустрічаються в злегка солонуватих водах; в) галофоби, типові прісноводні, які уникають навіть невисоких концентрацій NaCl.

Щоб простежити залежність якісних та кількісних характеристик фітомікробентоса від характеру ґрунту, були обстежені найбільш поширені і типові для КДД субстрати, які поділяються в залежності від вмісту в них тонких фракцій (частинок дрібніше 0,01 мм): піски (тонких фракцій – до 5%), замулені піски (до 10%), сірі та чорні мули (до 50%) [86, 147,].

За гідрологічними характеристиками виділяли водотоки з різною швидкістю течії [105]:

- малою (до 0,2 м/с);
- середньою (від 0,2 до 1,0 м/с);
- великою (вище 1,0 м/с).

Існує ціла низка методик визначення первинної продукції мікроводоростей, одним з перспективних, є метод авторадіографії (185–187, 191, 192, 207, 235), суть якого полягає у визначенні первинної продукції домінуючих видів водоростей, а також їх угруповань.

Продукційні показники фітомікробентосу отримані експериментально-розрахунковим методом. Нами використані продукційні характеристики (питома продукція – Р/В-коефіцієнти) домінуючих видів – типових представників альгофлори європейських континентальних водойм, які розраховані Щербаком В. І., згідно методу авторадіографії [185–187, 191, 192].

Назви таксонів наводяться за системою, що використана в «Різноманіття водоростей України» [144, 172].

Солоність води у місцях відбору альгологічних проб вимірювали за допомогою кондуктометру «HANNA HI 9835»<sup>3</sup>.

Ресурсом метеорологічної та гідрохімічної інформації за 2010–2013, 2015, 2017 роки є база оперативних даних Українського гідрометеорологічного центру [160], Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії [112–117] та архіву Центральної геофізичної обсерваторії [46–50].

Результати досліджень статистично опрацьовували з використанням стандартного пакету комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2007, також BioDiversityPro, PAST.

---

<sup>3</sup> Автор висловлює глибоку вдячність к. б. н., с. н. с. відділу іхтіології та екології річкових систем К. Є. Зоріній-Сахаровій за люб'язне надання даних щодо значень солоності води, та можливість використовувати ці матеріали для написання роботи.

**РОЗДІЛ 4. ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, ФЛОРИСТИЧНИЙ  
СПЕКТР І ЕКОЛОГІЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ  
КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ**

**4.1 Загальна характеристика фітомікробентосу водойм та водотоків**

У фітомікробентосі водоймах та водотоках КДД виявлено 353 види, які представлені 389 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом виду включно (в. в. т.). Аналіз донних водоростей згідно різних таксономічних рівнів показав, що виявлені водорості належать до 8 відділів, 13 класів, 30 порядків, 110 родів. Відомо, що розподіл видів і внутрішньовидових таксонів між систематичними категоріями вищого рангу (флористична (систематична) структура) є однією із найсуттєвіших діагностичних ознак у порівняльному аналізі водоростевих угруповань [178].

Розподіл водоростей по таксонам різних рівнів по відділах представлено в таблиці 4.1.1.

*Таблиця 4.1.1*

**Таксономічний склад фітомікробентосу водойм та водотоків  
Кілійської дельти Дунаю в 2010-2013 рр., 2015 р., 2017 р.**

Відділ	Клас	Порядок	Рід	Кількість видів (в. в. т.)
Cyanophyta	Chroococcophyceae	Chroococcales	6	9 (9)
	Hormogoniophyceae	Oscillatoriales	3	21 (21)
		Nostocales	2	4 (4)
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	6	28 (29)
Dinophyta	Dinophyceae	Peridinales	2	2 (2)
Cryptophyta	Cryptomonadophyceae	Cryptomonadales	2	9 (9)
Chrysophyta	Chrysophyceae	Chromulinales	2	2(2)

		Ochromonadales	2	4 (4)
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	1	4 (5)
		Melosirales	1	2 (2)
		Thalassiosirales	3	9 (9)
	Bacillariophyceae	Achnanthes	4	12 (13)
		Bacillariales	4	38(40)
		Cymbellales	7	26 (35)
		Eunotiales	1	5 (5)
		Mastogloiales	1	1 (2)
		Naviculales	12	65 (71)
		Rhopalodiales	2	5 (8)
		Surirellales	4	17 (21)
		Thalassiophysales	1	5 (5)
	Fragilariophyceae	Fragilariales	6	10 (16)
Tabellariales		1	1 (1)	
Xanthophyta	Xanthophyceae	Mischococcales	2	3 (3)
		Ophiocytiales	1	1 (1)
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	3	7 (7)
		Chlorococcales	23	45 (47)
		Oedogoniales	1	1 (1)
		Volvocales	1	1 (1)
	Ulvophyceae	Ulotrichales	3	4 (4)
	Zygnematophyceae	Desmidiiales	3	12 (12)



Домінуючими відділами визначено Bacillariophyta – 200 видів (233 в. в. т.), що складало 60% від загальної кількості видів. Chlorophyta мали 19%, Cyanophyta – 9%, Euglenophyta – 7%, Cryptophyta склали 2%, а Chrysophyta, Dinophyta та Xanthophyta представлені поодинокими видами і не перевищували 1%. Флористичний спектр фітомікробентосу водойм та водотоків відображено на рисунку (рис 4.1.1).

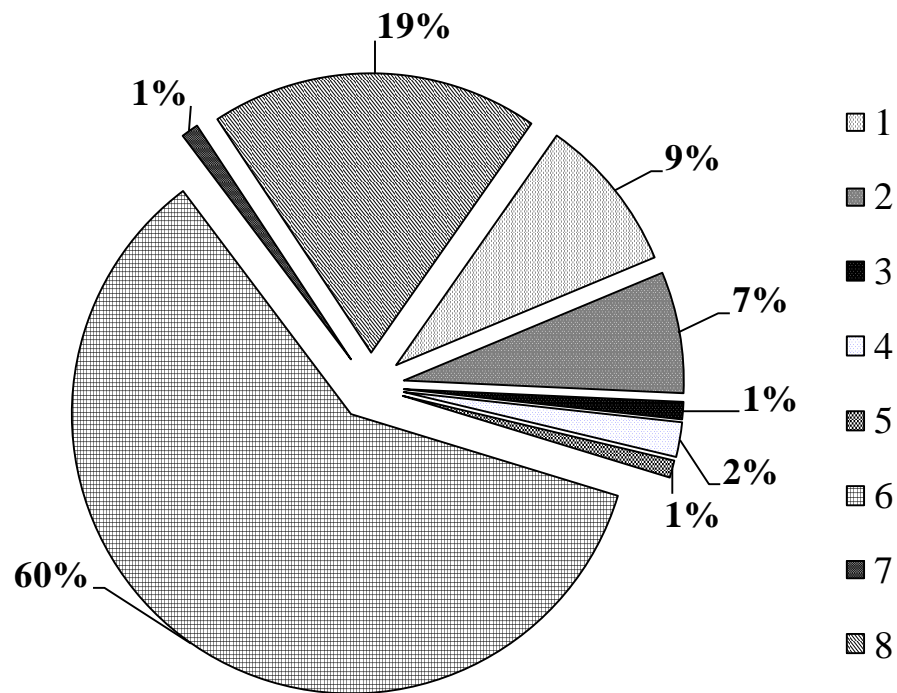


Рис. 4.1.1. Флористичний спектр фітомікробентосу водойм та водотоків КДД (2010–2013 рр.; 2015 р.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

За кількістю таксонів у всіх досліджуваних водоймах переважали представники класів Bacillariophyceae – 200 в. в. т. (51%) та Chlorophyceae – 56 (15%), істотну частку мали Euglenophyceae – 29 (8%), Hormogoniophyceae – 25 (7%) і Fragilariophyceae 17 (4%).

Осередок альгофлори водних об'єктів КДД формували 8 таксономічно значимих порядків, видове різноманіття яких в суммі складало 72% від загальної кількості видів (Naviculales – 71 в. в. т. (18%), Chlorococcales – 47 (12%), Bacillariales – 40 (10%), Cymbellales – 35 (9%), Eugleales – 29 (7%), Oscillatoriales 21 – (6%), Surirellales – 21 (6%), Fragilariales – 16 (4%).

Відмінності у флористичному спектрі фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів КДД були зареєстровані на рівні порядків і родів (рис.4.1.2; 4.1.3).

Так, в прісноводних затоках та водотоках збільшувалась роль перифітонних форм з порядків Cymbellales, Fragilariales. В прісноводних затоках на відміну від солонуватоводних та водотоків зростала частка крупноклітинних (Bacillariales, Surirellales) та центричних діатомових (Thalassiosirales), також, зелених (Desmidiales) та синьозелених (Oscillatoriales). В солонуватоводних затоках найбільш представлені Naviculales, Chlorococcales, Chroococcales та Cryptomonadales. В рукавах спостерігалась мінімальна кількість еугленових водоростей (Euglenales).

На рівні родів в солонуватоводних затоках збільшувався розвиток *Navicula* Bory, *Tryblionella* W. Sm., *Gyrosigma* Hass. emend. Cl., *Cryptomonas* Ehr.; в прісноводних затоках та рукавах – *Gomphonema* (Ag.) Ehr., *Cymbella* Ag. Найбільша вегетація донних водоростей з родів *Nitzschia* Hass., *Surirella* Turp., *Cymatopleura* W. Sm., *Synedra* Ehr., *Trachelomonas* Ehr., *Oscillatoria* Vauch. спостерігалась в прісноводних затоках.

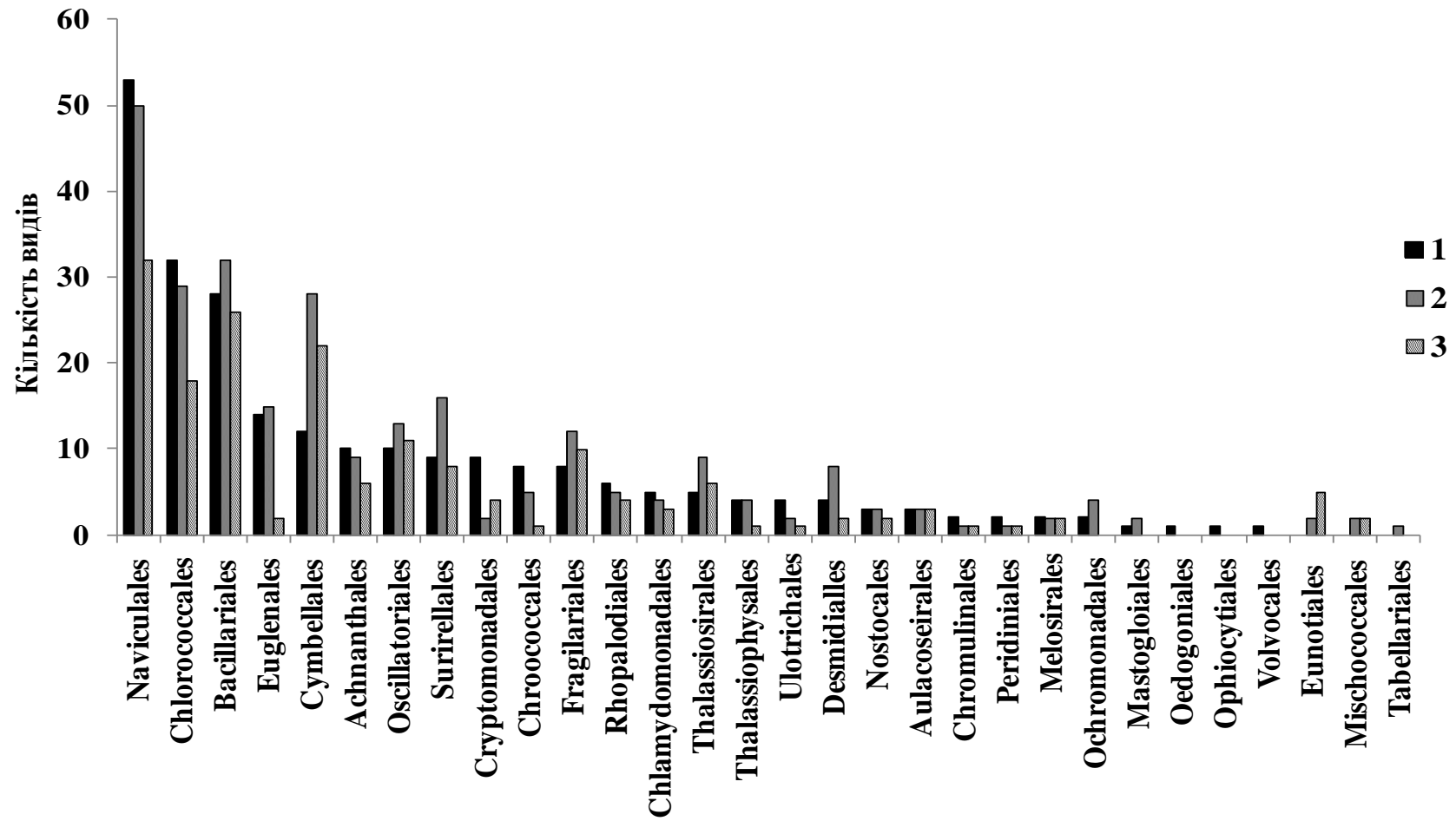


Рис. 4.1.2. Розподіл фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю на рівні порядків: 1 – солонуватоводні затоки; 2 – прісноводні затоки; 3 – рукави.

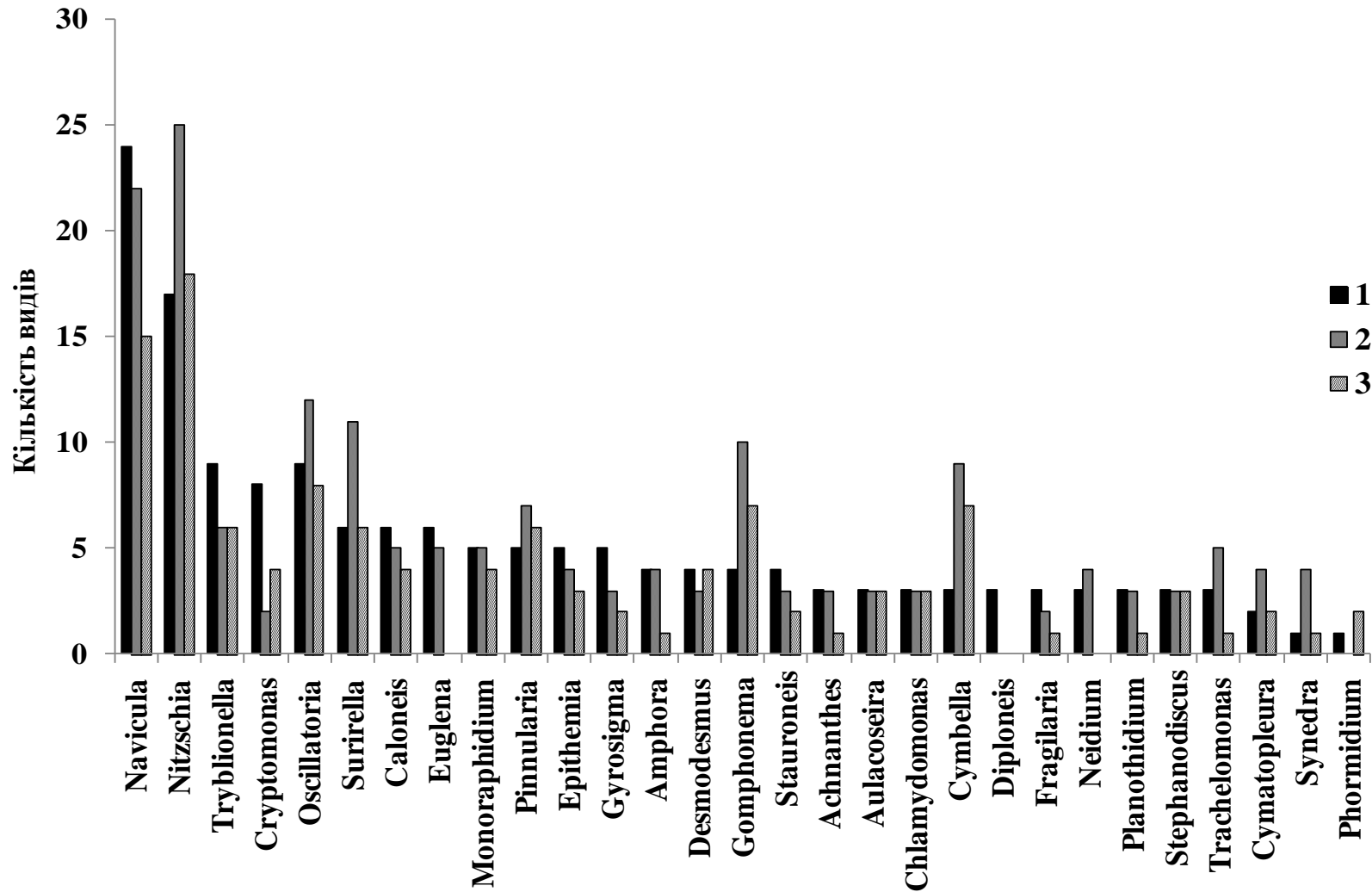


Рис. 4.1.3. Розподіл фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю на рівні родів (таксономічно значимих): 1 – солонуватоводні затоки; 2 – прісноводні затоки; 3 – рукави.

Для з'ясування особливостей екологічного різноманіття фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів КДД проведено аналіз, який виявив 365 (або 94% від загальної кількості видів) таксонів, які є індикаторами певних екологічних умов, відносно біотопічної приуроченості (90%), температурного режиму (18%), реофільності (44%), галобності (76%), рН середовища (58%), географічного розповсюдження (85%) та сапробності (75%). Екологічне різноманіття відображає стан фітомікробентосу та дозволяє оцінити специфічність локальних флор, умови середовища їхнього існування та вплив абіотичних чинників [55, 193].

Разом з тим, водорості водойм і водотоків КДД є багатоконпонентним екологічним угрупованням, яке включає бентосні (144 в. в. т.(41%)), планктонні (58 (16)), планктонно-бентосні (108 (31)) і перифітонні форми (43 (12)) [79]. Ця характеристика бентосу знаходиться в прямій залежності від біологічних особливостей мікрководоростей, багато з яких пристосувалися до різноманітних умов навколишнього середовища і в період вегетації здатні змінювати місце існування. Переходячи з одного біотопу в інший, організми різних екологічних ніш тривалі періоди можуть входити до складу фітомікробентосу [25, 26, 30, 173, 226, 227]. Біотопічному різноманіттю донних водоростей сприяє перемішування вод літоральної зони, що викликається як вітровими хвилюваннями, так і конвекційними струмами (завдяки добовим змінам температури), при яких відбувається змішування придонного шару з вищерозміщеним горизонтом води [25, 26, 30, 226, 227].

Пристосованість мікрководоростей до різноманітних умов існування «свідчить про великі потенціальні можливості їх до збереження виду» [30]. Таким чином, висока адаптаційна здатність водоростей вегетувати в різних біотопах в певній мірі визначає високе різноманіття фітомікробентосу КДД. Видове різноманіття донних водоростей, їх здатність до масового розвитку в значній мірі визначає структуру та функціонування водних екосистем [231].

## 4.2. Солонуватоводні затоки

В солонуватоводних водоймах КДД виявлено 224 види водоростей, представлених 239 в. в. т., які належали до 8 відділів, 13 класів, 27 порядків та 91 роду. Найбільшим видовим багатством характеризувались Bacillariophyta – 128 видів (141 в. в. т., 59% загального числа виявлених видів) та Chlorophyta – 45 видів (47 в. в. т., 20%), менше Cyanophyta – 21 в. в. т. (9%). Водорості решти відділів нараховували від 1 до 14 таксонів (1–5% відповідно) [219]. Флористичний спектр фітомікробентосу солонуватоводних заток зображено на рис. 4.2.1.

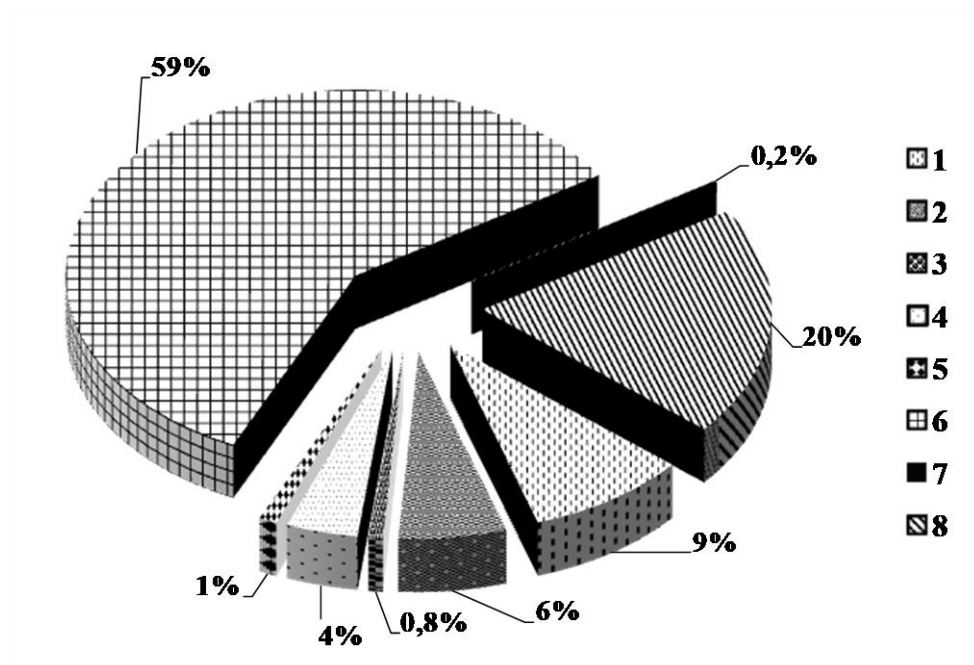


Рис. 4.2.1. Флористичний спектр фітомікробентосу солонуватоводних заток КДД (2010–2013 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

При розподілінні водоростей на класи виявлено, що в солонуватоводних затоках за числом видів та внутрішньовидових таксонів у фітомікробентосі переважали Bacillariophyceae – 123 в. в. т. (52%) та Chlorophyceae – 39 (16%).

Euglenophyceae мали таксонів 14 (6%), Hormogoniophyceae – 13 (5%), Coscinodiscophyceae – 10 (4%).

Визначено 27 порядків, провідну роль мали 3 таксономічно значимі, видове багатство яких у сумі складало 48% від загального: Naviculales – 53 в. в. т. (22%), Chlorococcales – 32 (14%) та Bacillariales – 28 (12%); Oscillatoriales та Achnanthes мали по 10 таксонів (5%), Cryptomonadales – 9 (4%), Surirellales – 9 (4%).

У склад фітомікробентосу увійшли 16 родів, з яких домінували *Navicula* (24 в. в. т.), *Nitzschia* (17), *Tryblionella* (9), *Oscillatoria* (9). До родів, що налічували від 4 до 8 в.в.т. відносились *Amphora* Ehr., *Stauroneis* Ehr., *Gomphonema*, *Desmodesmus* (Chod.) An, Friedl et Hegew., *Monoraphidium* Kom.-Legn., *Gyrosigma*, *Pinnularia* Ehr., *Epithemia* Bréb. in Bréb. et God., *Surirella*, *Caloneis* Cl. in Cl. et Grove, *Euglena* Ehr., *Cryptomonas*. До родів, які мали 1-3 види, належали *Astasia* Ehr. emend. Duj., *Binuclearia* Wittr., *Bacillaria* Gmel. in L., *Cymatopleura*, *Diploneis* Ehr., *Phormidium* Kütz.

Щоб охарактеризувати вагомість окремих видів в альгоугрупованні, використовували показники частоти трапляння, які доводять показовість опису результатів досліджень водоростей [42, 43, 118]. Визначено, що досліджуваних водоймах перевагу мали види, які зустрічалися «зрідка» (41% всього видового багатства). Із частотою трапляння «нечасто» – 37%, «часто» – 16%, «досить часто» – 5%, а тих, що відносяться до класу «дуже часто» – 1%. «Поодиноких» видів водоростей в солонуватоводних затоках КДД помічено не було (табл. 4.2.1).

Таблиця 4.2.1

**Ранжування фітомікробентосу солонуватоводних заток КДД за класами трапляння**

Класи трапляння	Частота трапляння, %	Кількість видів, (в. в. т.)
А (дуже часто)	81–100	1 (1)
В (досить часто)	51–80	11 (12)
С (часто)	21–50	38 (40)
Д (нечасто)	5–20	82 (88)
Е (зрідка)	1–4	92 (98)
Ф (поодинокі)	менше 1	0

Наведені дані свідчать, що значна частина фітомікробентосу (78% видового багатства) солонуватоводних заток представлені видами, які мають низьку частоту трапляння. Така екологічна різнохарактерність складових угруповання бентосних водоростей свідчить про зростання різноманіття фітомікробентосу [118]. Проте, зареєстровано 53 види (22%), які зустрічалися «часто», «досить часто» та «дуже часто» (*Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Chlamydomonas globosa* Snow., *C. placentula*, *C. kuetzingiana*, *G. spenceri*, *Navicula capitatoradiata* Germ., *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.- B., *S. hantzschii*, *Surirella brebissonii* Kram. et L.-B. var. *kuetzingii* Kram. et L.-B., *Tabularia tabulata* (Ag.) Snoeijs., *Tryblionella hungarica* (Grun.) Mann in Round, Crawf., Mann, *T. punctata* W. Sm., *T. victoriae* Grun.). Це широко розповсюджені види, більшість з яких є космополітами, мають широкий діапазон екологічної



толерантності та легко пристосовуються до різноманітних умов навколишнього середовища [153].

Для основної кількості водоростей фітомікробентосу солонуватоводних заток КДД (220 в.в.т., 91% загального видового багатства) визначена біотопічна приуроченість, згідно якої на фоні переважання видів-бентонів, у склад фітомікробентосу увійшли, також, планктонно-бентосні, планктонні та перифітонні форми. Приведене їх ранжування показало наступні часткові співвідношення: 43%, 32%, 17%, 8% відповідно [79] (рис.4.2.2).

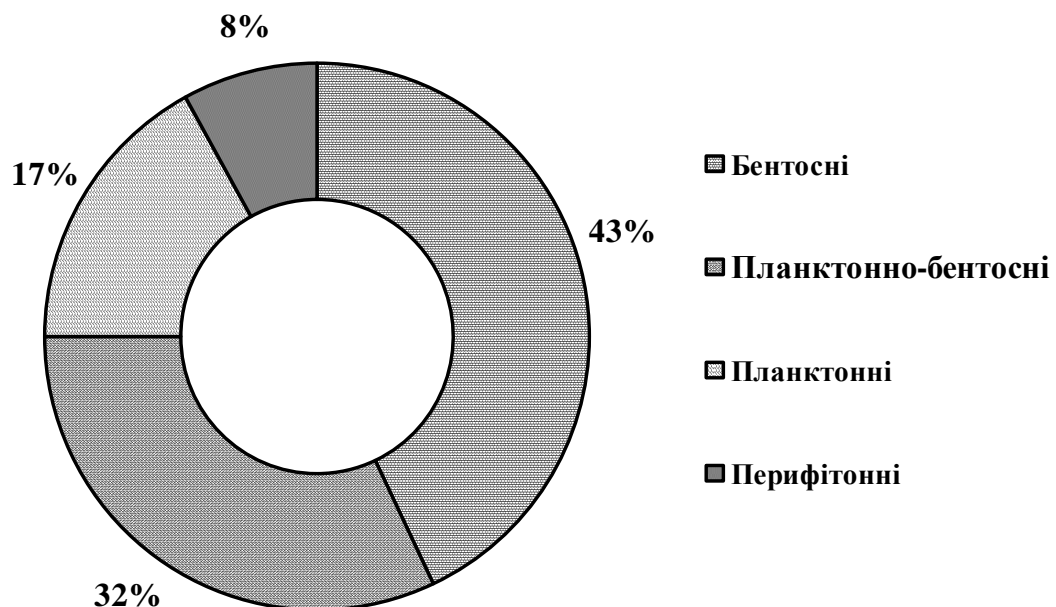


Рис. 4.2.2. Біотопічна приуроченість фітомікробентосу солонуватоводних заток

Серед бентосних форм найчастіше зустрічались *A. ovalis*, *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cl., *G. spenceri*, *G. strigile* (W. Sm) Cl., *Navicula tripunctata* (O.F. Müll.) Bory, *Nitzschia linearis* (Ag.) W. Sm., *N. lorenziana* Grun. in Cl. et. Möll., *S. brebissonii* var. *kuetzingii*, *T. victoriae*.

У числі планктонно-бентосних – *C. kuetzingiana*, *M. varians*, *N. capitatoradiata*, *N. cryptocephala*, *T. hungarica*.

Серед планктонних – *C. globosa*, *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemm., *Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun., *S. binderanus* (Kütz.) Krieg., *S. hantzschii*.

До перифітону відносилися *R. abbreviata*, *Encyonema ventricosum* (Ag.) Grun.in A. Schmidt, *C. placentula*, *C. pediculus* Ehr.

Отже, окрім бентосних форм, до складу фітомікробентосу солонуватоводних заток увійшли представники інших біотопів, які здатні тривалий час вегетувати на дні. Завдяки цьому кількісне та якісне різноманіття фітомікробентосу водойм збільшувалось.

В солонуватоводних затоках виявлено 184 види-індикатори солоності води, що складало 77% від загальної кількості видів. Серед індіферентів-олігогалобів (121 вид (66% від загальної кількості видів-індикаторів), найбільш масово були представлені *A. ovalis*, *N. linearis*, *Surirella tenera* Greg., *S. hantzschii*, *Fragilariforma virescens* (Ralfs.) Will. et Round., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim, *Ch. globosa*, *O. geminata* та ін. Зустрічались представники галофілів-олігогалобів (30 (16%)) – *C. amphisbaena*, *C. kuetzingiana*, *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *T. victoriae*, *Oscillatoria amphibia* Ag., *O. tenuis* Ag., мезогалобів (28 (15%)) – *Diploneis smithii* (Breb.) Cl., *G. spenceri*, *G. strigile*, *G. peisonis* (Grun.) Hust., *Melosira juergensii* Ag., *Nitzschia clauzii* Hant., *Euglena pisciformis* Klebs, та олігогалобів (3(2%)) – *E. ventricosum*, *Chlamydomonas reinhardtii* Dang., *Euglena gracilis* Klebs. Також, визначено два види (*Navicula placentula* Ehr., *Neidium iridis* (Ehr.) Cl.), які є галофобами [79] (рис.4.2.3).

Виходячі з наведеного можна стверджувати, що в солонуватоводних затоках провідна роль належала індіферентам, галофілам і мезогалобам.

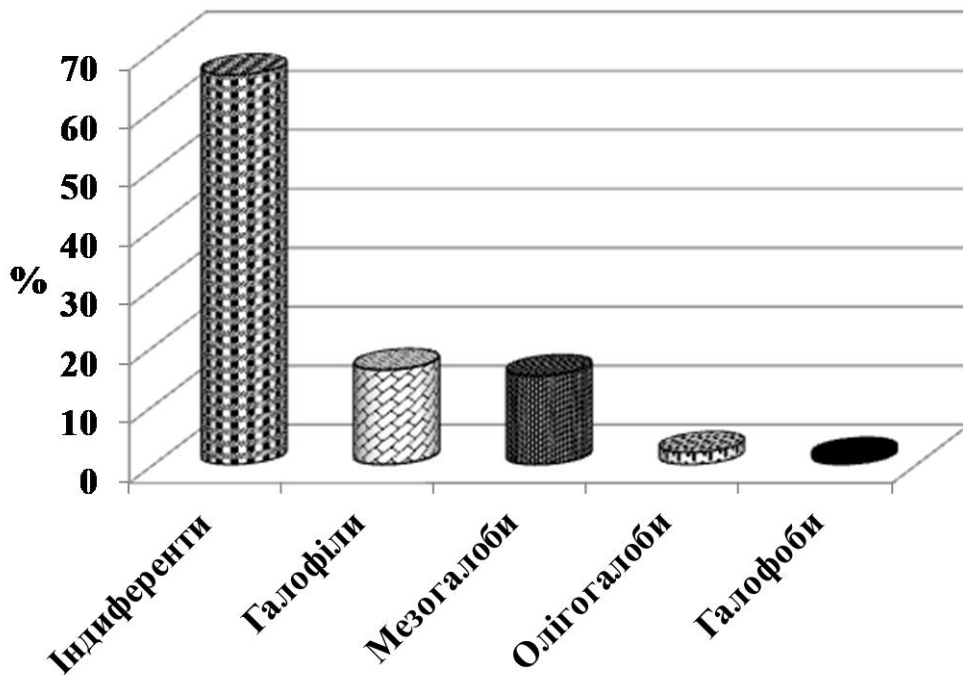


Рис. 4.2.3 Відношення фітомікробентосу солонуватоводних заток до солоності води

Визначено 128 видів (54% загальної кількості таксонів), які є чутливими до активної реакції води (рН), більшість з яких відносились до алкаліфілів (68 видів (53%)) – *C. amphisbaena*, *C. placentula*, *D. smithii*, *Fragilaria capuscina* Desm., *M. varians*, та індиферентів (51 (40%)) – *A. granulata*, *Diatoma vulgare*, *Navicula radiosa* Kütz., *Oocystis borgei* Snow, *Phacus curvicauda* Swir., *Pinnularia gibba* (Ehr.), *Merismopedia punctata* Meyen. Також зустрічалися алкалібїонти (5 (4%)) – *Diploneis ovalis* (Hilse in Rabenh.) Cl., *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. in Bréb. et God., *Navicula digitoradiata* (Greg.) Ralfs in Prit., *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O.Müll., *S. astraea* та ацидофіли (4 (3%)) – *Aulacoseira distans* (Ehr.) Sim., *Neidium productum* (W. Sm.), *N. clauzii*, *Pinnularia lata* (Bréb.) W. Sm. [79] (рис. 4.2.4).

Таким чином, в даних затоках переважали алкаліфіли – види, які віддають перевагу лужним водам з високими значеннями рН (7–9), та індиференти – види, нейтральні до активної реакції води.

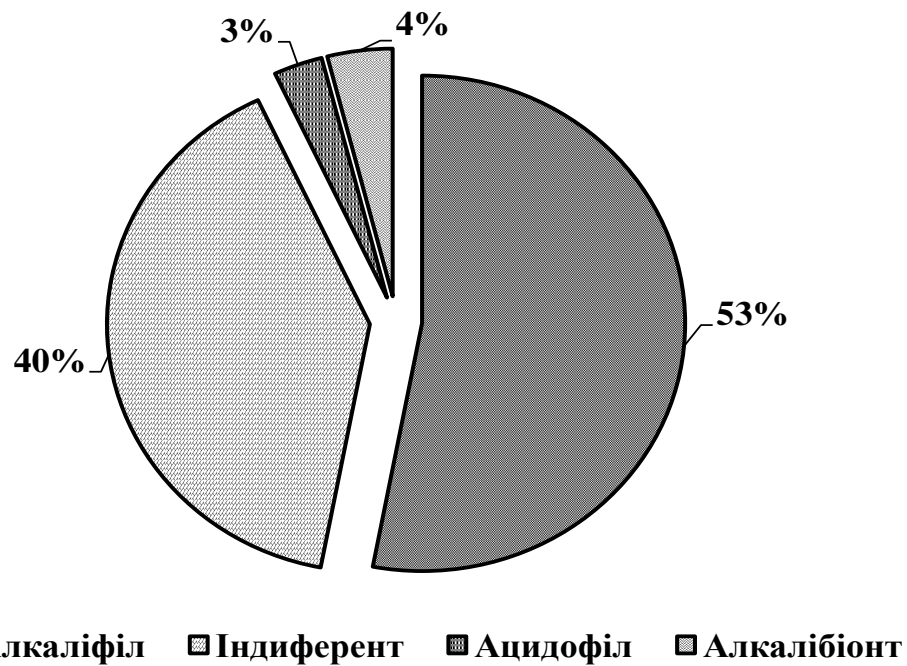


Рис. 4.2.4. Відношення фітомікробентосу солонуватоводних заток до активної реакції води рН

З ідентифікованих нами водоростей, 101 вид виступає індикатором реофільності (проточності) (рис. 4.2.5). З них 58% – це види, що характеризують повільнотекучі води (*A. ovalis*, *Cosmarium granatum* Bréb., *G. peisonis*, *N. tripunctata*, *Cymatopleura elliptica* (Bréb. in Kütz.) W. Sm., *M. varians*, *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. in Fott, *Ch. reinhardtii*), 41% – стоячі води (*Amphora perpusilla* Grun., *Caloneis silicula* (Ehr.) Cl, *C. kuetzingiana*, *Dianoma tenue* Ag., *E. gracilis*, *Navicula reinhardtii* (Grun.) Grun. in Cl. et Moll., *Nitzschia recta* Hant. in Rabenh., *Sellaphora pupula* (Kütz.) Mann, *Oocystis submarina* Lagerh.), 1% – швидкотекучі [79].

Отже, в солонуватоводних затоках КДД переважали види, що характеризували повільнотекучі і стоячі води, в той же час, частка видів, характерних для швидкотекучих екосистем, була мізерною.

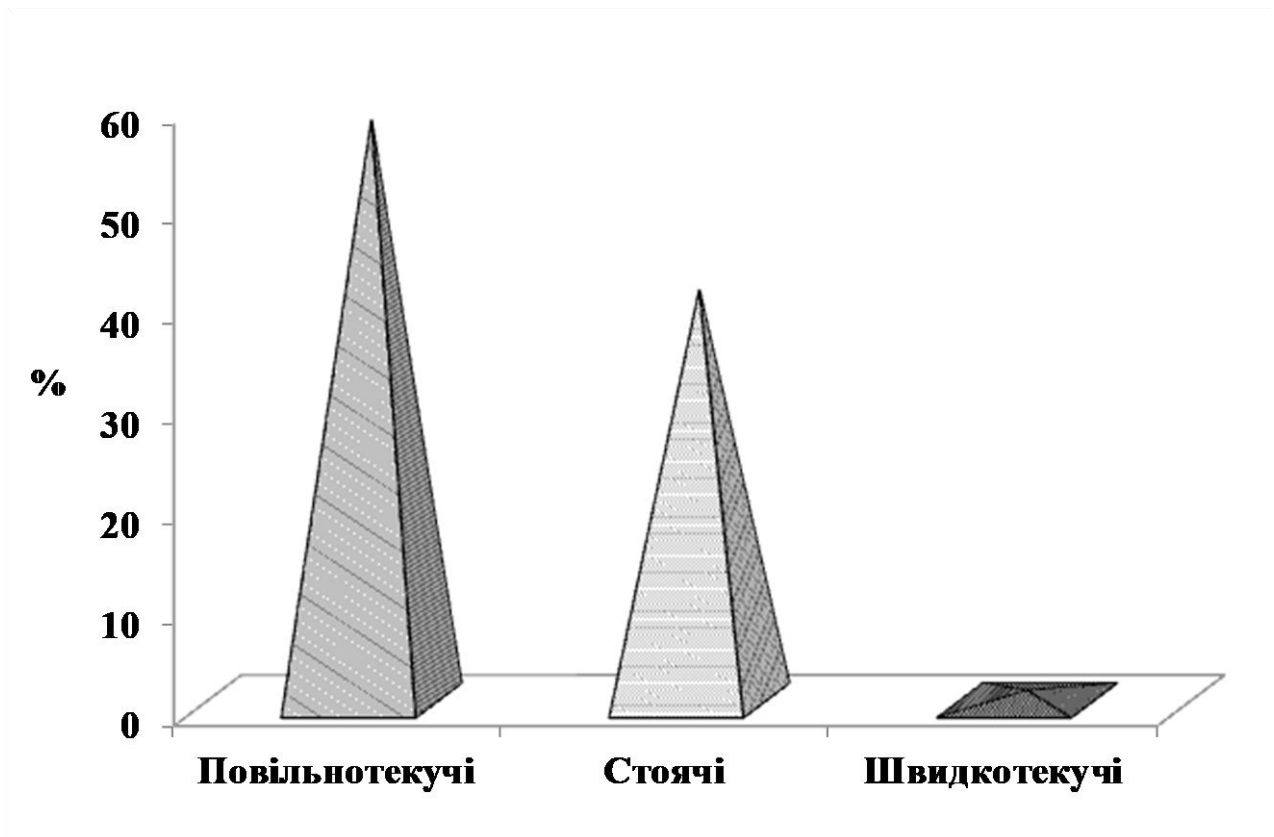


Рис. 4.2.5 Відношення фітомікробентосу солонуватоводних водойм Кілійської дельти Дунаю до проточності води

Чуттєвими до температурних умов, представлено 47 видів (20% загальної кількості видів). Визначено 30 індивідуальних: *A. ovalis*, *A. perpusilla*, *Caloneis bacillum* (Grun.) Cl., *Pinnularia viridis* (Nitsch.) Ehr., *S. hantzschii*, *C. kuetzingiana*, *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. та інші. Також зустрічались 13 евритермних; теплолюбних та холодолілюбних – 1 і 3 види відповідно [79].

Згідно географічного аналізу найбільш поширеними видами фітомікробентосу солонуватоводних водойм Кілійської дельти Дунаю, які склали 71% від загальної кількості видів, є космополіти (*Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm., *C. tumida*, *F. virescens*, *Navicula capitata* Ehr, *O. amphibia*, *Trachelomonas volvocina* Ehr., *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind. та інші). Зустрічались бореальні – 7% (*G. strigile*, *Navicula vulpina* Kütz., *T. victoriae*), голарктичні – 6% (*Acutodesmus pectinatus* (Meyen) Tsar. in Petlev. et al., *Oscillatoria gracilis* Bocher., *G. peisonis*) та декілька альпійських і аркто-альпійських (*Merismopedia minima* G. Beck,

*Gloeocapsa magma* (Bréb.) Kutz. emend. Hollerb.) [79]. Варто відмітити, що в солонуватоводних затоках наряду з широко розповсюдженими видами-космополітами, знаходження видів водоростей, характерних для певних географічних зон, обумовлює зростання різноманіття фітомікробентосу.

Сапробіологічний аналіз видового складу за списком індикаторних організмів [8, 10, 88, 162] солонуватоводних заток виявив 182 вида-індикатора, з яких 63% належали до  $\beta'$ -мезосапробів (*A. ovalis*, *Nitzschia paleacea* (Grun.) Hust. in A. S. et al., *Chlamydomonas monadina* Stein, *Coelastrum microporum* Näg. in A. Br., *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Euglena acus* Ehr.), 23% – до  $\chi$ -о-сапробів (*Aneumastus tusculus* (Ehr.) Mann et Stick., *C. kuetzingiana*, *C. tumida*, *N. gracilis*, *N. linearis*, *Closteriopsis acicularis* (G. Sm.) Belch. et Swale), 14% – до  $\alpha$ -мезосапробів (*N. intermedia* Hant.ex Cl. et Grun., *S. hantzschii*, *O. tenuis*, *Euglena spiroides* Lemm., *Ch. reinhardtii*) [79] (рис.4.2.6).

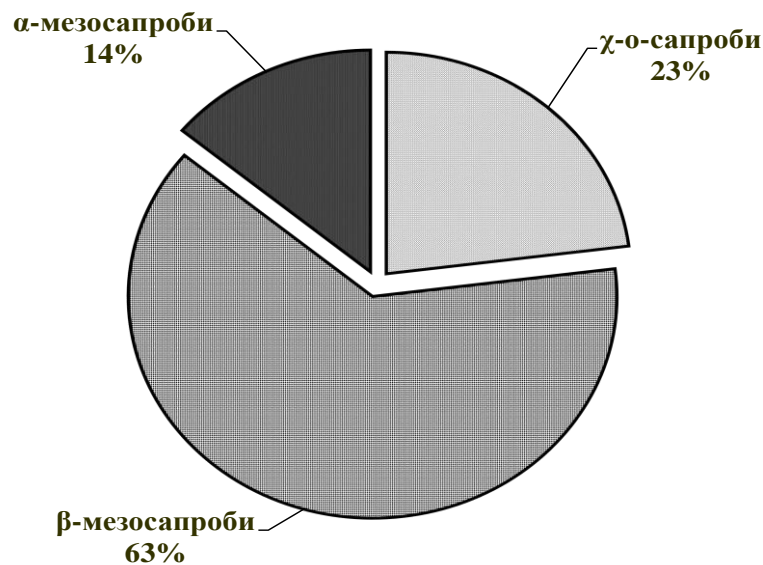


Рис.4.2.6. Співвідношення видів-індикаторів сапробності у фітомікробентосі солонуватоводних заток

Отже, сапробіологічна оцінка з використанням організмів фітомікробентосу показала, що солонуватоводні затоки належать до  $\beta'$ -мезосапробної зони, це дозволяє віднести данні водойми до мезо-евтрофних,

«досить чистих» (II клас якості поверхневих вод) [105], що узгоджується з літературними даними [83, 154, 168].

Критерієм для оцінки повноти вивчення видового складу конкретного акваландшафту слугує залежність Вілліса, за якою у добре вивчених флорах розподіл числа видів серед родів є закономірним і графічно описується гіперболою [9, 118, 238]. Гіперболічну залежність, або рангове розповсюдження вважають базовим правилом таксономії, є характерною для систематики [129, 130]. Таксони родового рангу в даному випадку являються одиницями, що мають універсальний характер, тобто співвідносні в будь-якому угрупованні живих істот [99]. Для бентосної альгофлори солонуватоводних заток дельти побудовані графіки, які ілюструють залежність Вілліса (рис.4.2.7).

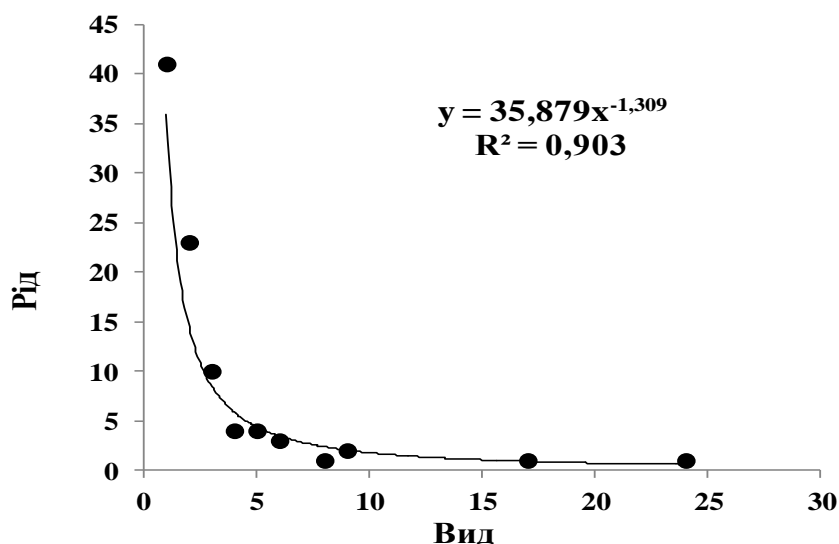


Рис. 4.2.7. Залежність Вілліса для солонуватоводних заток КДД

Крива розподілу знайдених видів серед родів наближується до гіперболи. Отже, різноманіття локальних альгофлор Кілійської дельти вивчено достатньо глибоко. Наведені рівняння свідчать про достовірність отриманих даних по таксономічному різноманіттю фітомікробентосу солонуватоводних заток КДД.

Таким чином, у фітомікробентосі солонуватоводних водойм найбільшим видовим багатством характеризувались Bacillariophyta та Chlorophyta, менше

Суанорphyta. Водорості решти відділів у флористичному спектрі мали низькі показники. Переважали за кількістю в. в. т. класи Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, Hormogoniophyceae, Coscinodiscophyceae; порядки Naviculales, Chlorococcales, Bacillariales та 16 родів.

Значна частина фітомікробентосу солонуватоводних заток представлені видами, які зустрічалися «зрідка» і «нечасто» (78%), набагато менше видів водоростей, які зустрічалися «часто», «досить часто» та «дуже часто».

Пріоритетна роль у складі донної альгофлори належала бентонам, проте у склад фітомікробентосу увійшли, також, представники інших біотопів (планктонно-бентосні, планктонні, перифітонні форми). Більшість видів водоростей є космополітами, β'-мезосапробами, як солонуватоводними, так і прісноводними, індиферентними та евритермними до температурних умов, які надавали перевагу повільнотекучим та стоячим водам і лужним середовищам.

### 4.3. Прісноводні затоки

В прісноводних водоймах Кілійської дельти Дунаю за досліджуваний період знайдено 233 видів представлених 264 в. в. т., які належали до 8 відділів, 13 класів, 27 порядків та 85 родів. Найбільшим видовим багатством характеризувались діатомові – 150 видів (175 в. в. т.) або 66% загального числа виявлених видів) та зелені водорості – 41 видів (43 в. в. т.) 16%), менше синьозелені – 21 в. в. т. (8%), та евгленові – 15 в. в. т. (6%). Водорості решти відділів нараховували від 1 до 5 таксонів або 1–2% відповідно [80]. Флористичний спектр фітомікробентосу прісноводних заток зображено на рис. 4.3.1.

За числом видів та внутрішньовидових таксонів у фітомікробентосі прісноводних затоках переважали класи Bacillariophyceae – 148 в. в. т. (56%) та Chlorophyceae – 33 (12%), менше Hormogoniophyceae – 16 (7%), Euglenophyceae – 15 (6%), Coscinodiscophyceae – 14 (5%).



На рівні порядків (27), переважали 4 таксономічно значимі, видове багатство яких у сумі складало 52% від загального. До них належали Naviculales – 50 в. в. т. (19%), Bacillariales – 32 (12%), Chlorococcales – 29 (11%) та Cymbellales – 28 (10%). В меншій мірі представлені Surirellales – 16 (6%), Euglenales – 15 (5%) та Fragilariales – 12 (4%).

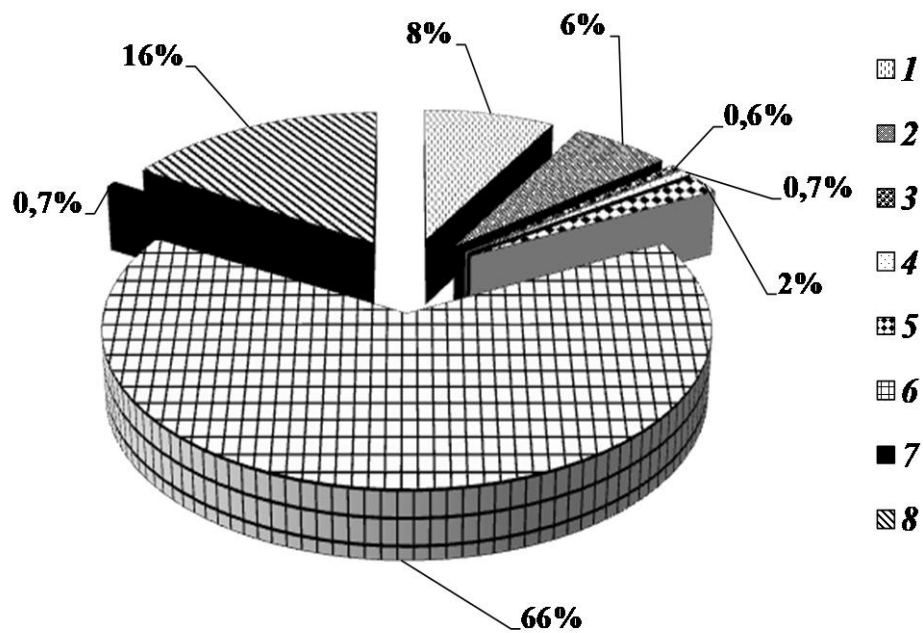


Рис. 4.3.1. Флористичний спектр фітомікробентосу прісноводних заток КДД (2010–2013 рр.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

Встановлено, що 52% загальної кількості в. в. т. фітомікробентосу належали до 14 родів, перевагу з яких становили представники: *Nitzschia* – 25 в. в. т, *Navicula* – 22, *Oscillatoria* – 12, *Surirella* – 11, *Gomphonema* – 10, *Cymbella* – 9; від 3 до 7 в. в. т. виділялись роди *Pinnularia*, *Caloneis*, *Synedra*, *Cyclotella* Kütz., *Diatoma* Bory emend. Heiberg, *Amphora*, *Gyrosigma*, *Cymatopleura*, *Monoraphidium*, *Closterium* Nitzsch, *Desmodesmus*,

*Chlamydomonas* Ehr., *Trachelomonas*, *Phacus* Duj., *Euglena*. На роди з малою кількістю видів (1–2) припадало до 20%.

Проведений аналіз частоти трапляння показав, що фітомікробентос прісноводних заток представлений видами, які зустрічаються, в основному «нечасто» (69%), решта траплялися «часто» – 19%, «досить часто» – 9%, «дуже часто» – 3%. Видів, які зустрічалися «зрідка» та «поодинокі» в прісноводних затоках КДД виявлено не було (табл.4.3.1).

Таблиця 4.3.1

**Розподіл фітомікробентосу прісноводних заток КДД  
за класами трапляння**

Класи трапляння	Частота трапляння, %	Кількість видів (в. в. т.)
А (дуже часто)	81–100	8 (9)
В (досить часто)	51–80	21 (24)
С (часто)	21–50	49 (51)
Д (нечасто)	5–20	155 (180)
Е (зрідка)	1–4	0
Ф (поодинокі)	менше 1	0

Отже, основну частку фітомікробентосу водойм формували види, які характеризувалися низькою частотою трапляння, що, на наш погляд, є одним із біологічних механізмів адаптації водоростей до вегетації в прісноводних умовах заток.

Для основної кількості водоростей (244 в. в. т., 92% загального видового багатства) визначена приуроченість до місця існування, згідно якої найбільшу частку склали бентосні форми (41%), також у склад фітомікробентосу увійшли планктонно-бентосні (30%), перифітонні (15%) та планктонні (14%) форми. Серед бентосних форм найчастіше зустрічались *A. ovalis*, *C. amphibaena*, *Navicula tripunctata*, *N. veneta* Kütz., *N. viridula* Kütz., *N. recta*, *Oscillatoria redekei* Van. Goor., *Surirella gracils* Grun. [79] (рис.4.3.2).

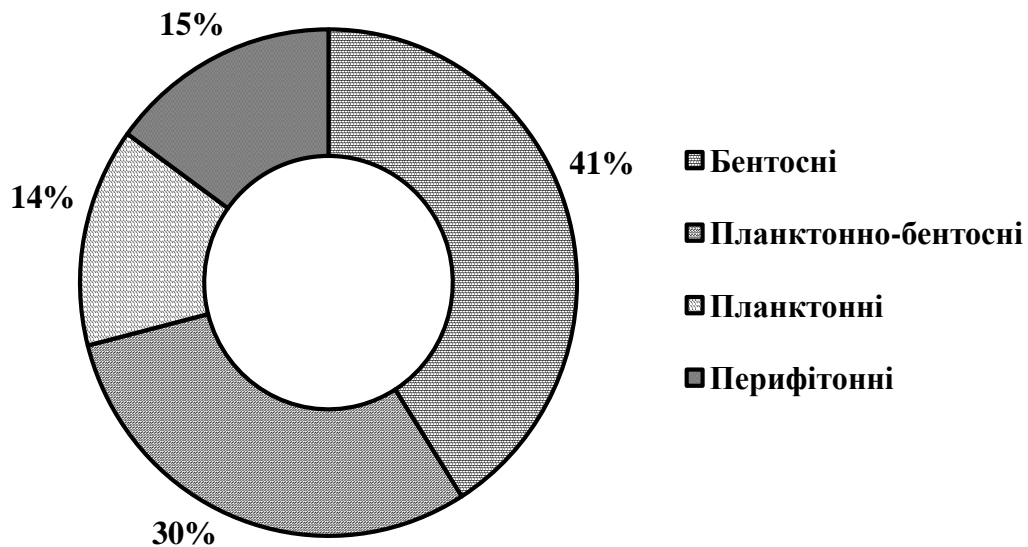


Рис. 4.3.2 Біотопічна приуроченість фітомікробентосу прісноводних заток

У числі планктонно-бентосних – *C. kuetzingiana*, *C. meneghiniana* Kutz., *M. varians*, *N. cryptocephala*, *N. palea*, *N. pusilla* Grun., *O. amphibia*, *O. limnetica* Lemm., *M. arcuatum*, *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Tetrastrum triangulare* (Chod.) Kom., *Euglena deses* Ehr., *Phacus caudatus* Hübn.

Серед планктонних – *F. crotonensis*, *S. astraea*, *S. hantzschii*, *S. binderanus*, *Ch. globosa*, *S. setigera*, *Pseudoholopedia convoluta* (Bréb.) Elenk. Krieg., *Anabaena affinis* Lemm., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs., *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *Astasia klebsii* Lemm., *Euglena caudata* Hübn., *Lepocinclis steinii* Lemmermann.

До перифітонних належали – *M. minima*, *R. abbreviata*, *C. placentula*. Отже, у фітомікробентосі прісноводних заток переважали бентосні форми. Також, значний вклад у біорізноманіття вносили планктонно-бентосні, перифітонні та планктонні водорості, що є особливістю бентосу неглибоких водойм [30].

У фітомікробентосі прісноводних заток виявлено 207 видів водоростей, чутливих до солоності води. Перевагу мали прісноводні види – 75% (індиференти – 73% та галофоби – 2%). Серед індиферентів часто зустрічались *A. ovalis*, *Synedra ulna* (Nitsch.) Ehr., *Craticula cuspidata* (Kütz.) Mann. in Round, Crawf., Mann., *C. bacillum*, *S. tenera*, *Ankistrodesmus fusiformis* Corda ex Korsch., *O. geminata*, *Phacus longicauda* (Ehr.) Duj, *T. volvocina*. Галофоби: *Navicula placenta* Ehr., *Pinnularia braunii* (Grun.) Cl., *Surirella robusta* Ehr., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kutz. [79]. (рис. 4.3.3).

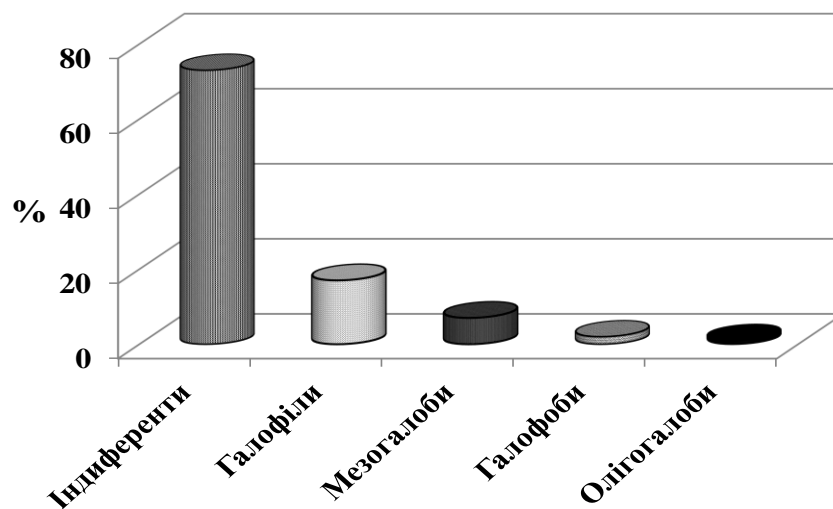


Рис.4.3.3. Відношення фітомікробентосу прісноводних заток до солоності води

Встановлено, що 17% (35 в. в .т.) належало до галофілів-олігогалофів: *D. tenue*, *Hantzschia spectabilis* (Ehr.) Hust., *M. varians*, *Navicula capitata* Ehr, *Nitzschia lanceolata* W. Sm., *O. tenuis*. Також були виявлені мезогалофи (7% (15)): *G. spenceri*, *Nitzschia commutata* Grun. in Cl. et Grun., *N. lorenziana* Grun. in Cl. et. Möll., *Tabularia tabulata* (Ag.) Snoeijjs., *E. deses*,

*E. caudata*. Знайдено один вид, який належав до олігогалобів (*Encyonema ventricosum*).

Таким чином, біорізноманіття в затоках формували прісноводні форми, з малою часткою солонуватоводних.

Сприйнятливими до активної реакції води (рН) знайдено 169 видів (64% загальної кількості видів), більшість з яких відносились до алкаліфілів (91 вид (54%)) – *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim., *C. silicula*, *C. placentula*, *C. cuspidata*, *C. tumida*, *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm.v. *gracilis* Grun., *Ph. caudatus*, та індіферентів (63 види (37%)) – *Cymbella parva* (W. Sm.) Cl., *C. microporum*, *D. tenue*, *Navicula tripunctata* (O.F. Müll.) Borg, *D. communis*, *E. caudata*. Також зустрічалися алкалібіонти (4 (2%)) – *Cymbella ehrenbergii* Kütz., *E. adnata*, *Surirella elegans* Ehr., *S. astraea*, та ацидофіли (11 (7%)) – *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills, *Pinnularia braunii* (Grun.) Cl., *Neidium productum* (W. Sm.), *Crucigenia quadrata* Morren [79] (рис.4.3.4).

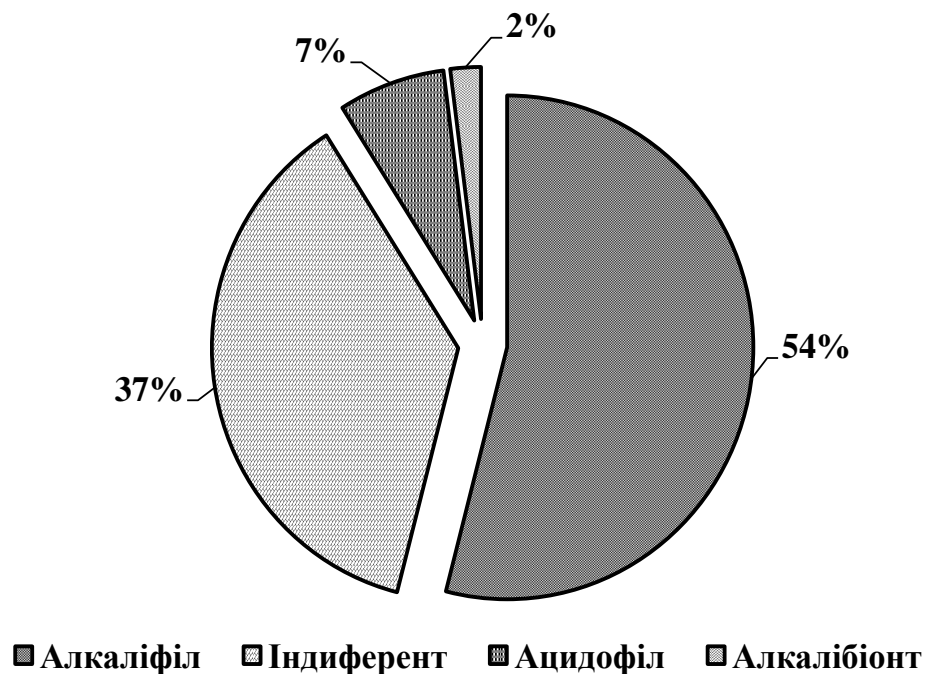


Рис.4.3.4. Відношення фітомікробентосу прісноводних заток до активної реакції води рН.

Отже, більшість водоростей бентосу прісноводних заток є показниками лужного середовища, також в невеликій кількості зустрічаються форми, які можуть існувати в умовах високої кислотності.

До видів-індикаторів реофільності належало 108 найменувань (рис. 4.3.5). З них 67 (62%) – це види, які характеризували води з повільною течією (*Achnanthis minutissima* (Kütz.) Czarn., *A. granulata*, *Cryptomonas erosa* Ehr., *M. varians*, *Navicula radiosa* Kützing, *Peridinium cinctum* (O. Müll.) Ehr.), 40 (37%) – стоячі води (*C. meneghiniana*, *D. tenue*, *Gomphonema acuminatum* Ehr., *N. placenta*, *O. geminata*, *Sellaphora pupula* (Kütz.) Mann) та 1 % – швидкотекучі (*Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun.) [79].

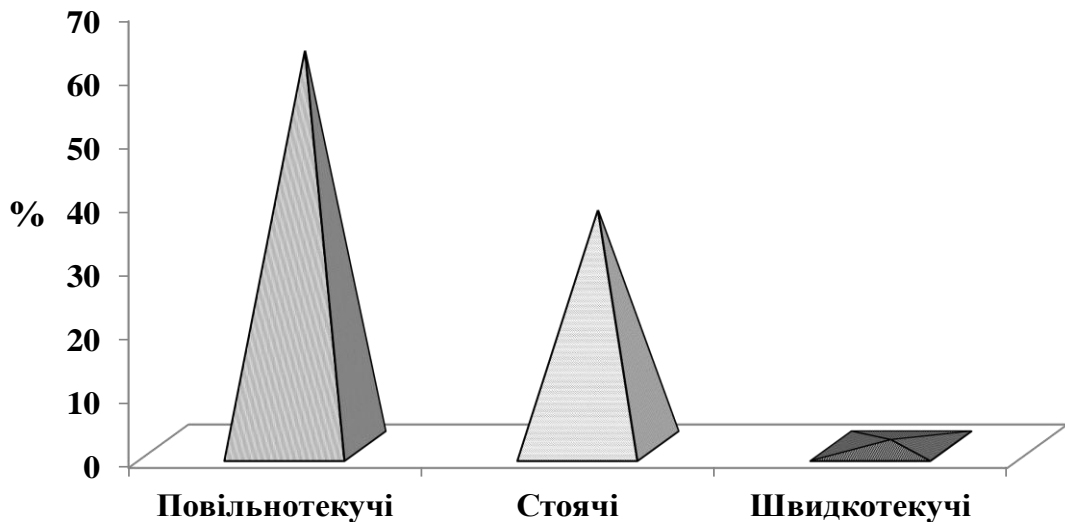


Рис. 4.3.5. Відношення фітомікробентосу прісноводних водойм КДД до проточності води

Визначено 50 видів водоростей, які по різному реагують на температурні умови (19% загальної кількості видів). Переважала група, індіферентних до температури, видів (35): *Achnanthes linearis* (W. Sm.) Grun. in Cl. et Grun., *A. hantzschii*, *Amphora veneta* Kütz., *A. distans*, *C. permagna*, *Ch. globosa*, *Fragilaria capucina* Desm., *Oscillatoria pseudogeminata* G. Schmid.). Евритермних було 10, теплолюбних та холодолюбних – 2 і 3 відповідно [79].

Згідно географічного аналізу найбільш популярними видами фітомікробентосу прісноводних водойм КДД, які склали 71% від загальної кількості видів, є космополіти (*A. ovalis*, *C. kuetzingiana*, *F. virescens*, *N. recta*, *Stauroneis anceps* Ehr., *O. amphibia*, *T. volvocina* Ehr., *S. ellipticus* Corda, *D. communis*, *Monoraphidium irregulare* (G. Sm.) Kom. - Legn. in Fott.). Зустрічалися бореальні – 10% (*C. parva*, *N. vulpina*, *P. gibba*, *Pseudoholopedia convoluta* (Bréb.) Elenk., голарктичні – 5% (*Cymbella tumidula* Grun. in A. S. et al., *Astasia klebsii*, *Oscillatoria woronichinii* Anissim., *Desmodesmus protuberans* (Fritsch et Rich) E. Hegew. та декілька альпійських і аркто-альпійських (*Cyclotella bodanica* Eulenst., *Cymbella helvetica* Kütz., *Pinnularia divergens* W. Sm., *Rhopalodia gibba* var. *parallela* (Grun.) H. et M. Perag., *M. minima*). Для решти видів географічна приуроченість не визначена [8, 10].

Отже, найбільшу частку в різноманітті фітомікробентосу прісноводних заток мали широко расповсюджені види-космополіти.

Сапробіологічний аналіз виявив 210 видів-індикаторів сапробності води, з яких, 64% належали до  $\beta''$ -мезосапробів (*D. vulgare*, *E. adnata*, *E. bilunaris*, *A. hantzschii*, *N. tripunctata*, *O. redekei*), 25% – до  $\chi$ -о-сапробів (*Achnanthes linearis*, *A. tusculus*, *A. distans*, *G. acuminatum*, *Phacus alatus* Klebs.), 10% – до  $\alpha$ -мезосапробів (*A. ambigua*, *S. hantzschii*, *O. tenuis*, *Phacus longicauda* (Ehr.) Duj, *E. caudata*). Один відсоток припадав на  $\rho$ -сапроби (*E. viridis* Ehr.) [79]. (рис. 4.3.6).

Отже, аналізую дані про відсоткове співвідношення індикаторних видів фітомікробентосу прісноводних заток – показників сапробності води, з домінуванням  $\beta''$ -мезосапробів, дозволяє віднести дані водойми до евтрофних, «слабко забруднених», які належать до III класу якості поверхневих вод [105], що узгоджується з висновками інших авторів [83, 95, 96].

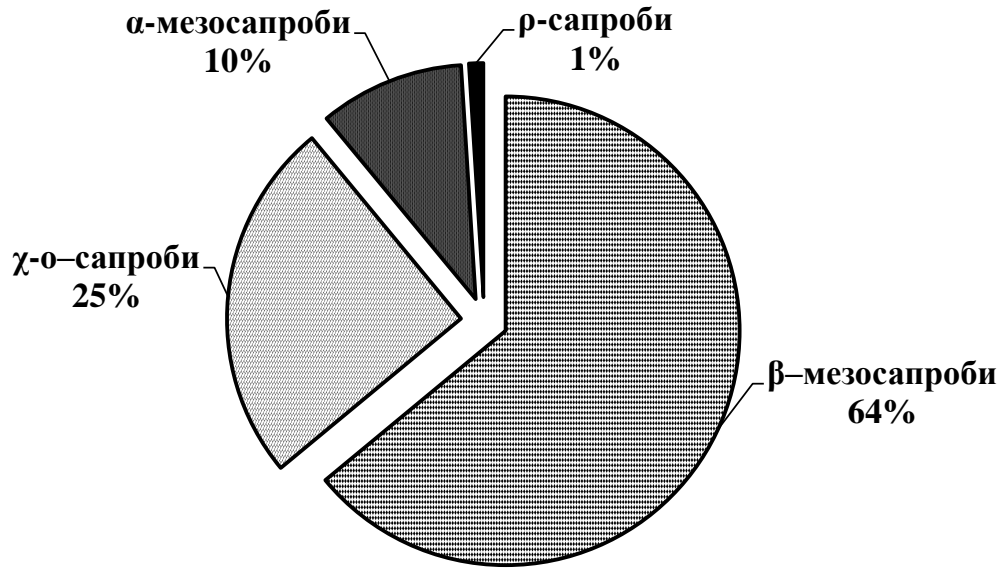


Рис. 4.3.6. Співвідношення видів-індикаторів сапробності води у фітомікробентосі прісноводних заток

Для бентосної альгофлори прісноводних заток дельти побудовано графік, який ілюструє залежність Вілліса (рис. 4.3.7).

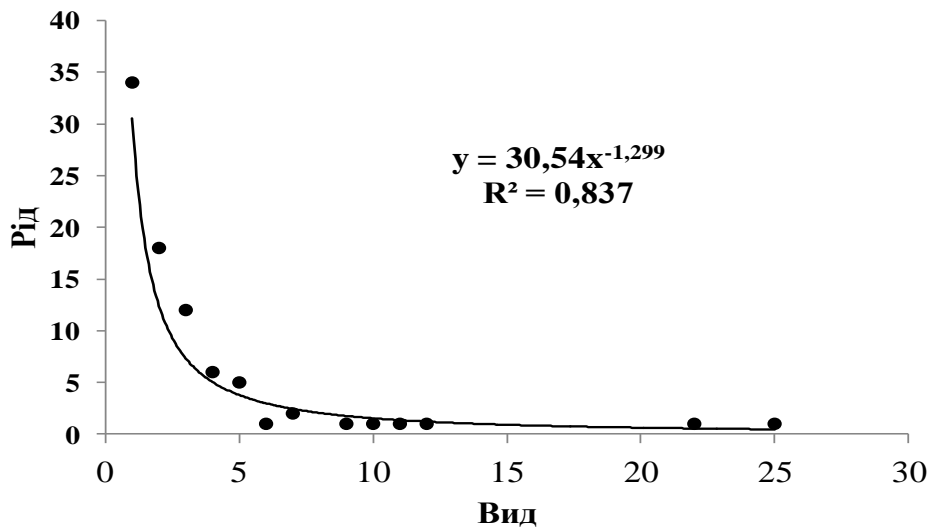


Рис. 4.3.7. Залежність Вілліса для прісноводних заток КДД

Розподіл числа видів серед родів є закономірним і графічно описується гіперболою. Це дозволяє стверджувати, що різноманіття альгофлори



прісноводних заток Кілійської дельти вивчено достатньо глибоко, дані є статистично достовірні, про що свідчать наведені рівняння.

Таким чином, фітомікробентос прісноводних заток КДД характеризувався як діатомово-зелений, в якості субдомінантів були встановлені синьозелені та евгленові водорості. Ядро флористичного спектру формували два таксономічно значимі класи (Bacillariophyceae, Chlorophyceae), чотири порядки (Naviculales, Bacillariales, Chlorococcales, Cymbellales), 14 родів.

Значна частка фітомікробентосу була представлена видами з низькою частотою трапляння (69%). В той же час, зареєстровано 33 види, що зустрічалися «часто» та «досить часто», які мали 28% (*C. amphibaena*, *C. solea*, *C. placentula*, *N. viridula*, *S. tenera*, *N. capitatoradiata*, *O. amphibia*)

За еколого-географічними показниками більшість видів водоростей прісноводних заток – це види-космополіти; за приуроченістю до місця існування – бентосні та планктонно-бентосні; по відношенню їх до солоності води – індиференти-олігогалоби, галофіли-олігогалоби, мезогалоби; по відношенню до активної реакції води (рН) – алкаліфіли, індиференти, з невеликою часткою ацидофілів; за сапробіологічною характеристикою – β''-мезосапроби, представники повільнотекучих вод та індиферентні до температури, види.

#### 4.4. Водотоки

У водотоках (річкових рукавах) КДД знайдено 153 види, представлених 173 в. в. т., які належали до 8 відділів, 13 класів, 24 порядків та 65 родів. Найбільшим видовим багатством характеризувались діатомові – 106 видів (125 в. в. т., 72% загального числа виявлених видів), зелені нараховували 24 в. в. т. (13%), синьозелені водорості – 14 в. в. т. (8%). Водорості решти відділів мали від 1 до 4 таксонів або 1–2% відповідно [218]. Флористичний спектр фітомікробентосу водотоків зображено на рис. 4.4.1.

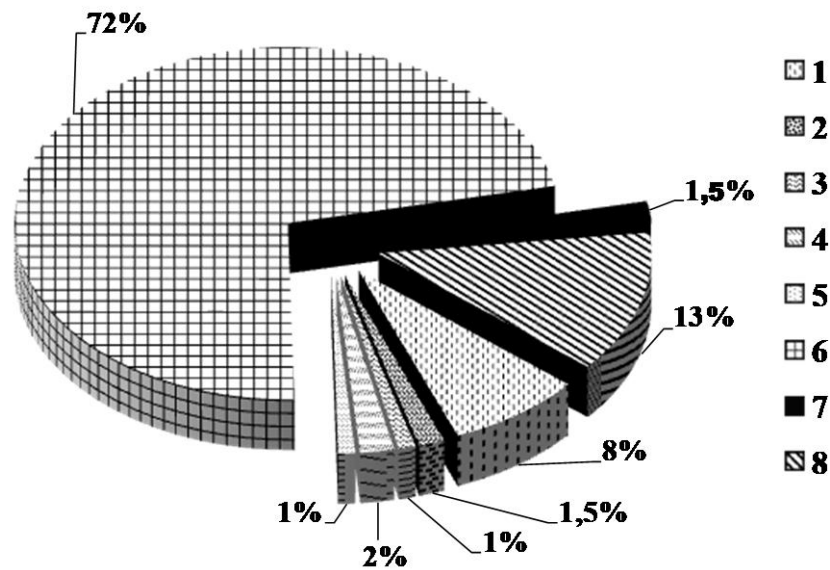


Рис. 4.4.1. Флористичний спектр фітомікробентосу водотоків КДД (2010–2013 рр., 2015 р.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta, 2 – Euglenophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chrysophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Xanthophyta, 8 – Chlorophyta.

При розподілінні водоростей на класи виявлено, що у водотоках за числом видів та внутрішньовидових таксонів у фітомікробентосі провідна роль належала Bacillariophyceae – 104 в. в. т. (60%). Значно меншою кількістю видів характеризувалися Chlorophyceae – 21 (12%), також Hormogoniophyceae – 12 (7%), Coscinodiscophyceae – 11 (6%), Fragilariophyceae – 10 (5%).

Визначено 24 порядки водоростей, провідну роль мали 4 таксономічно значимі, видове багатство яких у сумі складало 56% від загального. До них належали Naviculales – 32 в. в. т. (18%), Bacillariales – 26 (15%), Cymbellales Mann – 22 (13%). Chlorococcales – 18 (10%). Меншою часткою були представлені Surirellales – 16 (6%), Euglenales – 15 (5%) та Fragilariales – 12 (4%).

У склад фітомікробентосу увійшли 15 родів, які мали 56% загальної кількості в. в. т. фітомікробентосу. Перевагу становили *Nitzschia* – 18 в. в. т.,

*Navicula* – 15, *Oscillatoria* – 8. Значною видовою насиченістю (від 4 до 7 в. в. т.) виділялись роди *Cymbella*, *Gomphonema*, *Surirella*, *Tryblionella*, *Pinnularia*, *Diatoma*, *Eunotia* Ehr., *Placoneis* Mer. emend. Cox, *Caloneis*, *Desmodesmus*, *Monoraphidium*, *Cryptomonas*. Решта родів водоростей характеризувались як малочисельні, які нараховували всього 1–3 в. в. т. [218].

Встановлено, що за класами трапляння водоростей у фітомікробентосі водотоків переважали види, що зустрічаються «зрідка» (46% всього видового багатства). Із частотою трапляння «нечасто» – 35%, «часто» – 14%, «досить часто» – 3%, а тих, що відноситься до класу «дуже часто» – 2% (табл. 4.4.1). «Поодиноких» видів водоростей у водотоках КДД виявлено не було

Таблиця 4.4.1

**Розподіл фітомікробентосу водотоків КДД за класами трапляння**

Класи трапляння	Частота трапляння, %	Кількість видів (в. в. т.)
А (дуже часто)	81–100	3 (3)
В (досить часто)	51–80	6 (6)
С (часто)	21–50	23 (24)
Д (нечасто)	5–20	50 (60)
Е (зрідка)	1–4	71 (80)
F (поодинокі)	менше 1	0

Для донних водоростей водотоків (161 в. в. т., 93% загального видового багатства) визначена біотопічна відношенність, згідно якої найбільшу частку

складали бентосні форми (43%), також у склад фітомікробентосу увійшли планктонно-бентосні (30%), планктонні (10%) та перифітонні форми, які мали 17% [79] (рис. 4.4.2).

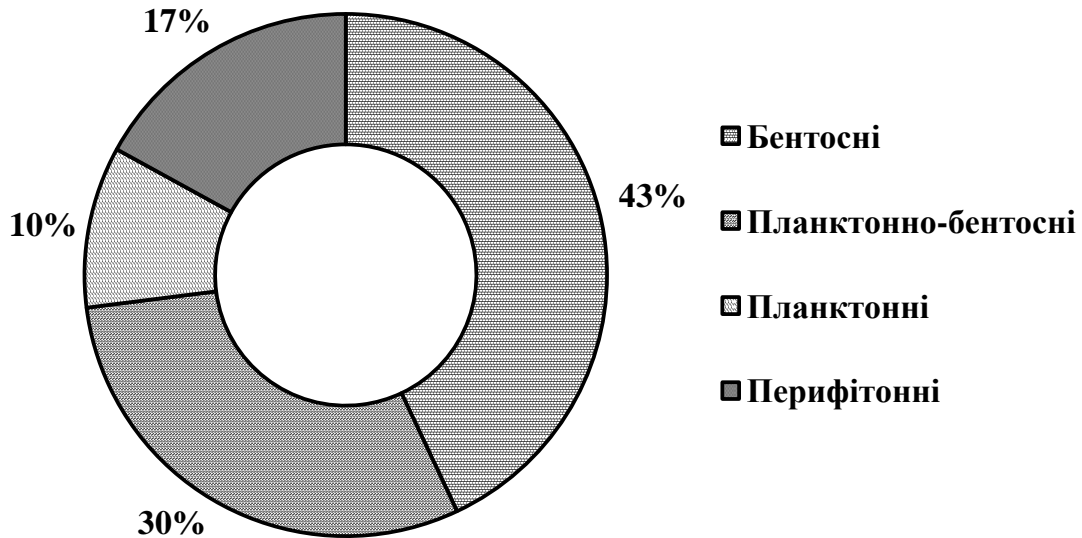


Рис.4.4.2 Біотопічна приуроченість фітомікробентосу водотоків

Серед бентосних форм найчастіше зустрічались *A. ovalis*, *C. amphisbaena*, *Gomphoneis olivaceum* (Horn.) Daw. ex Ross et Sims, *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *N. tripunctata*, *N. linearis*, *R. gibba*, *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom., *T. volvocina*.

У числі планктонно-бентосних – *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim., *C. kuetzingiana*, *M. varians*, *Navicula cryptocephala*, *N. palea*, *A. hantzschii*, *Ch. reinhardtii*, *M. arcuatum*, *O. amphibia*, *Peridinium cinctum* (O. Müll.) Ehr.

Серед планктонних – *S. hantzschii*, *S. astraea*, *Ch. globosa*, *C. erosa*, *Oscillatoria planctonica* Wolosz, *Cryptomonas ovata* Ehr.

Хвильове перемішування води в рукавах сприяло попаданню в бентос водоростей з інших біотопів, проте, переважали бентосні форми, дещо менше – планктонно-бентосні.

Із 137 виявлених видів-індикаторів галобності у фітомікробентосі водотоків домінували прісноводні види – 74% (індиференти – 71% та

галофоби – 3%). Серед індиферентів часто зустрічались *A. ovalis*, *A. granulata*, *Asterionella formosa* Hass., *Ch. monadina*, *C. placentula*, *C. solea*, *Cymbella lanceolata* (Ehr.) Kirch., *E. sorex*, *O. borgei*, *Anabaena scheremetievi* Elenk. Галофоби: *Cymbella gracilis* (Rabenh.) Cl., *Eunotia exigua* (Breb.ex Kütz.) Rabenh., *Eunotia monodon* Ehr., *N. placenta* [79] (рис. 4.4.3).

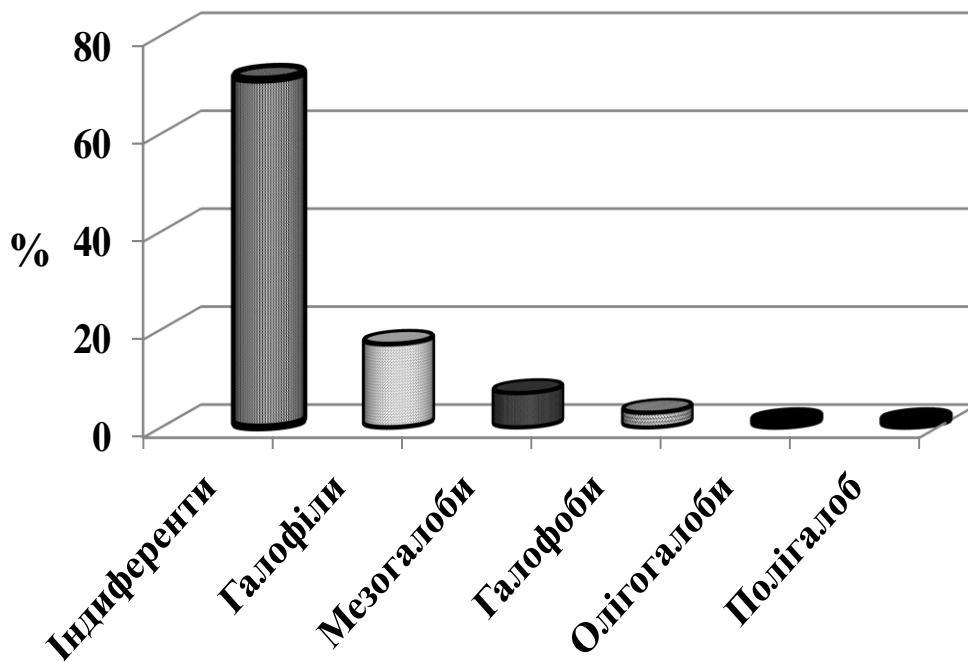


Рис.4.4.3 Відношення фітомікробентосу водотоків до солоності води

Встановлено, що 17% (23 в. в .т.) належало до галофілів-олігогалофів: *C. permagna*, *D. tenue*, *H. spectabilis*, *Nitzschia frustulum* (Kütz.), *N. capitata*, *T. victoriae*, *Oscillatoria agardhii* Gom., *O. tenuis*. Також були виявлені мезогалофи (7 % (10)): *Caloneis amphisbaena* var. *subsalina* (Donk.) Cl., *G. spenceri*, *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *T. hungarica*. Визначено два види-олігогалофи: *Ch reinhardtii*, *E. ventricosum*. Також, знайдено один вид, який належав до полігалофів (*Spirulina major* Kütz.).

Отже, в водотоках в більшості зустрічались нейтральні до солоності води види-індиференти, з малою часткою галофілів та мезогалофів.

Індикаторами кислотності води являли собою 106 в. в .т. (61% загальної кількості видів), більшість з яких відносились до алкаліфілів (57 в. в .т. (54%))

– *A. minutissima*, *C. solea*, *C. meneghiniana*, *Synedra ulna*, *Tryblionella gracilis* W. Sm., та індиферентів (39 (38%)) – *C. parva*, *Gomphonema clavatum* Ehr., *N. tripunctata*, *P. gibba*, *Surirella linearis* W. Sm., *O. borgei*. Також зустрічалися ацидофіли (7 (6%)) – *A. distans*, *E. bilunaris*, *E. monodon*, *N. placenta*, *Pinnularia interrupta* W. Sm. та алкалібійонти (3 (2%)) – *E. adnata*, *R. gibba*, *S. astraea*. [79] (рис. 4.4.4).

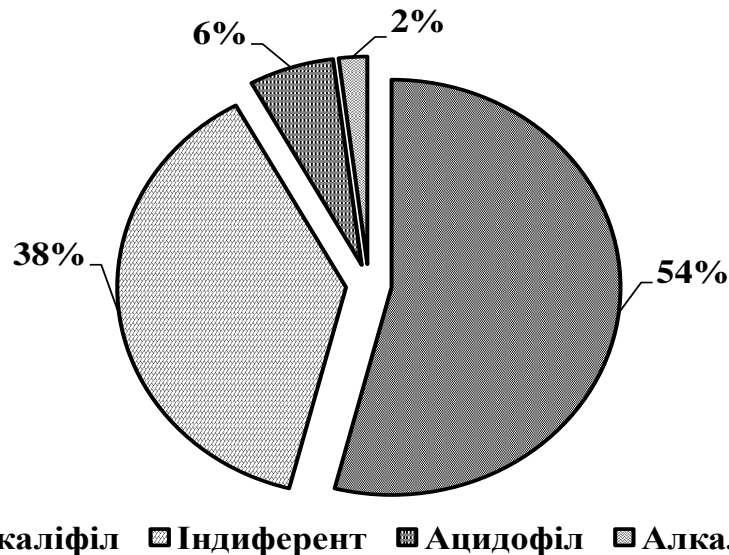


Рис.4.4.4. Відношення фітомікробентосу водотоків до активної реакції води рН.

Таким чином, у фітомікробентосі водотоків більшість із показників рН водного середовища – це алкаліфіли, дещо менше визначено видів-індиферентів.

Види, які є індикаторами реофільності, були предсавлені 68 таксонами. З них 45 – це види, які характеризують повільно текучі води (*Amphora ovalis*, *Surirella ovalis* Breb., *A. hantzschii*, *A. italica*, *M. arcuatum*, *O. amphibia*, *T. volvocina*, *P. cinctum*), 21 – стоячі води (*C. silicula*, *C. cuspidata*, *N. recta*, *S. tenera*, *O. agardhii*) та два види – швидкотекучі (*Diatoma vulgare* f. *lineare* (Grun. in V.H.) Bukht., *G. clavatum*) [79] (рис. 4.4.5).

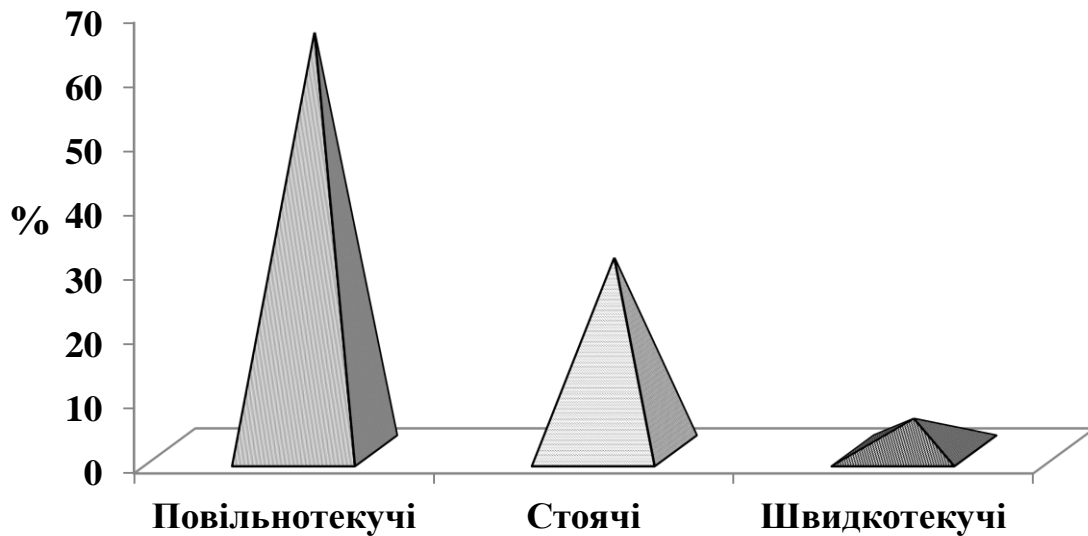


Рис.4.4.5. Відношення фітомікробентосу водотоків Кілійської дельти Дунаю до проточності води

Варто відмітити, що в рукавах з різною швидкістю течії переважали види, які характеризували повільнотекучі води.

Чуттєвими до температурних умов відносились 40 в. в. т. (23% загальної кількості видів). Переважала група індиферентних видів (32): *A. granulata*, *Symbella affinis* Kutz., *E. sorex*, *N. capitata*, *N. radiosa*, *N. palea*, *P. viridis* та інші. Евритермних та холодололюбних було по 4 в. в. т. [79].

Згідно географічного розселення, найбільш поширеними видами фітомікробентосу рукавів КДД, які складали 75% (130 в. в. т.) від загальної кількості видів, є космополіти (*A. ovalis*, *C. placentula*, *C. solea*, *D. vulgare*, *N. cryptocephala*, *Ch. globosa*, *M. arcuatum*, *C. erosa*, *O. amphibia*, *O. limnetica*, *T. volvocina*). Зустрічалися бореальні – 6% (11) (*A. distans*, *C. parva*, *Nitzschia hantzschiana* Rabenh., *P. gibba*, *T. victoriae*), голарктичні – 4% (6) (*S. gracilis*, *S. linearis*, *A. pectinatus*, *Strombomonas tambowika* (Swir.) Defl.) та декілька альпійських і аркто-альпійських (*C. gracilis*, *C. bodanica*, *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M.S.in A.S. et al.) [79]. Для решти видів географічна приуроченість не визначена [8, 10].

Сапробіологічний аналіз видового складу фітомікробентосу за списком індикаторних організмів [8, 10, 162] водотоків виявив 142 види-індикатора сапробності, з яких 64% належали до  $\beta''$ -мезосапробів (*A. ovalis*, *D. vulgare*, *C. amphibaena*, *C. solea*, *C. lanceolata*, *D. communis*), 22% – до  $\chi$ -о-сапробів (*A. formosa*, *A. distans*, *F. virescens*, *Desmodesmus armatus* (Chod.) Hegew., *C. acicularis*), 14% – до  $\alpha$ -мезосапробів (*N. cryptocephala*, *S. hantzschii*, *O. tenuis*, *Ch. reinhardtii*, *Aphanizomenon flos-aquae*) [79] (рис. 4.4.6).

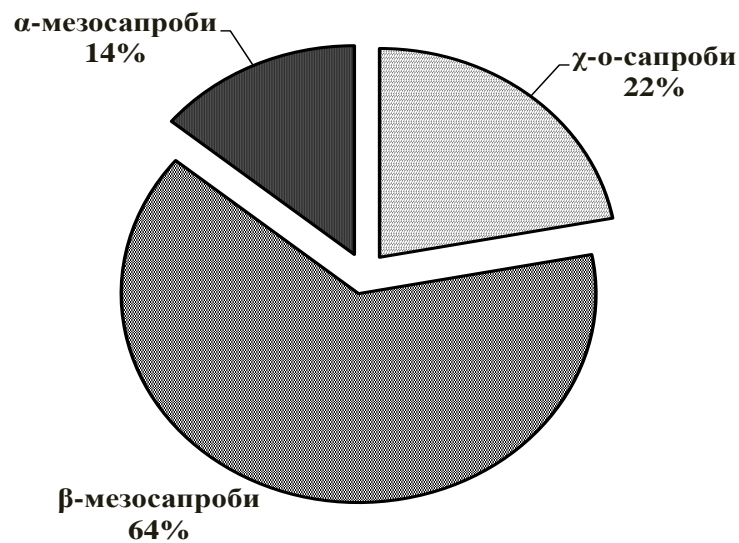


Рис. 4.4.6. Співвідношення видів-індикаторів сапробності води у фітомікробентосі водотоків

Отже, сапробіологічна оцінка з використанням бентосних водоростей показала, що водотоки КДД належать до евтрофної,  $\beta''$ -мезосапробної зони, («слабко забруднена вода») та відносяться до III класу якості поверхневих вод [105]. Отримані нами результати узгоджуються з раніше зареєстрованими даними інших авторів [83, 94, 96, 154, 163].

Для бентосної альгофлори водотоків дельти побудовані графіки, які ілюструють залежність Вілліса [238] (рис. 4.4.7).

Крива розподілу знайдених видів серед родів наближується до гіперболи. Це дозволяє стверджувати, що різноманіття локальних альгофлор водотоків



Кілійської дельти вивчено достатньо глибоко, дані є статистично достовірні, про що свідчать наведені рівняння.

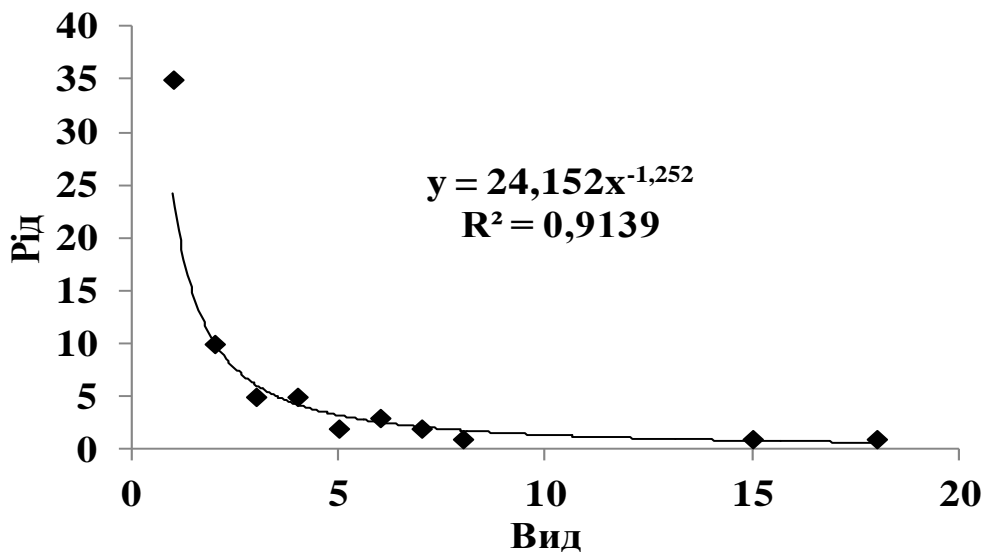


Рис. 4.4.7 Залежність Вілліса для водотоків КДД

Таким чином, фітомікробентос водотоків КДД характеризувався як діатомовий із незначною часткою синьозелених та зелених водоростей. Провідна роль у флористичному спектрі належала двом таксономічно значимим класам (Bacillariophyceae, Chlorophyceae), чотирьом порядкам (Naviculales, Bacillariales, Cymbellales, Chlorococcales), 15 родам. Значна частка фітомікробентосу рукавів була представлена видами з низькою частотою трапляння (81%). В той же час, зареєстровано 33 види, які зустрічалися «часто», «досить часто» та «дуже часто» (19%) (*A. ovalis*, *R. abbreviata*, *C. solea*, *D. vulgare*, *F. virescens*, *D. communis*, *Ch. globosa*, *O. amphibia*). За еколого-географічними показниками більшість видів водоростей – це види-космополіти; за приуроченістю до місця існування – бентосні та планктонно-бентосні; по відношенню їх до солоності води – індиференти-олігогалоби; по відношенню до активної реакції води (pH) – алкаліфіли, індиференти; за сапробіологічною характеристикою – β''-мезосапроби, представники повільнотекучих вод та індиферентні до температури.

## РОЗДІЛ 5. ДИНАМІКА КІЛЬКІСНОГО РОЗВИТКУ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ ПРІСНОВОДНИХ ЗАТОК

Прісноводні водойми КДД поділяються: на затоки, відкриті з боку моря – Бистрий Кут (новоутворена), Потапів Кут; давно існуюче, закрите внутрішньодельтове озеро Ананькін Кут. Донні відкладення у водоймах представлені переважно чорними мулами (Потапів Кут, Ананькін Кут,), менше – сірими мулами та замуленими пісками (Бистрий Кут).

Велике значення при дослідженні фітомікробентосу має вивчення динаміки його чисельності та біомаси, саме якою визначається адаптованість організмів до умов існування. По змінам загальної чисельності та біомаси судять про «процвітання виду» [124].

В прісноводних затоках якісні та кількісні характеристики фітомікробентосу змінювались в залежності від типу донних відкладень – з мінімальних величин на чистих, промитих пісках і до максимальних показників – на сірих і чорних мулах. Зростання біомаси фітомікробентосу відбувається при збільшенні органічної речовини в ґрунтових відкладеннях [120].

Чисельність та біомаса донних водоростей в досліджуваних водоймах коливалася в широких межах: 0,26–100,87 млн. кл/10 см<sup>2</sup>; 1,11–114,67 мг/10 см<sup>2</sup> відповідно [80].

### 5.1. Затока Бистрий Кут

В фітомікробентосі затоки Бистрий Кут знайдено 131 вид, представлений 146 в. в. т. водоростей, які належали до 57 родів, 23 порядків, 12 класів, 7 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta).

Чисельність фітомікробентосу змінювалась від мінімальних значень – 2616 тис. кл/10см<sup>2</sup>, до максимальних – 20853 тис. кл/10см<sup>2</sup>., з середнім

значенням –  $7428 \pm 1229$  тис. кл/10см<sup>2</sup>. Біомаса, відповідно, коливалася від 1,94 мг/10см<sup>2</sup> до 16,35 мг/10см<sup>2</sup>, з середнім значенням –  $8,03 \pm 2,31$  мг/10см<sup>2</sup> [80].

Досліджувана затока Бистрий Кут характеризується декількома типами донних відкладень: замулені піски та сірі мули. При переході від одного типу донних відкладень до іншого спостерігались зміни в кількості видів, чисельності, біомасі та структурі домінуючого комплексу донних мікроводоростей. Так, на замулених пісках в фітомікробентосі виявлено 101 в. в. т., на сірих мулах – 107 [80].

Аналіз сезонної динаміки кількісних показників фітомікробентосу дозволив виявити декілька піків вегетації, які різнилися за структурою домінуючого комплексу видів та за величинами чисельності і біомаси. Встановлена закономірність з максимальними показниками чисельності влітку та з подальшим скороченням кількісних показників розвитку водоростей восени простежувались впродовж 2010–2012 років досліджень (рис. 5.1.1). Фрагментарні дані отримані в 2013 році, в цілому, підтверджували дану закономірність. Наприклад, весною 2013 року чисельність фітомікробентосу не перевищували аналогічні дані за 2010–2012 рр. [80].

Особливості розповсюдження фітомікробентосу на мілководді заток в осінні місяці можна пояснити умовами осені [25]. Впродовж вегетаційного періоду відбувається осідання планктонних водоростей на дно. Осінню процес осідання значно збільшується. Проте, на мілководдях це явище може порушуватися через вітрові течії та хвилювання, які сприяють частому та інтенсивному перемішуванню води, яке охоплює всю її товщу. При взмучуванні верхніх шарів ґрунту, водорості бентосу попадають в товщу води. В осінні місяці більша частина водоростевих організмів, піднятих хвилюваннями зі дна, гинуть [25]. Особливо сильно руйнуються колонії синьозелених і протококкових, краще зберігаються водорості, які мають захисні оболонки – кремневі (діатомові) і пектинові зі вкрапленням кремнезему (деякі протококові водорості). Організми, які залишаються, перезимовують у вигляді невеликих колоній або окремих, поодиноких клітин. При теплій осіні

та затишній погоді вегетація мікрowodоростей продовжується до жовтня включно. В холодну і вітряну осінь бентосних водоростей літоральної зони зберігається значно менше [25].

Сезонна динаміка біомаси фітомікробентосу, в основному, відповідала чисельності. Але, при цьому, простежувалось певне її зростання і в деякі осінні періоди. Так, восени 2010 року біомаса донних водоростей фігурувала на високому рівні (рис. 5.1.1). Подібні закономірності по сезонній динаміці фітомікробентосу спостерігалися і в 2013 році, коли навесні величина біомаси не перевищувала значень за аналогічні періоди минулих 2010–2012 років, а влітку зростала.

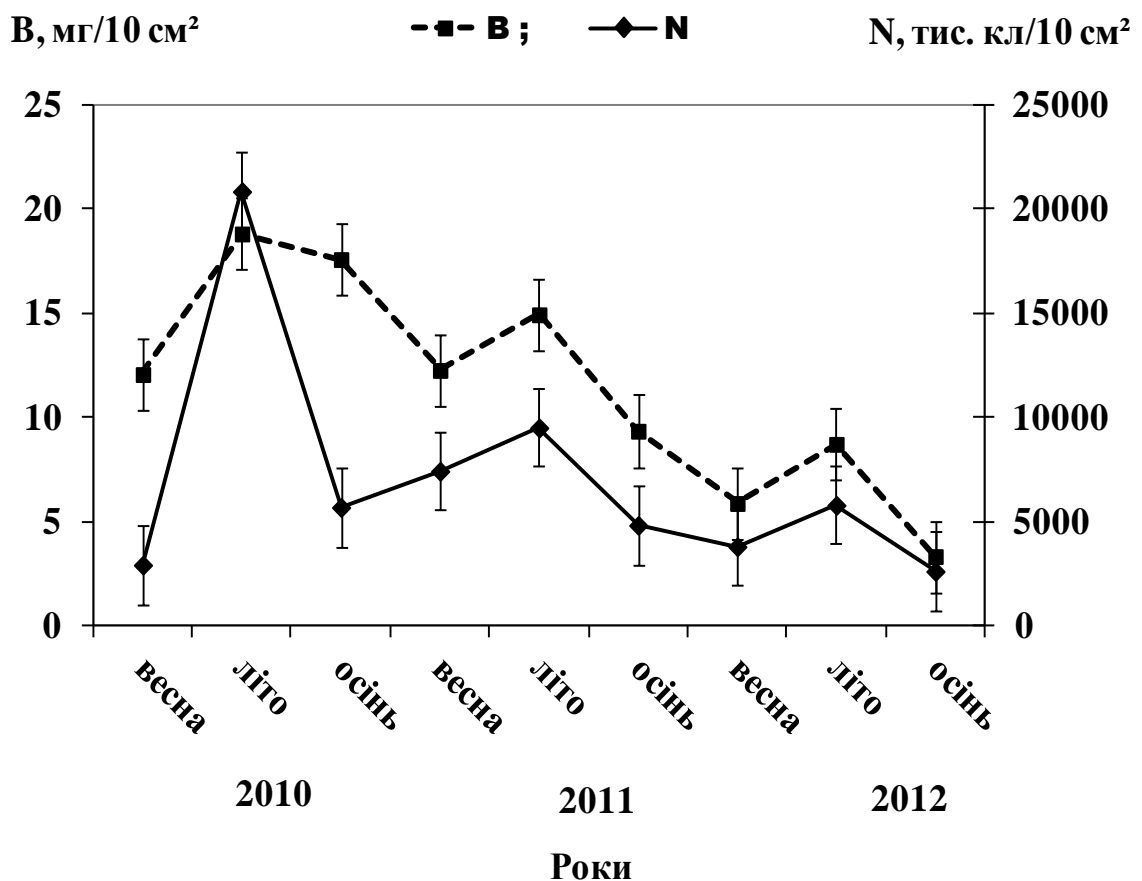


Рис.5.1.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу затоки Бистрий Кут

В той же час, встановлені певні відмінності у формуванні структури чисельності та біомаси донних водоростей. Чисельність фітомікробентосу створювали синьозелені та діатомові водорості (рис. 5.1.2). Представники інших систематичних відділів суттєвого значення в чисельності не мали. Біомасу визначали синьозелені, діатомові, зелені та динофітові [80] (рис. 5.1.3).

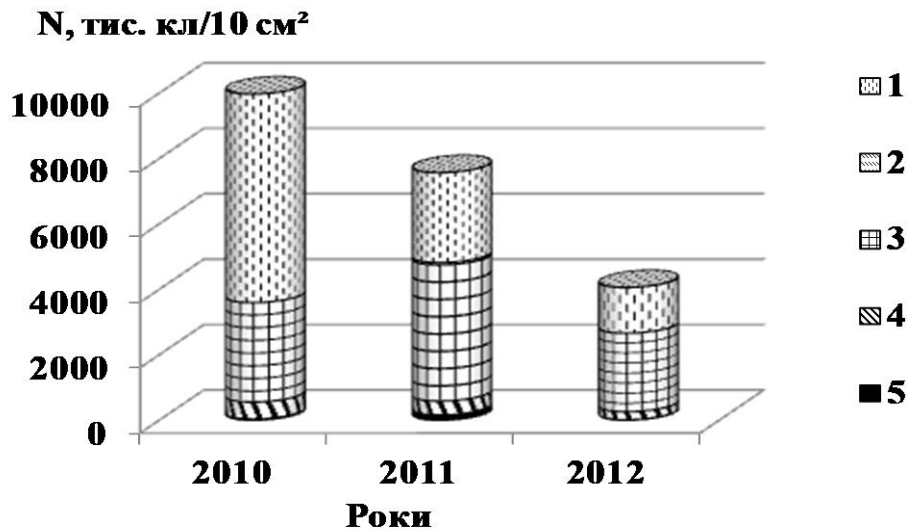


Рис.5.1.2. Міжрічна динаміка чисельності ( $N$ ) основних таксономічних груп фітомікробентосу затоки Бистрий Кут: 1 – Cyanophyta, 2 – Dinophyta, 3 – Bacillariophyta, 4 – Chlorophyta, 5 – інші.

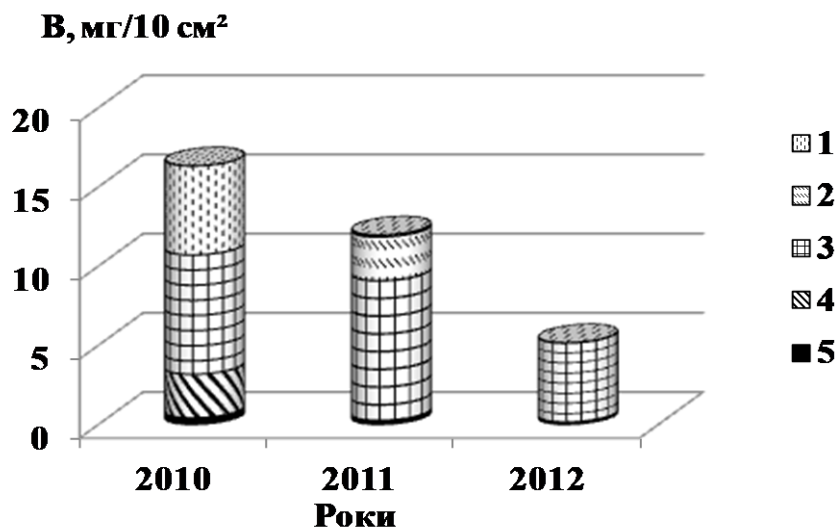


Рис.5.1.3. Міжрічна динаміка біомаси ( $B$ ) основних таксономічних груп фітомікробентосу затоки Бистрий Кут (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta, 2 – Dinophyta, 3 – Bacillariophyta, 4 – Chlorophyta, 5 – інші.

Кількісне різноманіття фітомікробентосу в затоці Бистрий Кут у різні роки досліджень відрізнялося коливаннями чисельності та біомаси. В 2010 році інтенсивність вегетації бентосних мікроводоростей зростала. Навесні за чисельністю й біомасою домінувала *M. varians*, субдомінантом виступала *N. cryptocephala*.

В той же час, влітку за чисельністю переважали синьозелені (*O. amphibia*, *O. limnetica*, *O. tenuis*, *O. ucrainica*) та діатомові (*M. varians*, *Stephanodiscus hantzschii*) мікроводорості. Також, у формуванні біомаси фітомікробентосу пріоритетна роль належала синьозеленим (*O. tenuis*, *O. ucrainica*), діатомовим (*S. hantzschii*, *M. varians*, *G. acuminatum*, *G. spenceri*, *S. tenera*) та зеленим (*Closterium parvulum* Nänd.) [80].

В 2011 році за чисельністю та біомасою домінували синьозелені та діатомові водорості з родів *Oscillatoria* і *Stephanodiscus* Ehr.

Значне місце у формуванні біомаси фітомікробентосу належало, також, динофітовим водоростям (р. *Peridinium* Ehr.).

В 2012 році біомасу фітомікробентосу визначали крупноклітинні діатомові водорості з родів *Surirella*, *Cymatopleura*, *Nitzschia*, чисельність формували діатомові (*C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*) та синьозелені (*O. amphibia*).

Аналіз розвитку донних мікроводоростей затоки Бистрий Кут показав, що за період з 2010 по 2012 роки чисельність фітомікробентосу знижувалась за рахунок зменшення вегетації синьозелених водоростей. Максимальними показники чисельності фітомікробентосу були в 2010 році, мінімальними – в 2012 році. На відміну від чисельності, на ріст біомаси донних мікроводоростей в 2011 році, яка досягала 12,00 мг/10см<sup>2</sup>, вплинула активна вегетація водорості *P. cinctum*, біомаса якої могла складати до 3,75 мг/10см<sup>2</sup>. В 2011 та 2012 роках роль зелених водоростей в загальній біомасі фітомікробентосу, на відміну від 2010 року, була незначною. Отже, 2012 рік відрізнявся найменшими кількісними показниками фітомікробентосу [80].

Так як затока Бистрий Кут має зв'язок з рукавами Бистрий та Восточний, можна припустити, що в багатоводний 2010 рік збільшення кількісних показників розвитку фітомікробентосу відбувалось за рахунок не тільки автохтонного, але й алохтонного надходження водоростей, які течією приносились із розташованих вище ділянок.

Значення чисельності і біомаси фітомікробентосу коливалися в залежності від типу донних відкладень [80] (рис. 5.1.4).

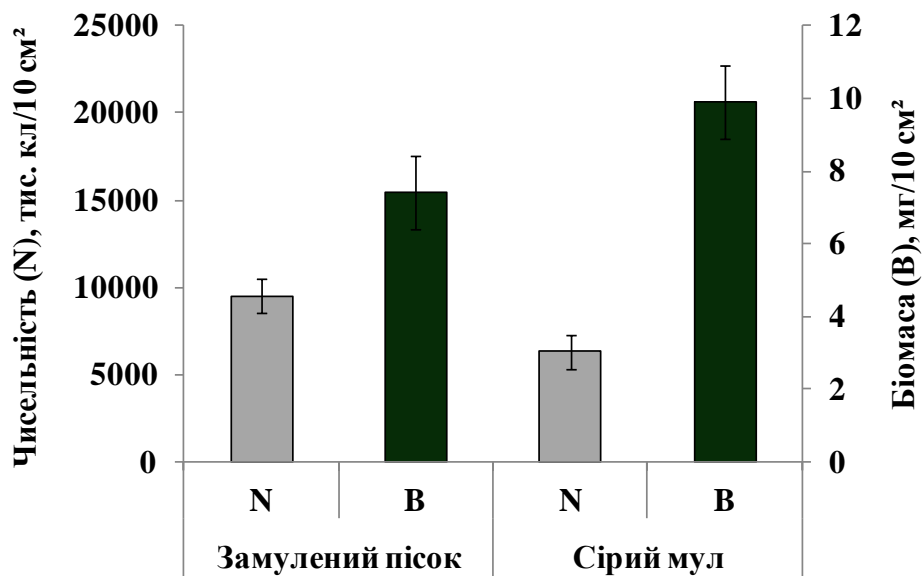


Рис. 5.1.4. Чисельність і біомаса фітомікробентосу затоки Бистрий Кут на різних типах ґрунту

На замулених пісках за чисельністю переважали синьозелені водорості з роду *Oscillatoria*. На сірих мулах домінували діатомові з родів *Melosira* Ag., *Cyclotella*, *Stephanodiscus*. Збільшення біомаси фітомікробентосу на сірих мулах було обумовлено домінуванням діатомових водоростей з родів *Cyatopleura*, *Nitzschia*, *Surirella*, *Stephanodiscus*; синьозелених – *Oscillatoria*; динофітових – *Peridinium*. На замулених пісках в фітомікробентосі за біомасою переважали діатомові водорості з родів *Melosira*, *Gyrosigma*, *Stephanodiscus*, *Surirella* [80].

Згідно класифікації та оцінки водних екосистем за гідробіологічними категоріями – чисельності та біомаси фітомікробентосу, рівень розвитку бентосних мікроводоростей затоки Бистрий Кут вищий за середній (ев-політрофна зона) [105].

Отже, в прісноводній затоці Бистрий Кут в 2010–2012 рр. визначено декілька піків розвитку кількісних показників фітомікробентосу, які різнилися за структурою домінуючого комплексу – в основному, літній, та дещо менше – осінній. Фрагментарні дані отримані в 2013 році, в цілому, підтверджували дану закономірність – максимальні кількісні показники простежувались влітку. Чисельність фітомікробентосу водойми формували синьозелені та діатомові, біомасу – синьозелені, діатомові, зелені та динофітові водорості.

Максимальні кількісні показники розвитку донних водоростей визначались в 2010 р., мінімальні – в 2012 р. Зниження чисельності фітомікробентосу відбувалось за рахунок зменшення вегетації синьозелених водоростей, в той же час, ріст біомаси обумовлював розвиток динофітових. Високі кількісні показники розвитку фітомікробентосу в 2010 році, вірогідно, обумовлювало надходження організмів з рукавів дельти – Восточного та Бистрого.

Чисельність та біомаса фітомікробентосу змінювались з мінімальних величин на замулених пісках і до максимальних показників – на сірих мулах.

Рівень розвитку бентосних мікроводоростей затоки Бистрий Кут за показниками чисельності та біомаси – вищий за середній, який відповідає ев-політрофній зоні.

## **5.2. Затока Потапів Кут**

Встановлено, що фітомікробентос затоки Потапів Кут був представлений 122 видами, що налічували 131 в. в. т. водоростей, які належали до 57 родів, 19 порядків, 9 класів, 5 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta).



Аналіз сезонної динаміки показав, що максимум розвитку фітомікробентосу в затоці впродовж 2010–2012 рр. як за чисельністю, так і за біомасою припадав на весну та літо, з подальшим скороченням кількісних показників розвитку восени [80] (рис.5.2.1).

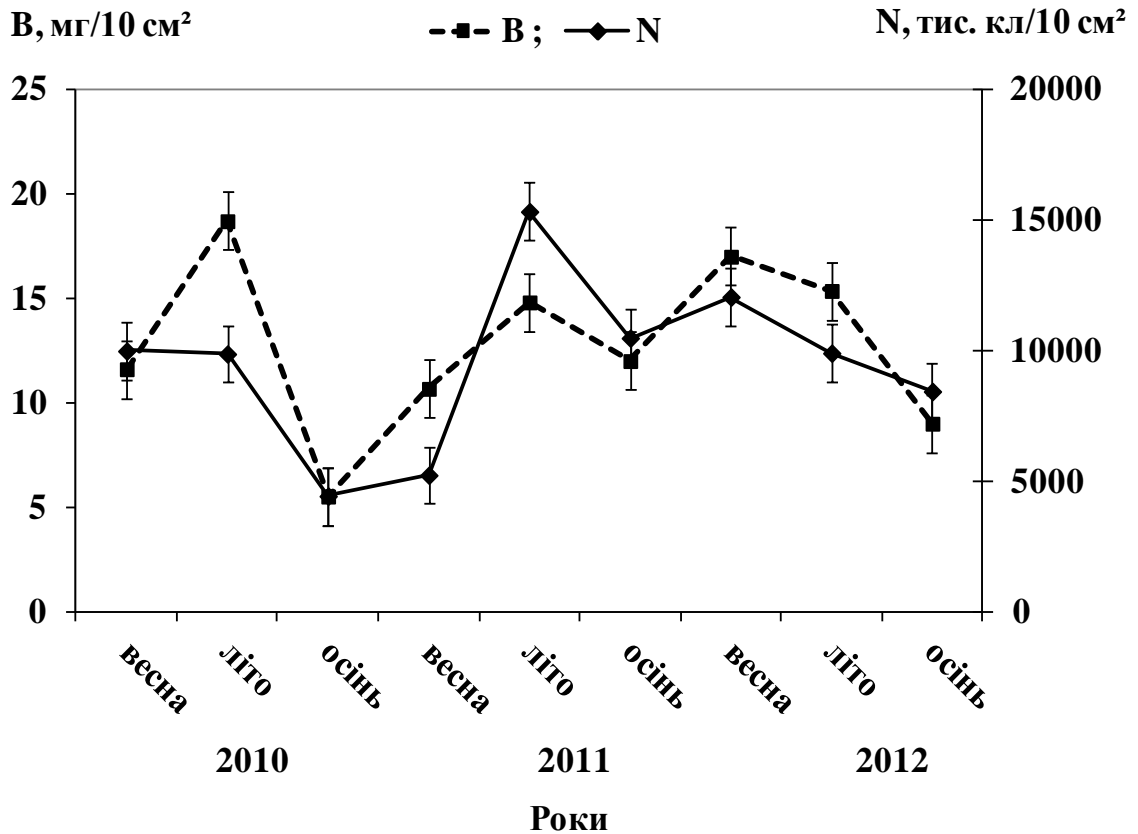


Рис.5.2.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу затоки Потапів Кут

Величина чисельності, яку визначали Cyanophyta (представники роду *Oscillatoria*) та Bacillariophyta (*Cyclotella*, *Diatoma*, *Fragilaria* Lingb., *Fragillariforma* (Ralfs) Will. et Round, *Navicula*), коливалася в межах 5225–15324 тис. кл./10см², з середнім значенням –  $9522 \pm 1087$  тис. кл./10см². За біомасою домінували представники родів *Diatoma*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Surirella* та *Cosmarium* Corda ex Ralfs [80]. Межі коливань біомаси складали 5,51–15,36 мг/10см², з середнім значенням –  $12,74 \pm 2,24$  мг/10см² (5.2.2).

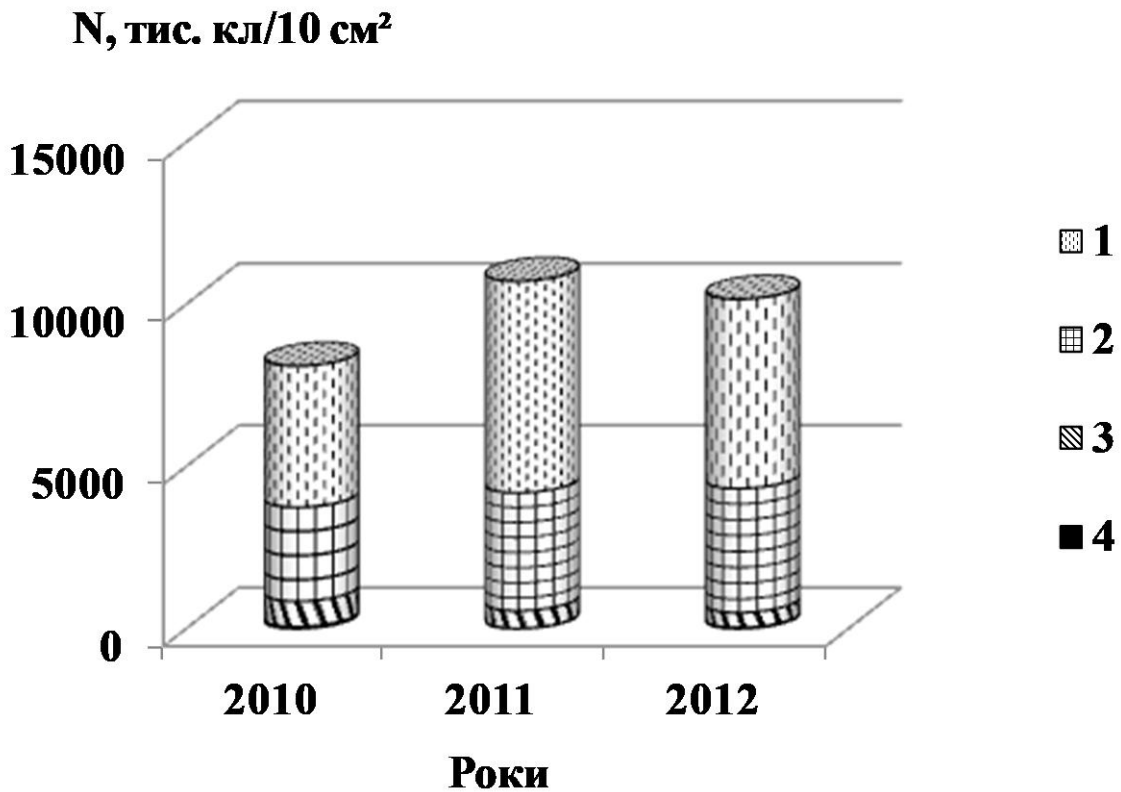


Рис. 5.2.2. Динаміка чисельності основних таксономічних груп фітомікробентосу затоки Потапів Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Встановлені відмінності в формуванні структури кількісних показників донних водоростей. Так, в 2010 році за чисельністю переважали *O. tenuis*, *C. kuetzingiana*, *N. paleacea*, біомасу визначали *O. tenuis*, *Gomphonema gracile* Ehr., *N. cryptocephala*, *P. gibba*.

Весною 2011 року в фітомікробентосі домінуючим видом як за чисельністю, так і за біомасою виступала *D. vulgare*. До неї за чисельністю приєдналися представники роду *Oscillatoria* [80].

В домінуючий комплекс видів фітомікробентосу влітку 2011 року увійшли зелені водорості – *Cosmarium botrytis* Menegh., та крупноклітинні діатомові з родів *Surirella*, *Gyrosigma*, *Diatoma*, що викликало зростання біомаси. Ріст чисельності в літній період обумовлено активною вегетацією Cyanophyta (*O. agardhii*, *O. amphibia*, *O. limnetica*, *O. tenuis*) [80] (рис. 5.2.3).

В осінньому фітомікробентосі 2011 року переважали представники родів *Oscillatoria*, *Fragilaria* (чисельність), *Surirella* (біомаса).

В 2012 році роль Bacillariophyta в біомасі донних водоростей зросла за рахунок домінування таких видів, як *G. olivaceum*, *G. gracile*, *G. acuminatum*, *P. gibba*. Проте, доля Суанорphyта та Chlorophyta в біомасі знизилась. В той же час, чисельність визначали представники Суанорphyта.

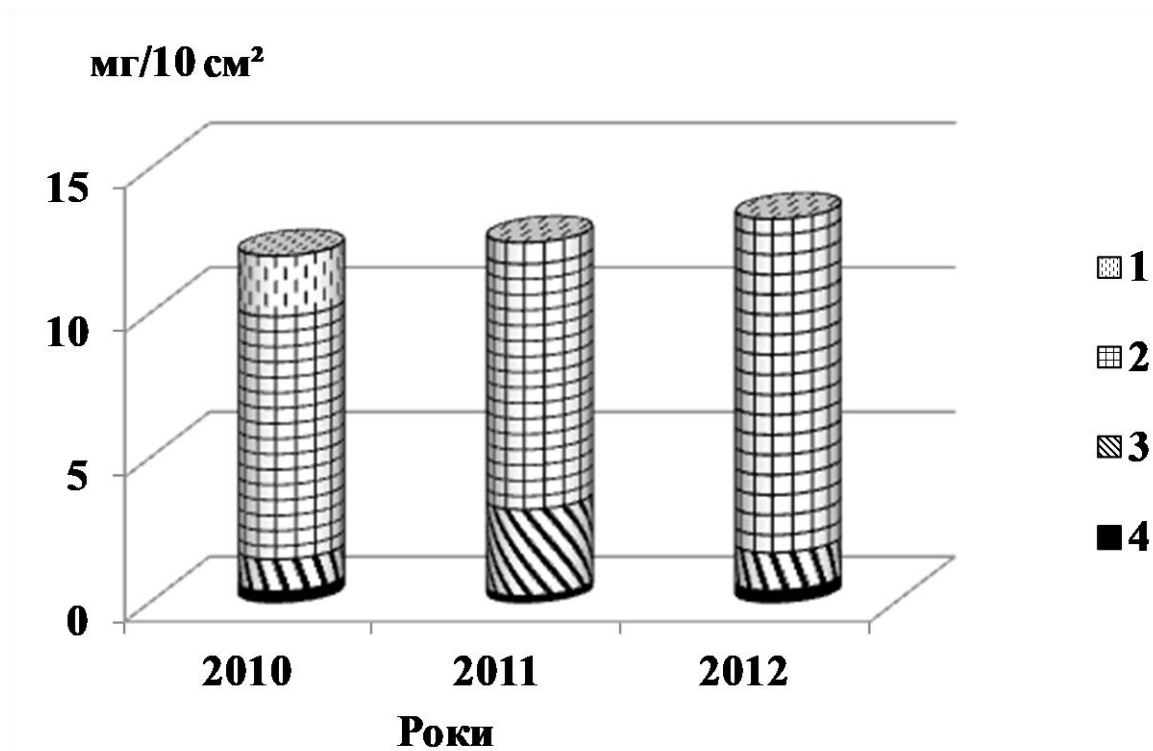


Рис.5.2.3. Динаміка біомаси основних таксономічних груп фітомікробентосу затоки Потапів Кут: 1 – Суанорphyта; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

В затоці Потапів Кут склалися сприятливі умови для вегетації фітомікробентосу, що було обумовлено частковою ізоляцією від моря та рукавів, оптимальними температурами води, доступними біогенними речовинами, які притаманні чорним, детритним мулам. Це пояснює те, що чисельність та біомаса донних водоростей були високими, визначались сезонні зміни домінуючих комплексів; значних міжрічних коливань кількісних показників фітомікробентосу не спостерігалось [80].

Рівень розвитку фітомікробентосу затоки Потапів Кут за показниками чисельності та біомаси, згідно класифікації [105], визначався як вищий за середній, що відповідає ев-політрофній зоні.

Отже, в затоці Потапів Кут простежувались весняний та літній піки вегетації донних водоростей. Чисельність фітомікробентосу формували синьозелені та діатомові водорості, тоді як біомасу визначали діатомові, синьозелені, зелені та дінофітові. Роль інших систематичних відділів в кількісному різноманітті бентосних водоростей була незначною. Значних коливань чисельності та біомаси донних водоростей впродовж 2010–2012 рр. не спостерігалось, проте чисельність дещо вищою була в 2011 році. Рівень розвитку фітомікробентосу в затоці Потапів Кут за кількісними показниками був вищий за середній та відповідав ев-політрофній зоні.

### **5.3. Озеро Ананькін Кут**

За період досліджень, в фітомікробентосі озера Ананькін Кут виявлено 169 видів, представлених 185 в. в. т. водоростей, які відносились до 66 родів, 23 порядків, 12 класів, 8 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta).

Максимального розвитку як за чисельністю, так і за біомасою фітомікробентос озера Ананькін Кут впродовж 2010–2012 рр. досягав у весняний та літній періоди, восени кількісні показники зменшувались [80] (рис.5.3.1).

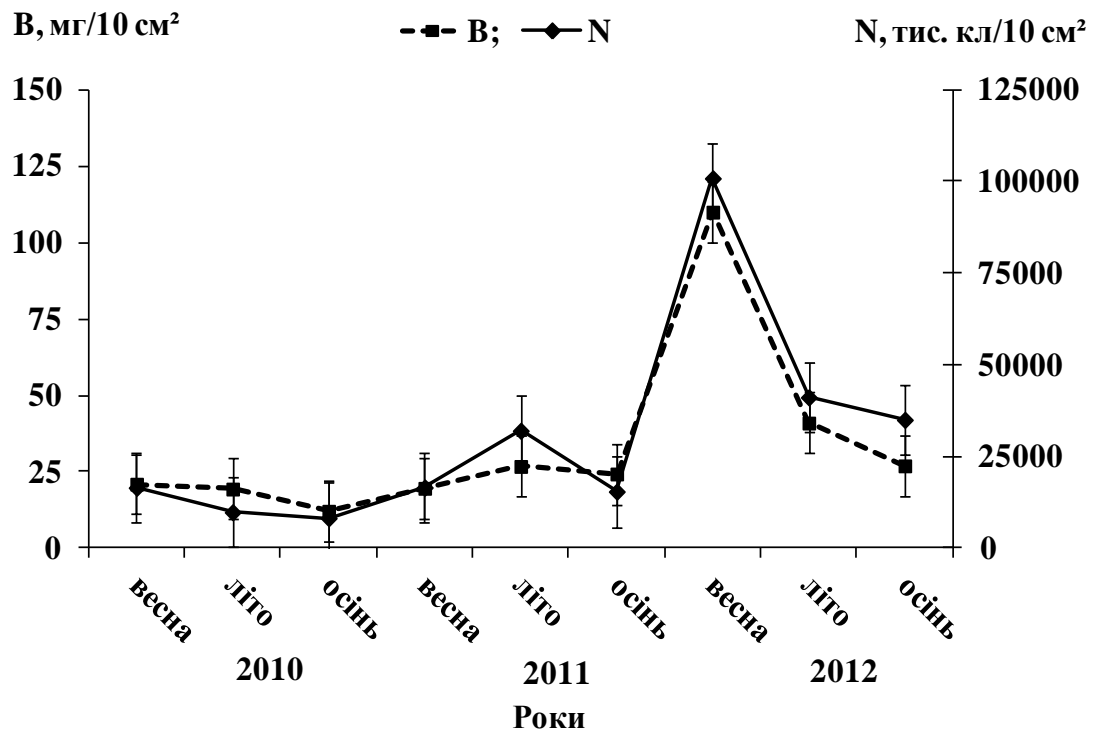


Рис.5.3.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу озера Ананькін Кут.

Сезонна динаміка біомаси фітомікробентосу, в основному, відповідала чисельності. Проте, весною 2013 року простежувалось зниження чисельності, при цьому, біомаса зростала.

Чисельність фітомікробентосу, яка коливалась у межах 8241–100870 тис.кл./10см<sup>2</sup>, при середньому значенні  $28729 \pm 5631$  тис. кл./10см<sup>2</sup>, визначали синьозелені (*O. amphibia*, *O. pseudogeminata* G. Schmid.), діатомові (*C. kuetzingiana*, *F. virescens*, *S. hantzschii*) та зелені водорості (*D. communis*, *Pediastrum duplex* Meyen.) (рис.5.3.2). Навесні 2012 року спостерігався масовий розвиток в фітомікробентосі синьозелених (*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Gréb., *Aphanizomenon flos-aquae*) водоростей, що викликало зростання чисельності та «цвітіння води». Планктонні синьозелені водорості зимують в бентосі у формі вегетативних колоній. Тривале перебування в донних відкладеннях, при низьких температурах, не пригнічує життєдіяльності водоростей. В цих умовах клітини здатні до поділу та зберігають спроможність

до фотосинтезу [87, 151]. При весняному підігріві водних мас та сприятливих умовах синьозелені водорості легко переходять до планктонного існування. [25, 138]. Епізодична масова концентрація синьозелених водоростей в бентосі водойми навесні, вірогідно, була пов'язана зі зниженням температури води внаслідок дощів [48, 114, 160], в результаті чого, процес спливання організмів розтягнувся у часі.

Влітку 2012 року кількість синьозелених знизилась, що вплинуло на чисельність, яка зменшилася. Проте, збільшилась доля зелених водоростей.

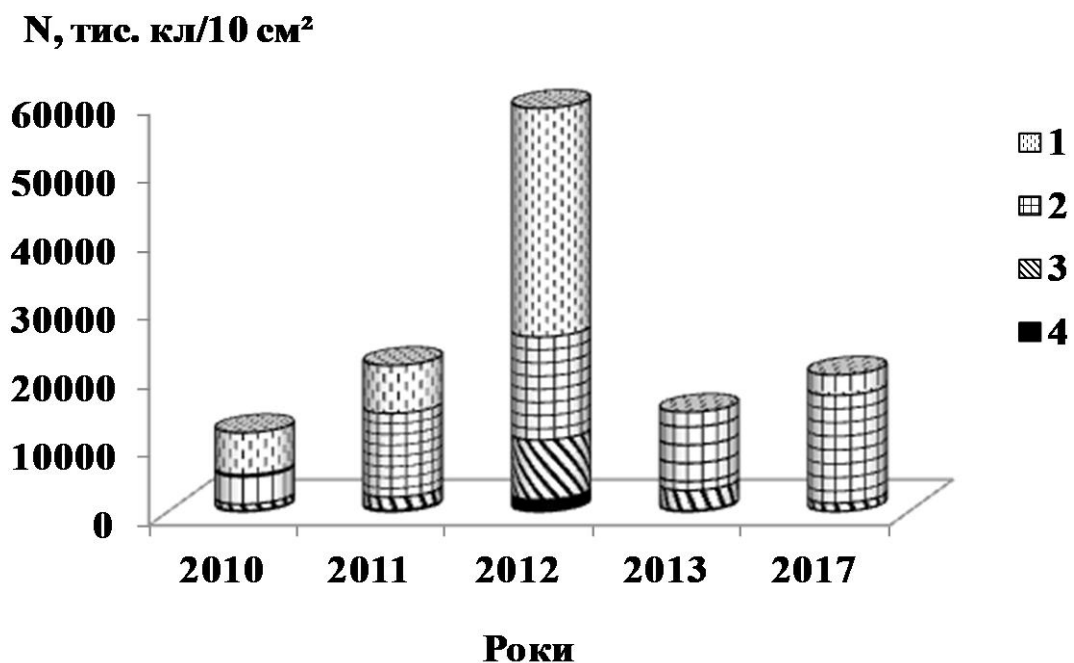


Рис.5.3.2. Динаміка чисельності основних таксономічних груп фітомікробентосу озера Ананькін Кут (2010–2013 рр.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

У формуванні біомаси фітомікробентосу пріоритетну роль відігравали дрібноклітинні та крупноклітинні діатомові водорості (*C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, *F. virescens*, *Pinnularia major* (Kütz.) Rabenh., *Surirella capronii* Bréb.in Kit., *S. elegans*, *S. robusta*, *S. tenera*, *S. bifrons* Ehr., з межами коливань 12,15–114,67 мг/10см<sup>2</sup>, та при середньому значенні – 31,70±10,38 мг/10см<sup>2</sup> [80] (рис. 5.3.3).

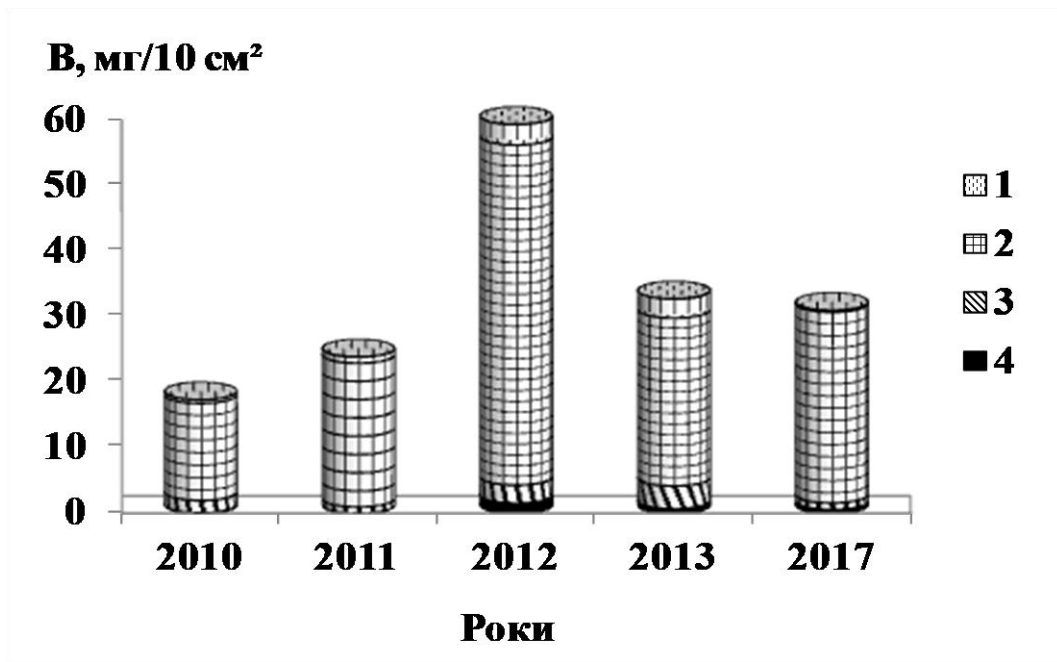


Рис.5.3.3. Динаміка біомаси основних таксономічних груп фітомікробентосу озера Ананькін Кут. (2010–2013 рр.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Вважаємо, що значні відмінності в розмірно-морфологічних показниках, коли фітомікробентос представлений як дрібноклітинними, так і крупноклітинними формами, є важливою адаптаційною здатністю угруповань донних водоростей до вегетації в даних умовах.

Треба зауважити, що впродовж 2010–2011 рр. відбувається поступове зростання кількісних показників фітомікробентосу, які в 2012 році досягають максимальних величин (рис. 5.3.4). В подальшому, біомаса дещо знижується, проте, в 2013 та 2017 роках залишається на високому рівні, на відміну від чисельності донних водоростей, яка в даний період має мінімальні показники.

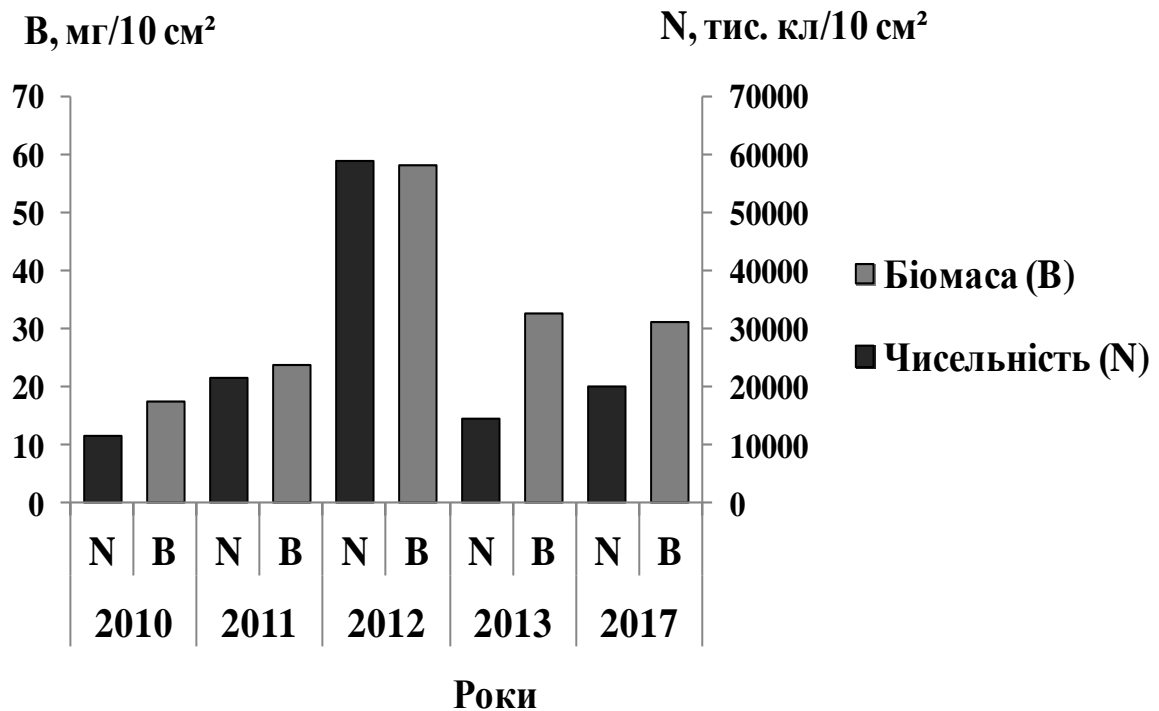


Рис.5.3.4. Багаторічна динаміка кількісного розвитку фітомікробентосу озера Ананькін Кут (2010–2013 рр.; 2017 р.): 1 – чисельність; 2 – біомаса.

Рівень розвитку фітомікробентосу затоки Ананькін Кут в 2010–2011 рр., та 2013 р. і 2017 р. за показниками біомаси визначався як високий, що відповідає політрофній зоні. Виключення мав кількісний розвиток донних водоростей в 2012 році, який досягав, дуже високого рівня за рахунок масової вегетації синьозелених водоростей та крупноклітинних форм діатомових, тому досягав категорії трофності – полі-гіпертрофна зона [105].

Отже, проведений аналіз кількісного розвитку донних мікробентосів озера Ананькін Кут в багаторічному аспекті показав, що на зростання чисельності вплинув масовий розвиток синьозелених водоростей, важливу роль відігравали, також, і зелені. На відміну від чисельності, біомаса залежала від перебудови домінуючих комплексів діатомових водоростей, поступове підвищення якої може бути відгуком донних водоростей на зміни умов їх існування. Рівень розвитку фітомікробентосу за кількісними показниками характеризувався, як високий (політрофна зона) та дуже високий (полі-гіпертрофна зона).



#### 5.4. Порівняльний аналіз різноманіття фітомікробентосу прісноводних заток КДД.

Аналіз видового багатства фітомікробентосу прісноводних водойм показав, що найбільшу кількість в. в. т. водоростей виявлено в озері Ананькін Кут, найменшу – в затоці Потапів Кут, про що свідчать дані, приведені на (рис. 5.4.1).

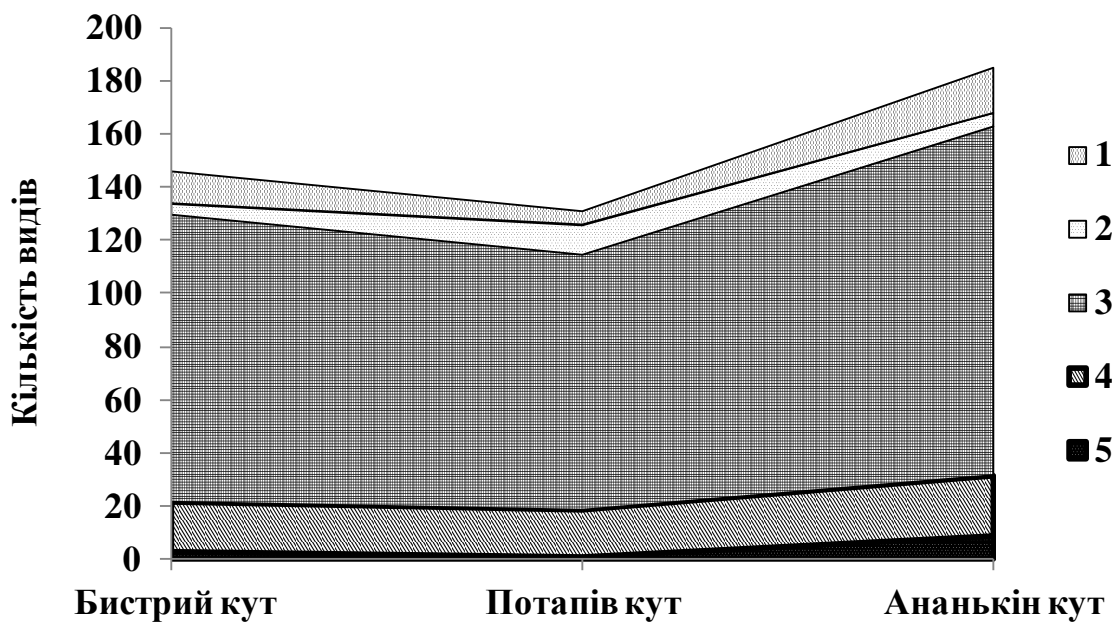


Рис. 5.4.1. Видове багатство водоростей основних систематичних відділів фітомікробентосу прісноводних водойм КДД: 1 – Cyanophyta; 2 – Euglenophyta; 3 – Bacillariophyta; 4 – Chlorophyta; 5 – інші.

При цьому, провідна роль належала представникам Bacillariophyta, а в якості субдомінанта були зареєстровані Cyanophyta.

Для кількісних показників, максимальні чисельність і біомаса фітомікробентосу спостерігались в озері Ананькін Кут, мінімальні – в затоці Бистрий Кут [80] (рис. 5.4.2).

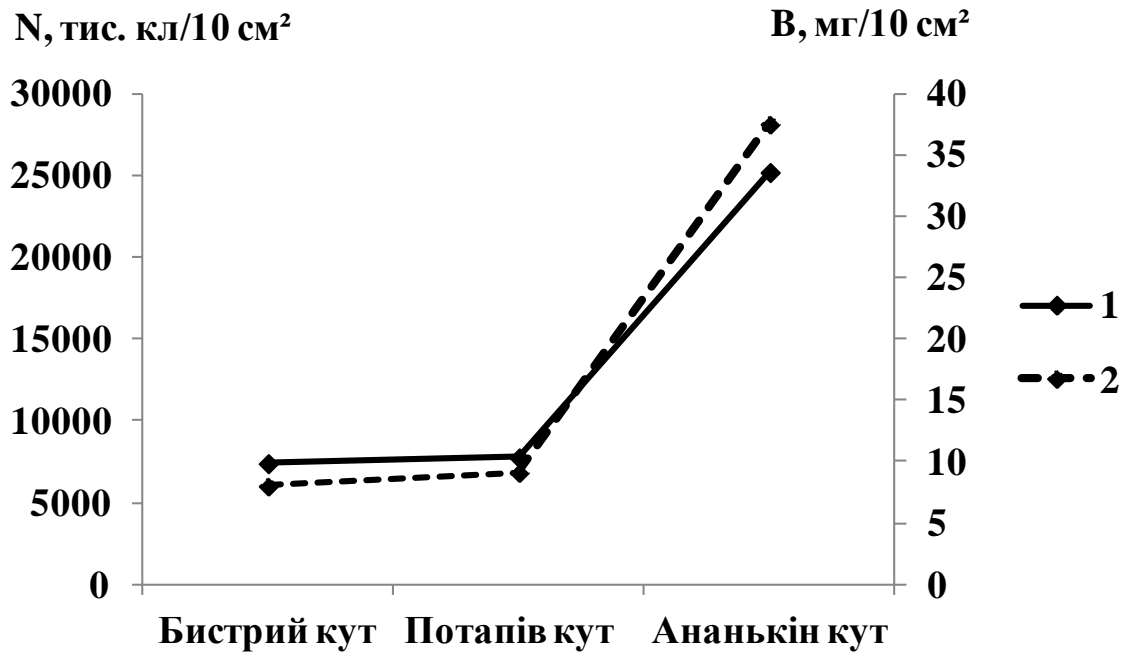


Рис. 5.4.2. Показники чисельності (1) та біомаси (2) фітомікробентосу прісноводних водойм КДД.

Важливою ознакою, притаманною фітомікробентосу прісноводних заток, як за чисельністю так і за біомасою, є полідомінантна структура домінуючого комплексу.

Так, домінантами в даних водоймах за біомасою виступали *F. virescens*, *Fragilaria tenera* (W. Sm.) L.-B., *S. tenera*, *P. major*, *M. varians*, *S. hantzschii*, *Cosmarium contractum* Kirchn., в той же час, за чисельністю – *F. virescens*, *O. tenuis*, *O. agardhii*, *O. amphibia*, *O. ucrainica* та ін.

Встановлені широкі коливання інформаційного індексу різноманіття Шеннона (рис. 5.4.3, а, б) за чисельністю і біомасою фітомікробентосу в прісноводних затоках свідчать про перехід від монодомінантної структури фітомікробентосу до полідомінантної і навпаки.

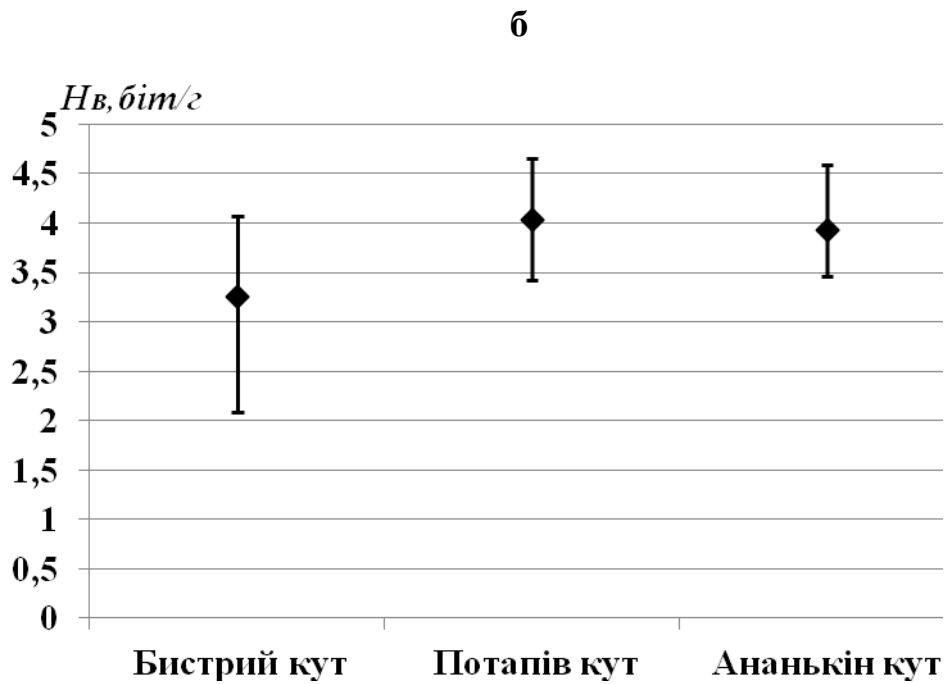
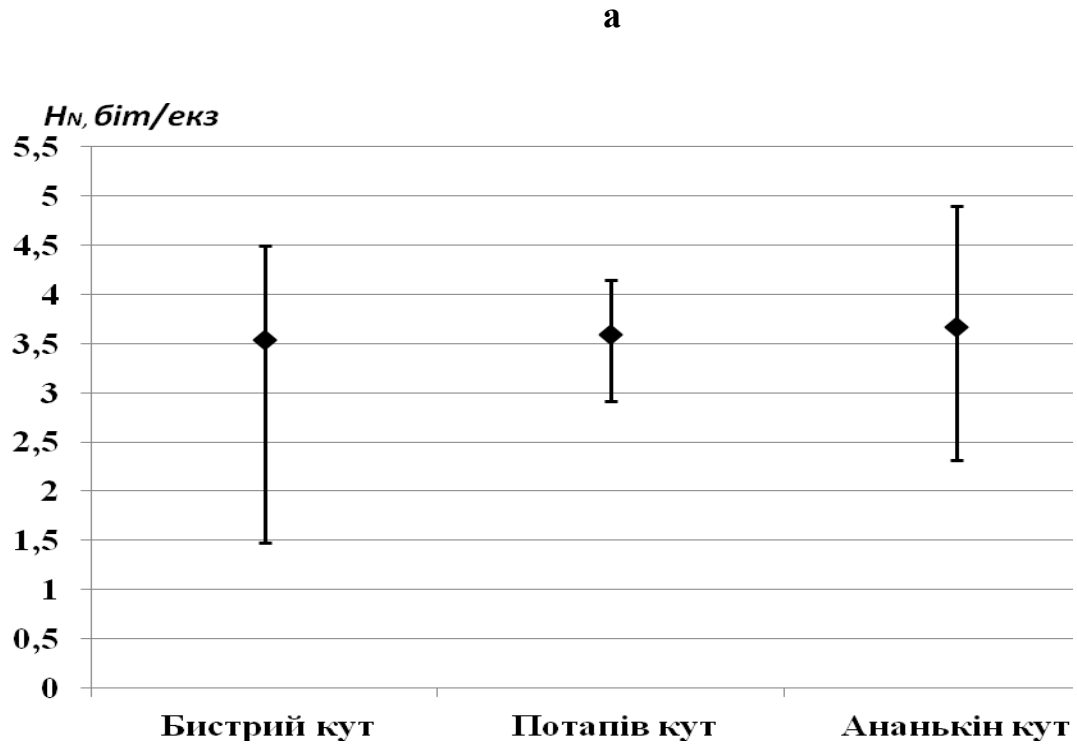


Рис.5.4.3. Коливання індексу Шеннона за чисельністю (а) та біомасою (б) фітомікробентосу прісноводних заток.

Відповідно, можна констатувати, що зростання індексу Шеннона, як за чисельністю так і біомасою є біотичним показником покращення екологічних

умов (температури води, світла, вмісту біогенних елементів), про що свідчать дані, приведені у відповідних підрозділах другого розділу.

При кластерному аналізі різноманіття фітомікробентосу за коефіцієнтом Серенсена встановлено, що затоки Бистрий та Потапів Кути дещо схожі за їх видовим складом ( $K_s=0,58$ ). Хоча в затоці Бистрий Кут видове багатство фітомікробентосу вище, ніж у затоці Потапів Кут – це пояснюється наявністю більшої кількості біотопів у Куті Бистрому [80] (рис. 5.4.4).

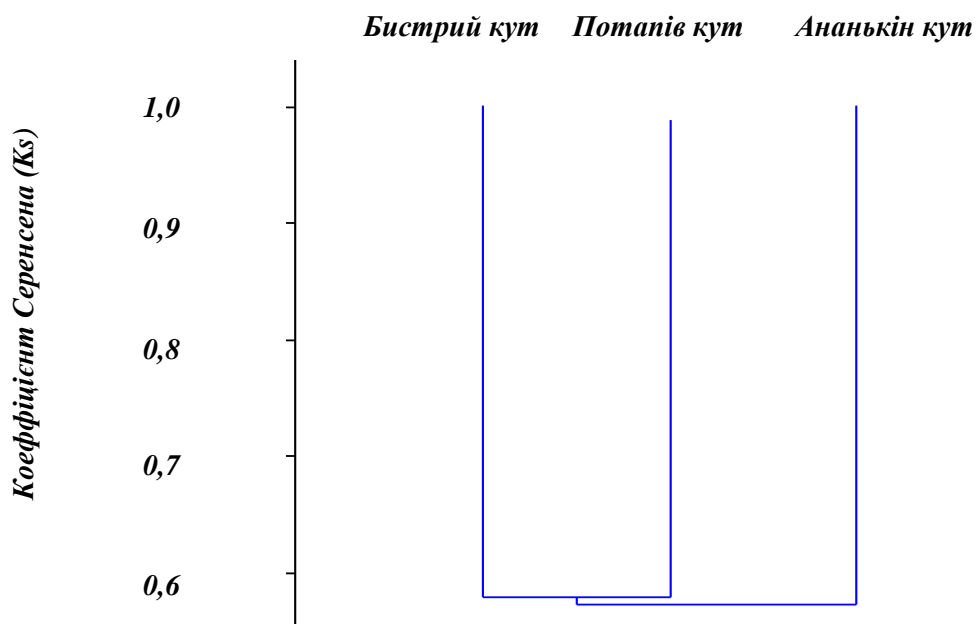


Рис.5.4.4 . Дендрограма подібності видового складу фітомікробентосу прісноводних водойм КДД

Детальний кластерний аналіз вказує на особливість та специфічність фітомікробентосу озера Ананькін Кут. У даній водоймі виявлені максимальні показники видового багатства, чисельності та біомаси фітомікробентосу. Це свідчить про те, що у водоймі склались найбільш сприятливі умови для розвитку донних водоростей. Водойма давно ізольована від моря та має потужні відкладення високопродуктивних чорних мулів, багатих на легкодоступні для фітомікробентосу біогени та інші необхідні речовини.

Виявлено, що при переході від одного типу донних відкладень до іншого спостерігались зміни в кількості видів, чисельності, біомасі та структурі домінуючого комплексу донних мікроводоростей. На замулених пісках за чисельністю домінували синьозелені водорості, за біомасою – діатомові. На сірих мулах чисельність визначали діатомові водорості, біомасу – синьозелені, діатомові, динофітові. На чорних мулах домінантами за чисельністю виступали синьозелені та діатомові водорості, за біомасою – діатомові та зелені [80, 231].

Отже, альгофлора прісноводних заток відрізняється високим таксономічним різноманіттям водоростевого комплексу. Аналіз якісних та кількісних показників мікроводоростей на дні, дозволив встановити залежність, що при збільшенні замулення донного субстрату та переході від замулених пісків до сірих та чорних мулів, кількість видів, чисельність та біомаса фітомікробентосу зростали. При цьому, чим водойма більш ізольована від моря, тим більше видове багатство, чисельність та біомаса фітомікробентосу. Отримані дані можуть бути використані для екологічного моніторингу стану різнотипних водних об'єктів КДД, оцінки їх біорізноманіття та біоресурсного потенціалу, у тому числі прогнозування його можливих змін.

## РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ СОЛОНУВАТОВОДНИХ ЗАТОК

Відомо [219, 231], що у солонуватоводних затоках КДД виділяються три зони солоних вод: 2–5‰; 6–9‰; 10–12‰<sup>4</sup>. Тому актуальною проблемою є – дослідження впливу різної солоності на інтенсивність розвитку донних мікробіот.

### 6.1. Затока Бадика Кут

У складі фітомікробентосу затоки Бадика Кут виявлено 184 види, представлених 194 в. в. т. водоростей, які відносилися до 78 родів, 28 порядків, 13 класів, 8 відділів. Діатомові водорості налічували 119 в. в. т (61%), зелені – 35 (18%), синьозелені – 18 (9%), евгленові – 13 (7%), динофітові, кріптофітові, золотисті, жовтозелені включали 1–4 таксони (1–2%) [219].

Морфометричної особливістю затоки Бадика Кут є те, що в ній утворилося п'ять відрогів. При цьому, по мірі віддалення від моря, солоність води у відрогам зменшувалася від 8,00‰ до 2,00‰, що супроводжувалося збільшенням видового багатства, чисельності і біомаси фітомікробентосу.

Встановлено, що мінімальна кількість в. в. т. донних мікробіот (28) спостерігалася в п'ятому та четвертому новоутворених (морських) відрогам, де солоність води коливалася від 6,00‰ до 8,00‰. Невисоким видове багатство фітомікробентосу було і в третьому відрозі (40), в якому солоність знижувалася до 5,00‰ [219].

Максимальна кількість в. в. т. фітомікробентосу (146) зазначалося у другому відрозі, при діапазоні значень 2,00–4,00‰. Трохи меншою кількістю в. в. т (106) відрізнявся перший відрог (вершина затоки), де солоність води змінювалася від 3,00 до 5,00‰ [219] (рис.6.1.1).

---

<sup>4</sup> Дані щодо значень солоності води люб'язно надані к. б. н., с. н. с. К. Є. Зоріною-Сахаровою

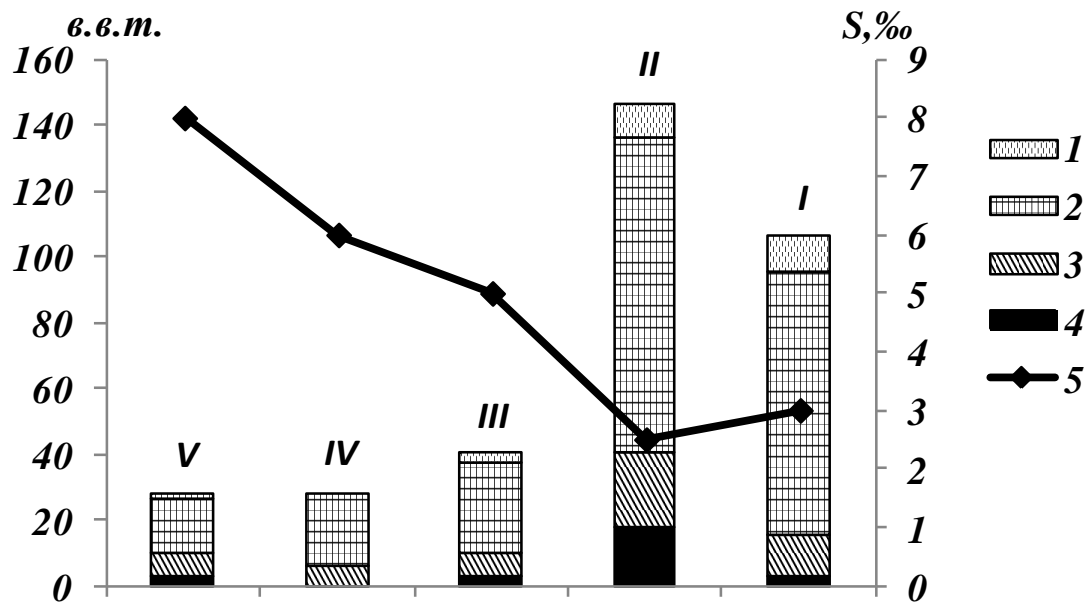


Рис. 6.1.1. Видове багатство основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Бадіка Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; I–V – відроги.

Чисельність фітомікробентосу, величини показників якої визначались синьозеленими, діатомовими та зеленими водоростями, змінювалася від мінімальних значень 1214,0 тис. кл/10см<sup>2</sup> (четвертий відрог) до максимальних – 22455,0 тис. кл/10см<sup>2</sup> (перший відрог) [219] (рис. 6.1.2).

На ділянках, прилеглих до моря (п'ятий та четвертий відроги), домінували діатомові з родів *Fragilariforma*, *Tryblionella* і синьозелені – *Oscillatoria*. У третьому відрозі пріоритетне становище займали синьозелені водорості (*Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *O. amphibia*, *Ph. tenue*), а також, *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemm. – представник зелених мікроводоростей.

При переході до середини і вершини затоки, паралельно зі зниженням солоності води, чисельність фітомікробентосу різко зростала за рахунок інтенсивної вегетації діатомових (*C. kuetzingiana*, *A. ovalis*, *P. viridis*) та синьозелених (*O. amphibia*, *O. agardhii*, *O. granulata* Gardner., *O. limnetica* Lemm., *O. tenuis*) водоростей.

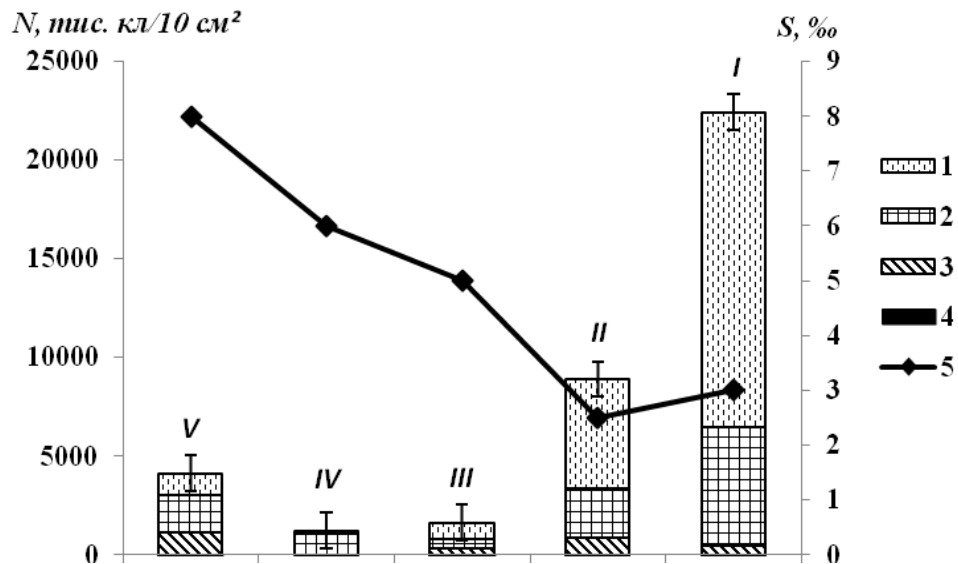


Рис. 6.1.2. Просторова динаміка чисельності основних відділів фітомікробентосу затоки Бадика Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; I–V – відроги.

У формуванні біомаси фітомікробентосу, мінімальні значення якої були відзначені в п'ятому відрозі (1,6 мг/10см<sup>2</sup>), максимальні – у першому (37,0 мг/10см<sup>2</sup>), пріоритетна роль належала діатомовим водоростям [219] (рис. 6.1.3).

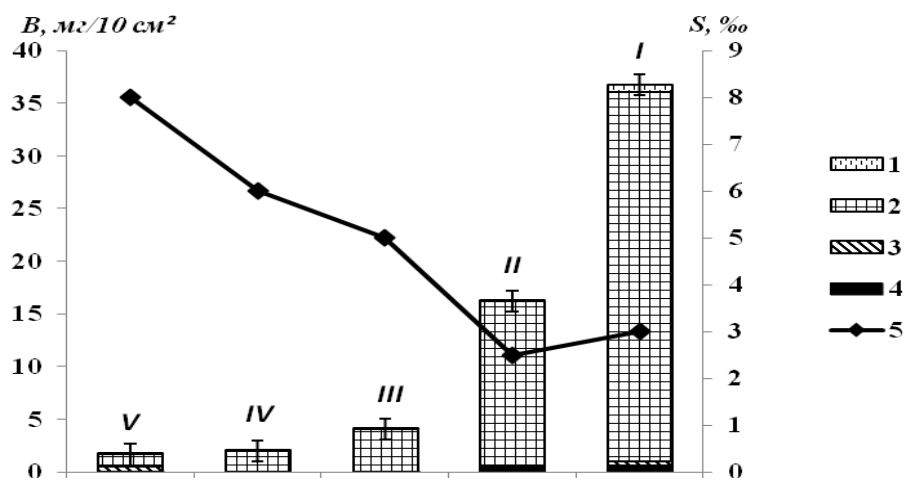


Рис. 6.1.3. Просторова динаміка біомаси основних відділів фітомікробентосу затоки Бадика Кут 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; I–V – відроги.



При переході від моря (п'ятий, четвертий, третій відроги) до середини водойми (другий відріг) спостерігалось поступове зростання біомаси фітомікробентосу, з середини до вершини – її подальше підвищення, за рахунок пріоритету крупноклітинних діатомових (*G. strigile*, *S. bifrons*, *P. lata*, *Tryblionella circumscuta* (Bail.) Ralfs in Prit.) [219].

Фітомікробентос затоки Бадика Кут характеризується досить високим інформаційним різноманіттям, про що свідчить високий показник індексу Шеннона. Спостерігалися широкі межі його коливань, як за чисельністю, так і за біомасою (2,81–3,95 біт/екз, 1,33–3,89 біт/г відповідно) при переході від монодомінантної структури фітомікробентосу (при солоності 6,00–8,00 ‰) до полідомінантної (2,00–5,00 ‰) і навпаки [219].

В затоці Бадика Кут виявлено 162 види-індикатора солоности води, що склало 83% від загальної кількості видів. До індіференів-олигогалобів увійшло 111 видів (69% від загальної кількості видів-індикаторів). З них найбільш масово були представлені *S. tenera*, *S. hantzschii*, *F. virescens*, *A. granulata*, *O. geminata* та ін. Зустрічались представники галофілів-олигогалобів (18%) та мезогалобів (12%): *C. amphisbaena*, *C. kuetzingiana*, *D. smithii*, *G. spenceri*, *G. strigile*, *Navicula elegans* W. Sm., *Tryblionella acuminata* W. Sm., *O. agardhii*, *O. amphibia*. У вершині затоки, при зниженні солоности до 2,00‰ та появі заростей вищої водної рослинності, були визначені 2 види-галофоби (*Navicula placenta* Ehr., *Neidium iridis* (Ehr.) Cl.) [219].

Таким чином, фітомікробентос затоки Бадика Кут має високу таксономічну та інформаційну різноманітність, яка збільшується по мірі зменшення солоности води від моря до вершини затоки. Це свідчить про високу чутливість донних мікроводоростей до зміни солоности води, найбільш оптимальними для них є її низькі значення. За кількісними показниками розвитку фітомікробентосу затока Бадика Кут відноситься до категорії трофності, вищої за середню (ев-політрофна зона) [105].

## 6.2. Затока Солоний Кут

За період досліджень у фітомікробентосі затоки Солоний Кут виявлено 113 видів, представлених 118 в. в. т. водоростей, які відносилися до 55 родів, 22 порядків, 11 класів, 8 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta).

За кількістю зареєстрованих в. в. т., домінували діатомові – 74, що склало 63%. Меншою кількістю таксонів були представлені зелені – 23 (20%), криптофітові – 8 (7%), синьозелені – 6 (5%); евгленові, золотисті, динофітові включали по 1–3 в. в. т. (1–3%), відповідно [219].

У затоці спостерігаються передумови часткової ізоляції від моря в результаті намивання приморської коси і мілководності [78]. Межі коливань солоності води по затоці становили 2,00–9,00‰. Було відзначено, що на виході до моря і центральній частині затоки, солоність води була аналогічною і змінювалась у широкому діапазоні, маючи як низькі, так і високі показники [219] (рис. 6.2.1).

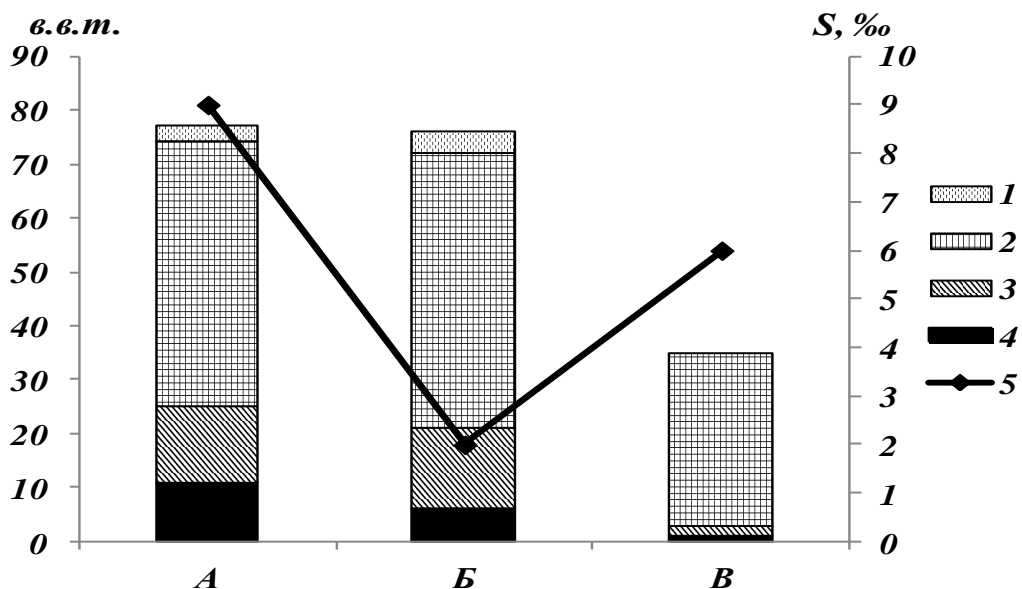


Рис. 6.2.1. Видове багатство основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Солоний Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; А – вихід до моря; Б – середина; В – вершина.

Кількість в. в. т. фітомікробентосу в даних місцях існування становило 77 і 76 таксонів відповідно. До вершини, де солоність води змінювалася у вузькому діапазоні (6,00–8,00‰) – видове багатство помітно знижувалося (35 в. в. т.).

На чисельність та біомасу фітомікробентосу затоки Солоний Кут так само вплинули різні значення солоності води. А саме, чисельність фітомікробентосу, формування якої визначали синьозелені, діатомові та зелені водорості, коливалася в широкому діапазоні значень: від мінімальних величин (1782,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>) на вершині при солоності 6,00‰, до максимальних (5880,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>) – в центральній частині затоки при солоності води 2,00‰ [219] (рис. 6.2.2). Висока чисельність фітомікробентосу (5365,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>) відзначалася і на виході до моря, де солоність води досягала 9,00‰.

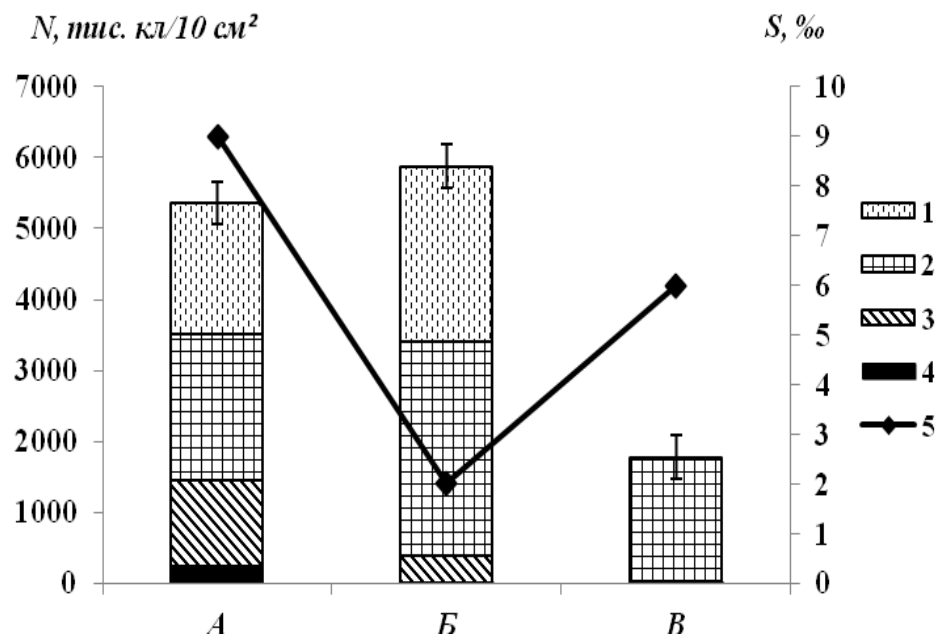


Рис. 6.2.2. Просторова динаміка чисельності основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Солоний Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; А – вихід до моря; Б – середина; В – вершина.

Серед домінуючих видів фітомікробентосу за чисельністю на виході до моря можна відмітити *M. minima*, *N. cryptocephala*, *N. capitata* var. *hungarica* (Grun.) Ross, *O. amphibia*, *D. pulchellum*, *M. contortum*. В центральній частині затоки представлені центричні дрібноклітинні діатомові *A. granulata*, крупноклітинні *T. hungarica*, *T. punctata* та *N. capitatoradiata*, а також, синьозелені *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk., *O. tenuis*, *Gomphosphaeria pusilla* (Van Goo) Kom., зелені – *Monoraphidium minutum* (Näg.) Kom. - Legn. in Fott. У верхній частині затоки, де в бентосі синьозелені водорості не зустрічалися, а зелені – в малій кількості, за чисельністю домінували перифітонні форми діатомових – *C. placentula*, *R. abbreviata* [219].

Біомаса фітомікробентосу коливалася у межах від 6,8 до 25,4 мг/10см<sup>2</sup>. Її формування визначали діатомові водорості, такі як *T. hungarica*, *T. punctata*, *T. victoriae*, *S. capronii* (вихід до моря), *T. circumscuta*, *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Cl., *G. strigile* (середина водойми), *P. major*, *G. attenuatum*, *T. punctata* (вершина водойми) [219].

Максимальна біомаса донних мікрководоростей відзначалася в центральній частині затоки при солоності води 2,00‰. При солоності 9,00‰ (вихід до моря) активно вегетували зелені та синьозелені водорості, що давало їм перевагу в чисельності при мінімальній біомасі фітомікробентосу. Переважали організми з малими індивідуальними об'ємами, які краще пристосовуються до нестабільних умов навколишнього водного середовища, в тому числі і до широких коливань солоності води (*M. minima*, *M. contortum*, *O. amphibia*), так як мали прості життєві цикли та високу швидкість розмноження [121]. У верхній частині затоки біомаса фітомікробентосу була не високою (рис. 6.2.3).

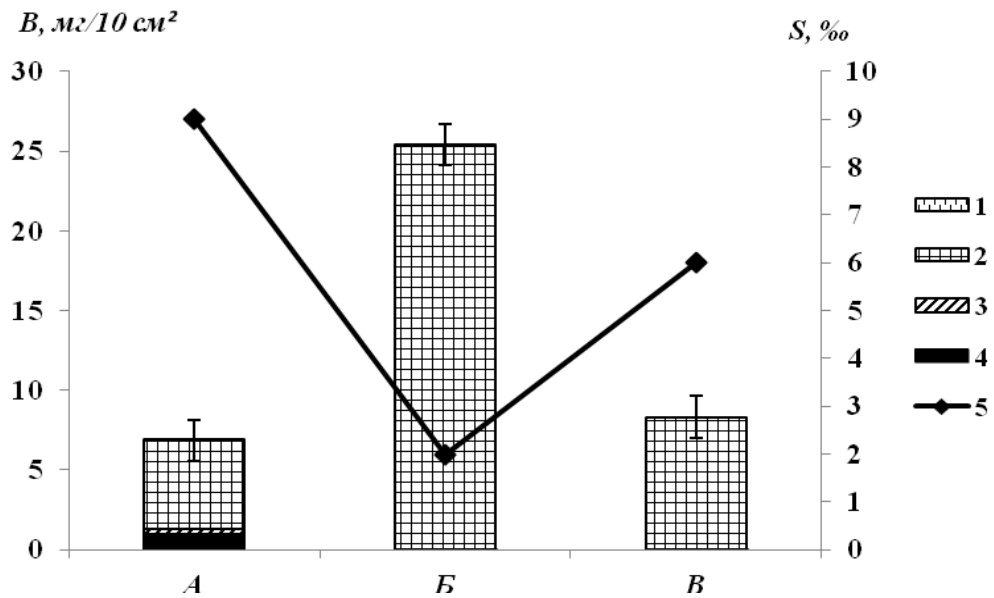
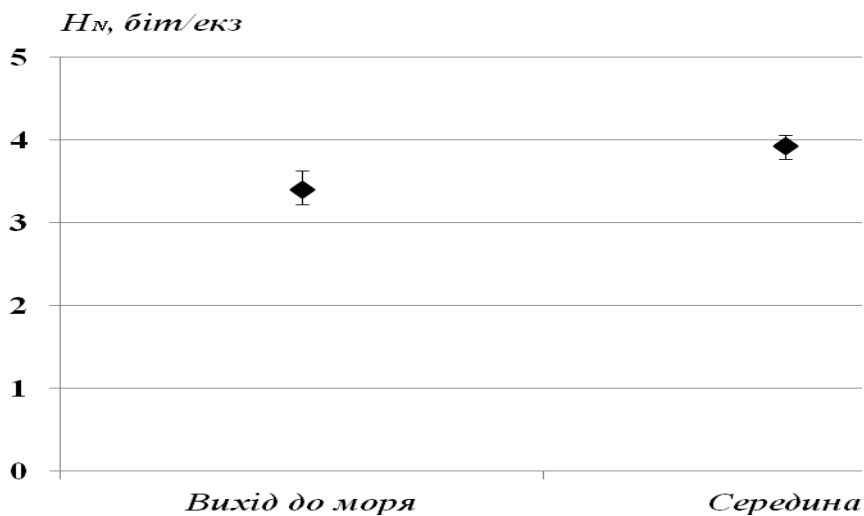


Рис. 6.2.3. Просторова динаміка біомаси основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Солоний Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води; А – вихід до моря; Б – середина; В – вершина.

Встановлено, що інформаційне різноманіття фітомікробентосу затоки Солоний Кут (індекс Шеннона) було достатньо високим як за чисельністю, так і за біомасою (3,22–3,77 біт/екз, 2,94–3,71 біт/г відповідно) (рис. 6.2.4, а; б).

а



## б

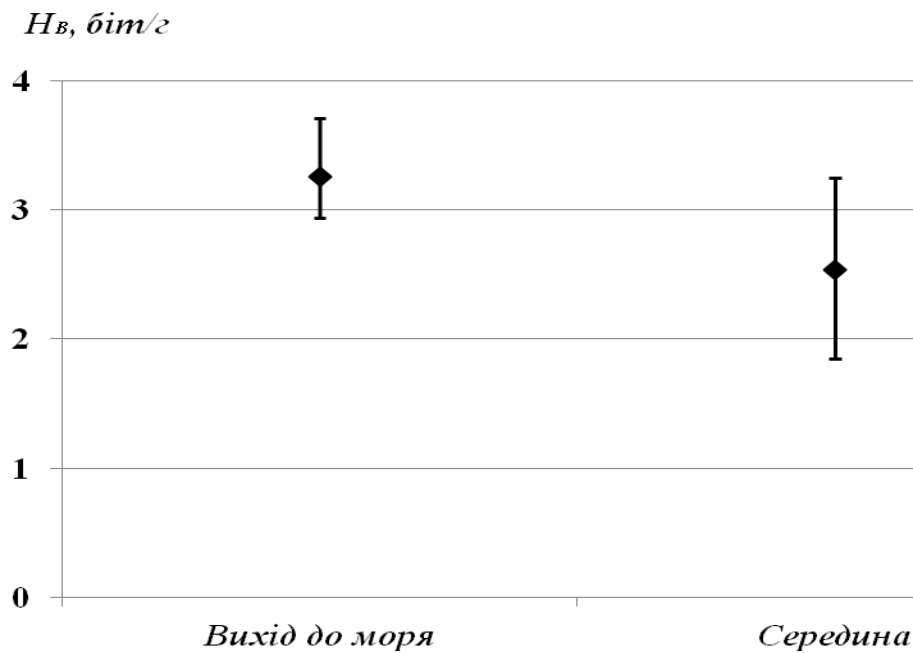


Рис.6.2.4. Коливання інформаційного індексу Шеннона за чисельністю (а) та біомасою (б) фітомікробентосу затоки Солоний Кут

Межі коливань інформаційного індексу різноманітття за біомасою свідчать про перехід від полідомінантної структури фітомікробентосу, яка спостерігається на виході до моря і середині затоки, до монодомінантної на вершині затоки. За показниками чисельності та біомаси фітомікробентосу затока Солоний Кут відноситься до категорії трофності, вищої за середню (ев-політрофна зона) [105].

У фітомікробентосі затоки Солоний Кут виявлено 95 видів-індикаторів солоності води, що склало 81% від загальної кількості видів: індиферентів – 66, галофілів – 17 та мезогалобів – 12. Зустрічалися солонуватоводні діатомові – *G. spenceri*, *G. strigile*, *M. juergensii*, *Nitzschia clauzii* Hant., *N. sigma*, *T. hungarica*, *T. circumscuta* та ін. У центральній частині затоки простежується значно більша кількість індиферентів-олігогалобів (*Ch. globosa*, *A. hantzschii*, *A. granulata*, *M. pulvereae*, *N. linearis*, *A. ovalis*, *M. arcuatum*, *N. cryptocephala* та ін.) ніж солонуватоводних форм. Це може бути відгуком донних

мікродоростей на зменшення солоності від 4,00‰ до 2,00‰ в центральній частині затоки [219].

Отже, в затоці Солоний Кут підвищення солоності води від 2,00‰ до 4,00‰ та від 8,00‰ до 9,00‰ дає ефект збільшення різноманітності донних мікродоростей, в той же час при солоності 6,00–8,00‰ спостерігається її падіння [219, 231]. Відповідно, цей діапазон солоності води не зовсім сприятливий для розвитку фітомікробентосу, незважаючи на їх адаптивні можливості, і згідно літературних напрацювань є критичним [169, 170, 214, 215]. Таким чином, перевагою для донних мікродоростей є більш низькі 2,00–4,00‰ та найбільш високі – 9,00‰ її показники.

Встановлені нами закономірності залежності вегетації фітомікробентосу від солоності води підтверджують літературні дані, отримані В. В. Хлебовичем, який сформулював основні положення теорії критичної солоності [169, 170]. Він вказував на критичний характер впливу соленосного діапазону 5–8‰ на біорізноманіття водної фауни. Дана солоність представляє собою універсальний бар'єр, при переході через який змінюється ряд істотних біологічних властивостей на різних рівнях біологічної інтеграції, і вона є верхньою межею поширення прісноводної фауни і нижньою межею поширення морської фауни, що пов'язано з так званим явищем «парадокса солонуватих вод» [169, 170]. Ця зона дотику морських та прісноводних форм організмів, в тому числі і мікродоростей, також є ядром солонуватих вод [1, 2, 7, 195, 229, 169].

### **6.3. Затока Шабош Кут**

За період досліджень, в фітомікробентосі затоки Шабош Кут виявлено 93 види, представлених 100 в. в. т. водоростей, які відносилися до 45 родів, 19 порядків, 9 класів, 6 відділів (Cyanophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta).

За кількістю зареєстрованих в. в. т., домінували діатомові – 73, що становило 73%. Меншою кількістю таксонів були представлені зелені – 19 (19%), синьозелені – 4 (4%), динофітові, кріптофітові, золотисті включали по 1–2 таксони (1–2%) [219].

Особливістю затоки Шабош Кут, де відбувається розмив берега та перевідкладення наносів, є те, що він найбільш відкритий впливу моря. Межі коливань солоності води в затоці становили 8,00–12,00‰.

Встановлено, що максимальні показники видового багатства спостерігалися в затоці на виході до моря (74 в. в. т.), при підвищенні солоності води від 10,00 до 12,00‰. У центральній частині затоки, де солоність води опускалася до 8,00‰, кількість видів була мінімальною (27 в. в. т.) (рис. 6.3.1). До вершини затоки, паралельно зі збільшенням солоності води до 10,00‰, кількість видів зростала (50 в. в. т.) [219].

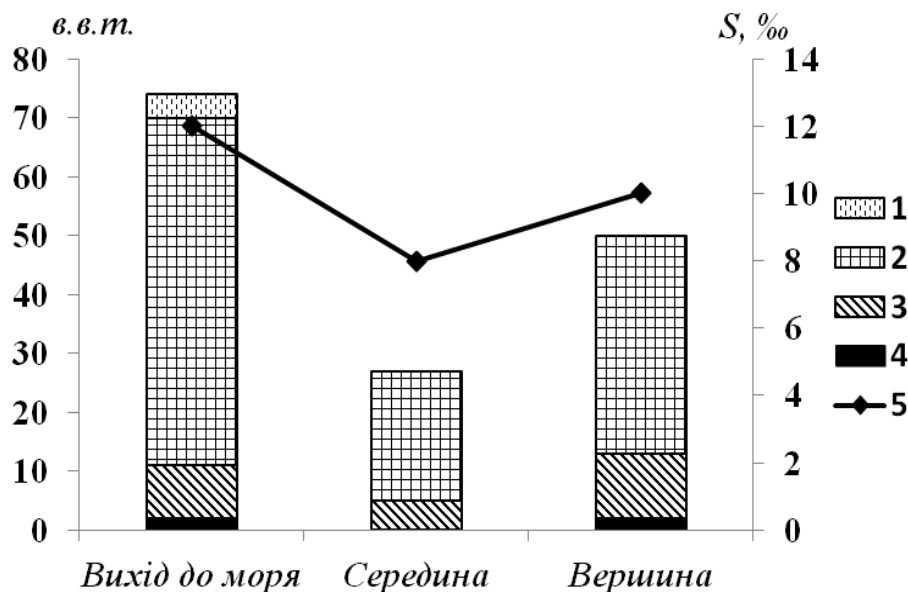


Рис. 6.3.1. Видове багатство основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Шабош Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води.

Встановлено, що максимальна чисельність фітомікробентосу (2225,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>) відзначалася на виході, в морській частині затоки, де



солоність води доходила до 12,00‰, за рахунок домінування діатомових, зелених і синьозелених водоростей родів *Aulacoseira* Thw., *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Oscillatoria*, *Schroederia* Lemm.. Мінімальна чисельність фітомікробентосу (773,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>) зафіксована в центральній частині затоки при солоності 8,00‰, де відбувалася суттєва перебудова структури домінуючого комплексу з переходом від полідомінантної до монодомінантної. З наближенням до вершини затоки Шабош Кут і при підвищенні солоності води до 10,00‰, збільшувалася і чисельність фітомікробентосу, середнє значення якої склало 1449,3 тис. кл/10см<sup>2</sup> [219] (рис. 6.3.2). На відміну від морської частини затоки, в центрі і на вершині синьозелені водорості не зустрічалися. У центральній частині затоки на дні спостерігалася вегетація мікроводоростей, що належали тільки до двох відділів – Bacillariophyta і Chlorophyta, де чисельність фітомікробентосу залежала від домінуючих дрібноклітинних і крупноклітинних діатомових (*S. hantzschii*, *G. spenceri*).

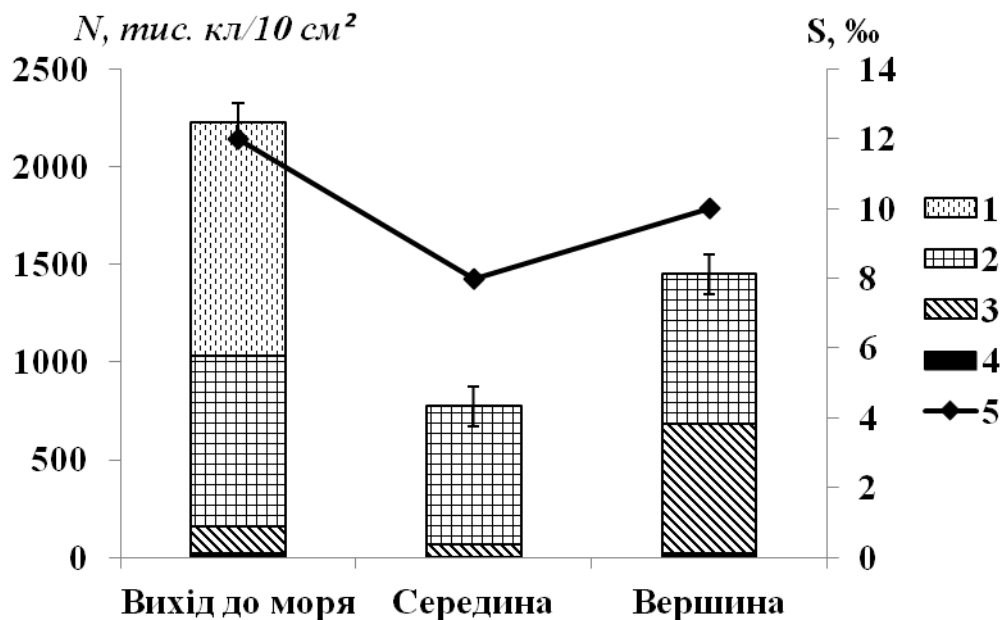


Рис. 6.3.2. Просторова динаміка чисельності основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Шабош Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води;

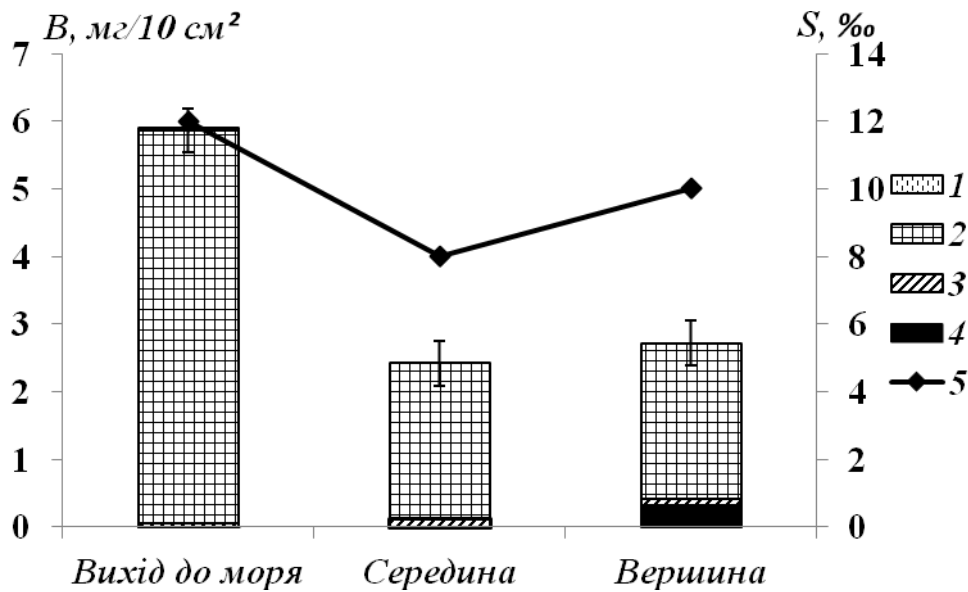


Рис. 6.3.3. Просторова динаміка біомаси основних систематичних відділів фітомікробентосу затоки Шабош Кут: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші; 5 – солоність води

У верхній частині затоки інтенсивно розвивалися діатомові та зелені водорості (*A. ovalis*, *N. recta*, *S. setigera*), що дозволило їм зайняти домінуючі позиції. Максимальна біомаса фітомікробентосу (6,02–15,81 мг/10см<sup>2</sup>) спостерігалася в затоці на виході до моря при солоності 10,00–12,00‰, в центральній частині – знижувалася (1,76–2,21 мг/10см<sup>2</sup>) при солоності – 8,00‰, і на такому ж низькому рівні залишалася у вершині (2,38–3,50 мг/10см<sup>2</sup>) при 10,00‰ [219] (рис. 6.3.3). Формування величин біомаси фітомікробентосу визначали діатомові водорості з родів *Gyrosigma*, *Tryblionella*, *Stephanodiscus*, *Melosira*, *Amphora*, у вершині затоки до них приєдналась динофітова водорість *P. cinctum*. Дана водорість є евригалобом, може вегетувати як у прісній, так і в морській воді, витримує широкий діапазон солоності води, навіть від 8‰ до 31‰ [40, 216]. *P. cinctum*, в основному, віддає перевагу чистим водам, в яких здатна масово розвиватися [75, 190], а саме, як було вказано вище – в затоці Шабош Кут вода належить до категорії «досить чиста» [105]. Така ситуація була не завжди, так у 50-і роки минулого століття особливо висока біомаса спостерігалася якраз в середній частині затоки Шабош Кут, де на чистоводді,

при солоності 10,00‰, тихій погоді і прозорій воді великого розвитку мали *T. circumscuta*, *M. juergensii*, біомаси яких досягали 7,15 і 3,60 мг/10см<sup>2</sup> відповідно, та інші великі діатомеї [31]. У сучасний період зазначені вище види діатомових водоростей, які є морськими формами, мезогалобами, що вегетують при високій солоності води [159], зустрічалися на виході до моря (12,00‰) і вершині затоки (10,00‰), досягаючи біомаси 7,13 і 0,05 мг/10см<sup>2</sup> відповідно.

Встановлено, що індекс Шеннону був досить високим, але спостерігалися незначні коливання, як за  $H_N$ , так і за  $H_B$  (3,25–3,40 біт/екз, 2,91–3,19 біт/г) – це свідчить про сприятливі умови (у першу чергу, сольового режиму) для розвитку фітомікробентосу.

У фітомікробентосі затоки Шабош Кут виявлено 80 видів-індикаторів солоності води, що склало 80% від загальної кількості в. в. т.: індиферентів-олігогалобів – 49 видів (61%), галофілів-олігогалобів – 15 (19%), мезогалобів – 16 (20%).

До складу домінуючих комплексів фітомікробентосу в затоці, поряд з прісноводними видами-індиферентами (*A. granulata*, *S. setigera*, *S. hantzschii*, *A. ovalis*, *N. recta*, *P. cinctum*), входили також солонуватоводні та морські форми – мезогалоби (*G. strigile*, *T. circumscuta*, *T. punctata*, *N. lorenziana*) [219].

Отже, діапазон солоності води в затоці Шабош Кут є вищим за критичний [169] (10,00‰–12,00‰), тому різноманіття фітомікробентосу у водоймі достатньо високе, де зустрічались наряду з евригалобами, солонуватоводні та морські форми водоростей.

Різноманітним, також, був склад домінуючих комплексів донних водоростей затоки. Домінантами завжди виступали діатомові водорості. Зміна їх біомаси обумовлювала динаміку загальної біомаси донних водоростевих угруповань. Чисельність фітомікробентосу залежала від вегетації синьозелених, діатомових та зелених водоростей.

Найбільші кількісні та якісні показники розвитку донних мікроводоростей затоки Шабош Кут спостерігались на виході до моря. При

подальшому переміщенні до центральної частини затоки відбувалось зменшення даних характеристик. А до вершини затоки вони знову підвищувались. Така динаміка розвитку фітомікробентосу та перебудова домінуючого комплексу видів свідчить про неоднорідність природних умов водної екосистеми.

#### 6.4. Загальна характеристика фітомікробентосу солонуватоводних заток

Проведений аналіз сезонної динаміки фітомікробентосу солонуватоводних водойм дельти визначив загальну закономірність, що максимальні показники видового складу, чисельності та біомаси реєструвались в весняний та літній періоди (рис. 6.4.1; 6.4.2; 6.4.3).

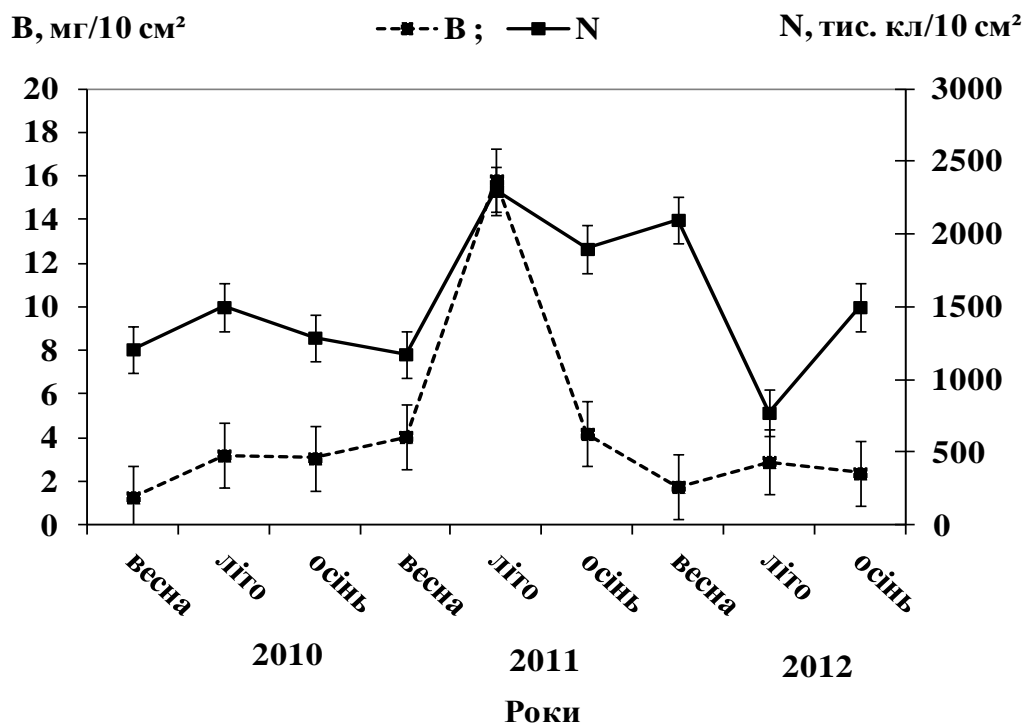


Рис. 6.4.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу солонуватоводної затоки Шабош Кут

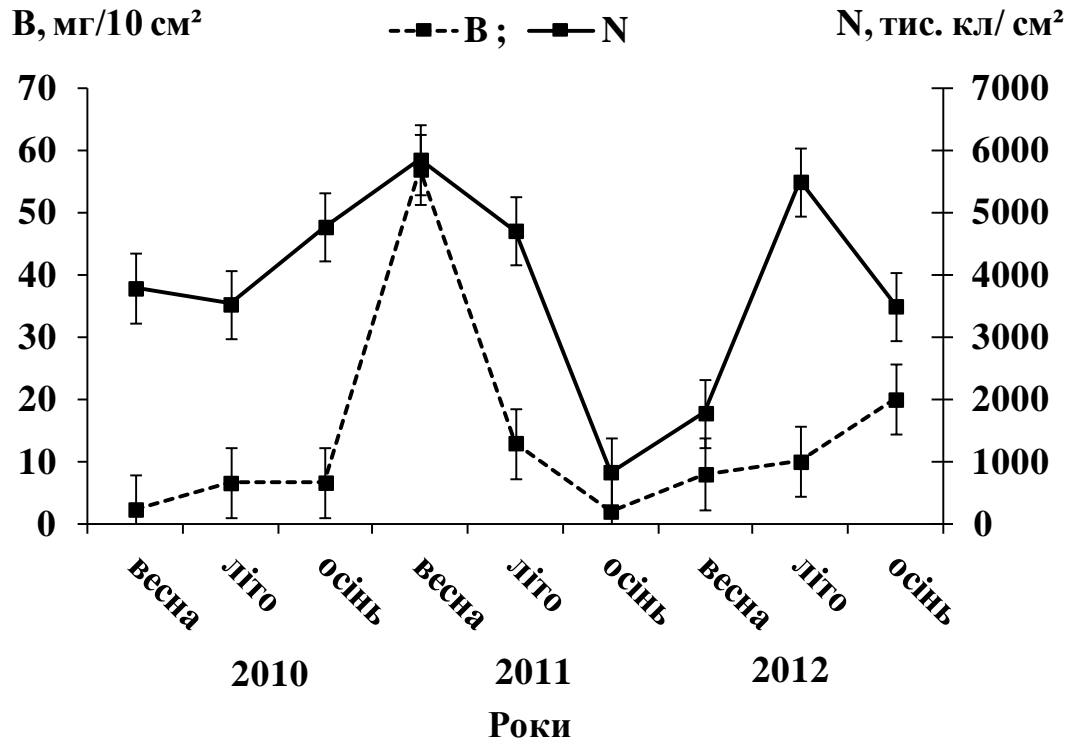


Рис. 6.4.2. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу солонуватоводної затоки Солоний Кут

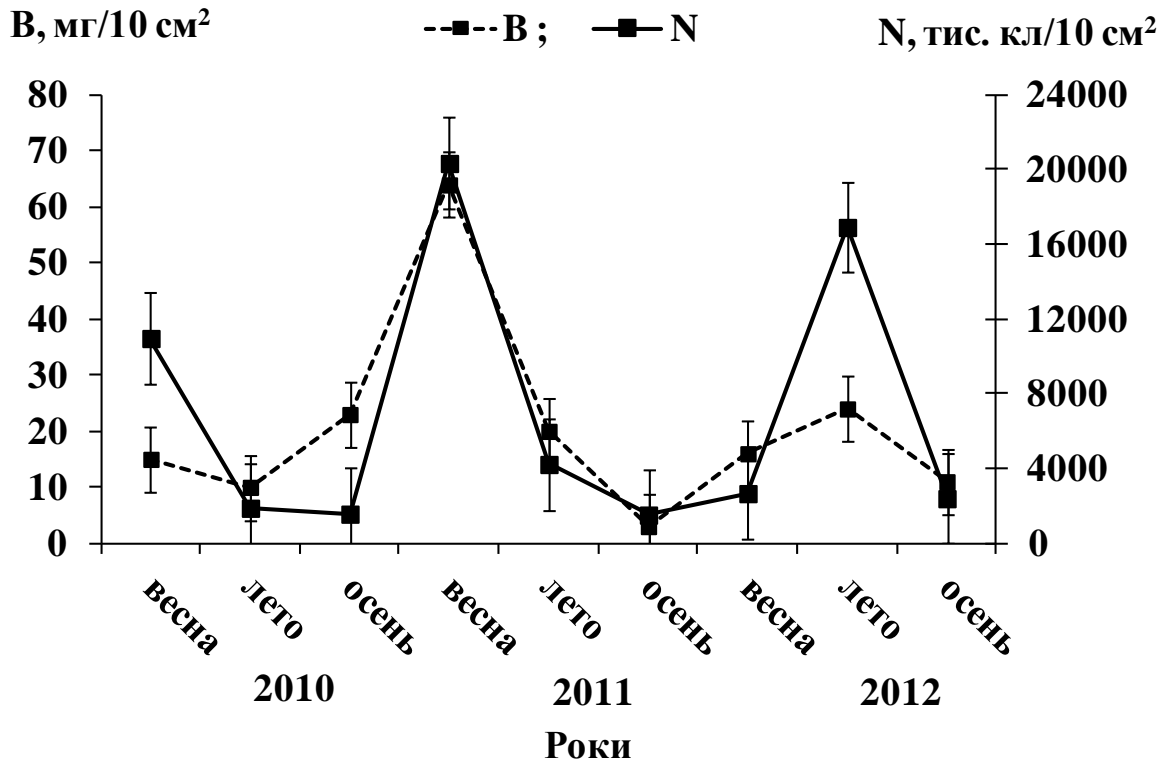


Рис. 6.4.3. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу солонуватоводної затоки Бадика Кут

Дослідження кількісних показників фітомікробентосу солонуватоводних заток у весняний період 2013 року показав, що у водоймі Бадика Кут вони склали 21667,0 тис. кл/10см<sup>2</sup> (чисельність), 37,2 мг/10см<sup>2</sup> (біомаса); Солоний Кут – 5210,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>, 15,6 мг/10см<sup>2</sup>; Шабош Кут – 1800,0 тис. кл/10см<sup>2</sup>, 5,9 мг/10см<sup>2</sup> відповідно. Ці дані співпадали з аналогічними значеннями розвитку донних водоростей за весняні сезони 2010–2012 рр.

Проведене статистичне опрацювання отриманих натурних даних для основних відділів фітомікробентосу солонуватоводних затоках КДД дозволило встановити залежність інтенсивності розвитку донних мікробентосів в зонах з різною солоністю води.

Так, в зоні діапазону змін солоності від 2,00‰ до 5,00‰ спостерігалось збільшення показників видового багатства фітомікробентосу до максимальних за рахунок розвитку прісноводних видів різних відділів, при цьому доля солонуватоводних форм помітно зменшувалась [231] (рис. 6.4.4).

Розраховані коефіцієнти достовірної апроксимації для залежності видового багатства основних відділів фітомікробентосу відповідно солоності води:  $R^2 = 0,7408$ ,  $R^2 = 0,5803$ ,  $R^2 = 0,5440$ ,  $R^2 = 0,5794$ , які описуються відповідними рівняннями [231] (рис. 6.4.4).

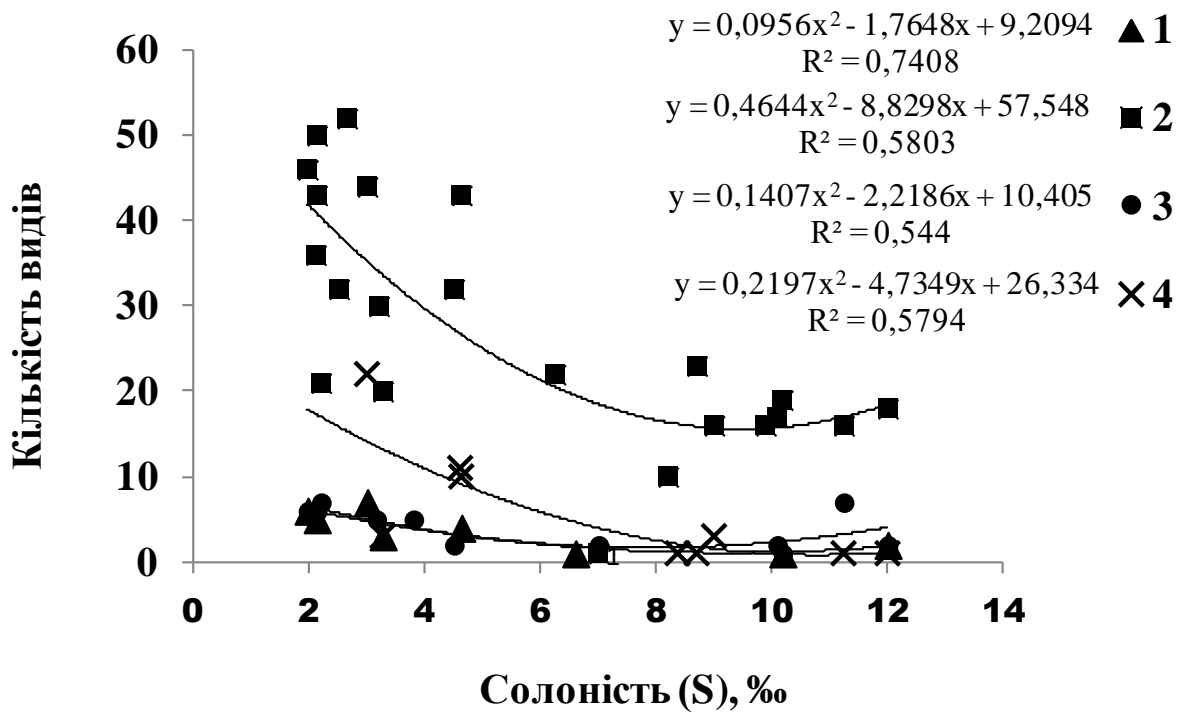


Рис. 6.4.4. Видове багатство основних відділів фітомікробентосу солонуватоводних заток в залежності від солоності води: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші

При збільшенні та встановленні солоності від 9,00‰ до 12,00‰ спостерігався інтенсивний розвиток вже солонуватоводних та морських форм фітомікробентосу, з малою долею прісноводних, що, відповідно, викликало збільшення показників видового багатства донних водоростей (рис. 6.4.4).

Така залежність простежувалась, як за чисельністю так і біомасою організмів [231] (рис. 6.4.5). Коефіцієнти апроксимації склали для чисельності  $R^2=0,6381$  і біомаси  $R^2=0,5731$ , які описуються рівняннями:

$y=294,27x^2-5648,8x+28688$  та  $y=0,6896x^2-13,061x+64,196$  відповідно.

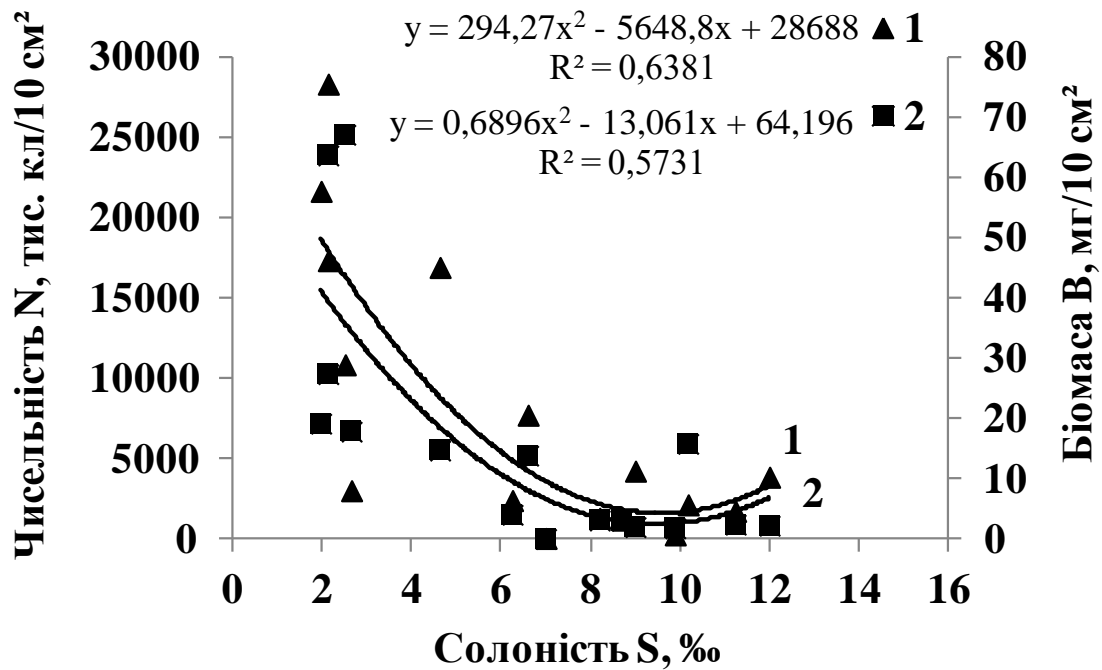


Рис.6.4.5. Чисельність N (1) і біомаса B (2) фітомікробентосу солонуватоводних заток в залежності від солоності води

Для більш об'єктивної оцінки різноманіття фітомікробентосу солонуватоводних заток та екологічних умов, в першу чергу солоності води, яка визначала розвиток мікроводоростей на дні, використовували кластерний аналіз за коефіцієнтом флористичної подібності Серенсена [232]. Отримані дані [219] представлені на (рис. 6.4.6).



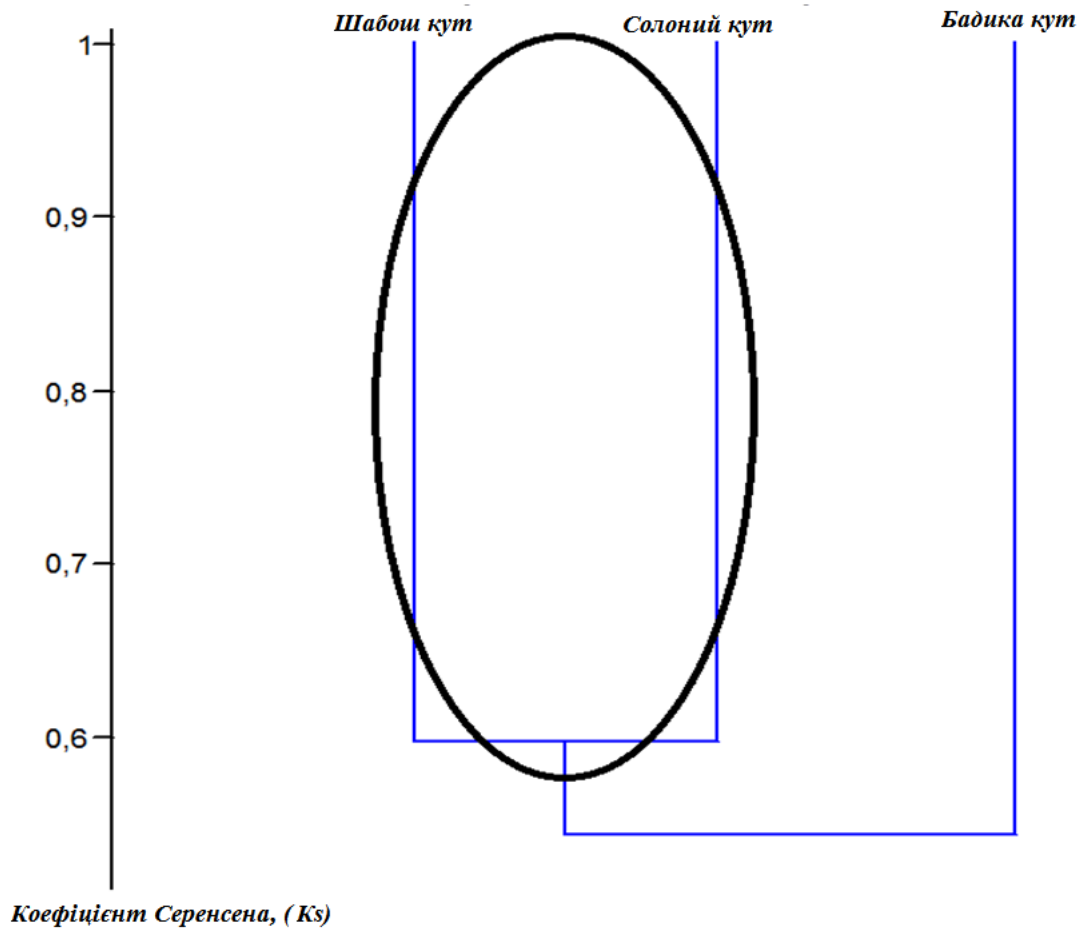


Рис. 6.4.6. Дендограма подібності видового складу фітомікробентосу солонуватоводних заток Кілійської дельти Дунаю

Кластерний аналіз отриманих дендограм різноманіття фітомікробентосу за коефіцієнтом Серенсена показав, що затоки Шабош і Солоний Кути досить схожі за видовим складом донних мікробентосів ( $K_s=0,60$ ), що вказує на близькість екологічних умов навколишнього середовища. В першу чергу це пояснюється тим, що солоність води в даних водоймах зменшуються від моря до середини, і знову зростає до вершини заток.

В окремий кластер виділено фітомікробентос затоки Бадика Кут, що вказує на особливості вегетації водоростей цієї водойми. В данній затоці відбувається зміна морфологічного профілю за рахунок утворення нових молодих відрогів, що характеризується наявністю різноманітних біотопів. При

переході від одного відрогу до іншого спостерігалася перебудова в структурі домінуючих комплексів фітомікробентосу. Солоність води у відрогах, в міру віддалення від моря, поступово зменшувалася у напрямку до вершини.

Отже, солонуватоводні затоки КДД представляють собою досить великі, але мілководні, які добре прогріваються в літній період, акваторії. Вони відрізнялися утворенням специфічних біотопів з різною величиною солоності води, що зумовлювало високу різноманітність донної альгофлори. Проведений аналіз особливостей розвитку фітомікробентосу солонуватоводних заток КДД показав, що на формування просторової динаміки і різноманітності угруповань фітомікробентосу безпосередній вплив мала солоність води. Представлені результати натурних досліджень фітомікробентосу у водах з різною солоністю – від 2,00‰ до 12,00‰ показують, що мінімальні величини показників видового багатства, чисельності, біомаси фіксувалися на ділянках, де діапазон змін солоності води становив 6,00–8,00‰, ймовірно, внаслідок дії ефекту «критичної солоності». У зоні виходу до моря в градієнті значень від 8,00‰ до 12,00‰, де видове різноманіття фітомікробентосу в основному представлено солонуватоводними і морськими формами, а також олігогалобами-галофілами та індиферентами, величини показників видового багатства, чисельності, біомаси зростали.

У зоні, де діапазон солоності води склав 2,00–5,00‰, відзначалися максимальні значення як видового багатства так і чисельності, біомаси за рахунок розвитку прісноводних форм водоростей різних відділів, при незначній кількості солонуватоводних видів.

Отже, солоність води є важливим природним чинником, який суттєво впливає на видове багатство, чисельність, біомасу, структуру фітомікробентосу КДД.

## РОЗДІЛ 7. ФІТОМІКРОБЕНТОС ВОДОТОКІВ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Багаторічними дослідженнями [218, 231] встановлено, що одним з важливих гідрологічних чинників, що істотно впливають на біорізноманіття (таксономічне, флористичне, кількісне, інформаційне) фітомікробентосу, є швидкість течії води. Так, в водотоках КДД в залежності від швидкості течії формуються різні бентосні угруповання [218] (табл. 7).

Таблиця 7

### Кількісні показники фітомікробентосу водотоків Кілійської дельти Дунаю

Показник	Бистрий рукав	Восточний рукав	Очаківський рукав	Білгородський рукав	Отножний рукав
Швидкість течії води*, м/с	0,9–2,0	0,6–1,2	0,8–1,0	до 0,3	до 0,2
Кількість видів	104	105	60	43	45
Чисельність, N тис. кл/10см <sup>2</sup>	<u>228–4506</u> 3082	<u>534–4496</u> 3878	<u>1100–7985</u> 3410	<u>396–17415</u> 5991	<u>3575–7438</u> 5131
Біомаса, B, мг/10см <sup>2</sup>	<u>0,44–12,89</u> 3,15	<u>0,33–5,02</u> 3,21	<u>1,87–6,50</u> 3,42	<u>0,416–11,43</u> 6,23	<u>13,92–15,24</u> 14,36
Індекс Шеннона за чисельністю, H <sub>N</sub> , біт/екз	<u>1,55–2,73</u> 2,30	<u>0,47–4,02</u> 2,79	<u>2,53–4,10</u> 3,29	<u>1,38–3,94</u> 2,43	<u>1,89–3,86</u> 2,76
Індекс Шеннона за біомасою, H <sub>B</sub> , біт/г	<u>0,84–2,56</u> 2,04	<u>1,59–4,07</u> 2,77	<u>1,79–4,17</u> 2,75	<u>1,98–4,44</u> 2,92	<u>2,09–3,92</u> 2,83

Примітка. Над рискою – межі коливань показників; під рискою – середні значення показників; «\*» – згідно літературних даних [94, 174, 179–184]

Фітомікробентос річкових рукавів не багатий за якісним складом та кількісними показниками розвитку. Швидка течія негативно позначається на розвитку донних мікроводоростей. Встановлено, що більшу частину видового багатства фітомікробентосу водотоків склали діатомові водорості (*C. kuetzingiana*, *C. meneghiniana*, *M. varians*, *S. hantzschii*, *Nitzschia vermicularis* (Kützing.) Hantzsch., *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer et Lange-Bertalot, *S. tenera*).

В той же час, враховуючи дрібні розміри клітин та здатність до масового розвитку, динаміку чисельності донних мікроводоростей визначали синьозелені водорості (*O. amphibia*, *Ph. tenue*, *Ph. subfuscum*) [218].

### 7.1. Рукав Бистрий

Рукав Бистрий – водоток з великою швидкістю течії води, яка коливалася в межах від 0,9 м/с до 2,0 м/с (табл. 7).

В цілому, за період досліджень, в фітомікробентосі рукава Бистрий виявлено 93 види, представлених 104 в. в. т. водоростей, які відносяться до 45 родів, 19 порядків, 9 класів, 6 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta).

За кількістю зареєстрованих в. в. т., домінували діатомові – 84, що склало 80%. Меншою кількістю таксонов були представлені зелені – 10 (10%), синьозелені – 7 (7%). Інші відділи включали по 1 таксону.

Аналіз сезонної динаміки кількісного розвитку фітомікробентосу дозволив виявити декілька піків вегетації – весняний та літній, які різнилися структурою домінуючого комплексу видів та їх кількісними показниками (рис.7.1.1). Аналогічні дані отримані в 2013 році, в цілому, не відрізнялись від весняних періодів 2010–2012 рр.

У формуванні біомаси пріоритетна роль належала Bacillariophyta, основу чисельності в значному ступені обумовлювали Cyanophyta та Bacillariophyta [218] (рис. 7.1.2; 7.1.3).

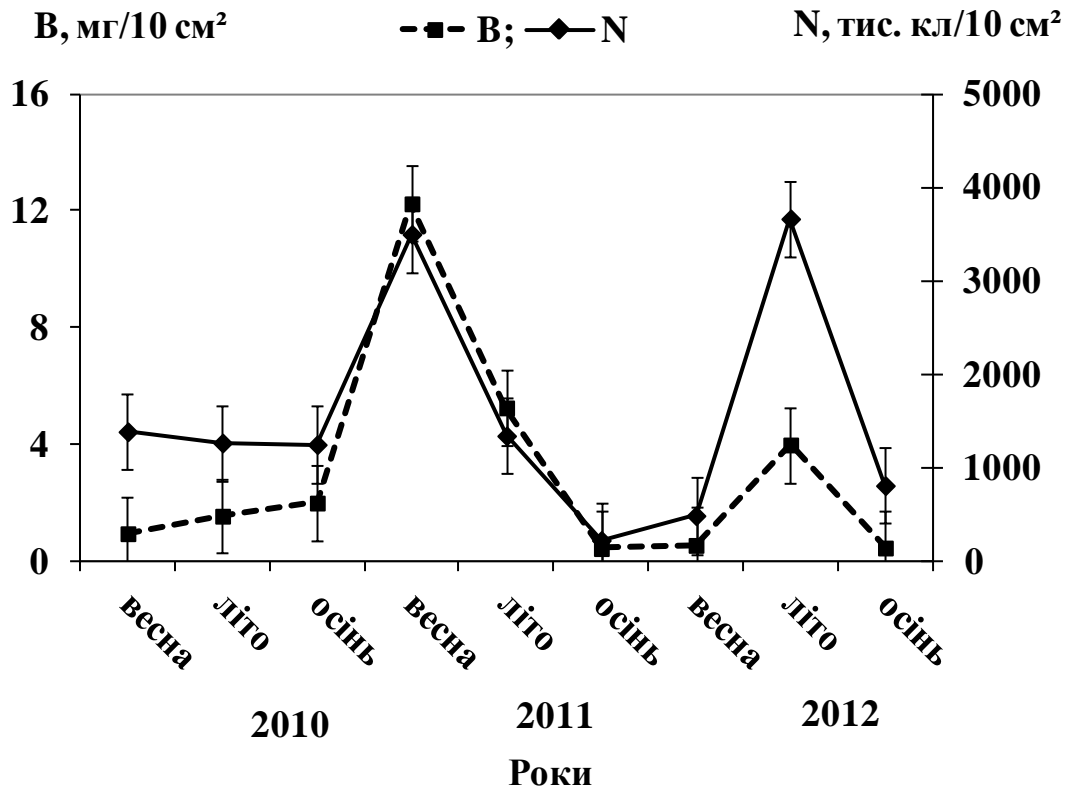


Рис. 7.1.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу рукава Бистрий

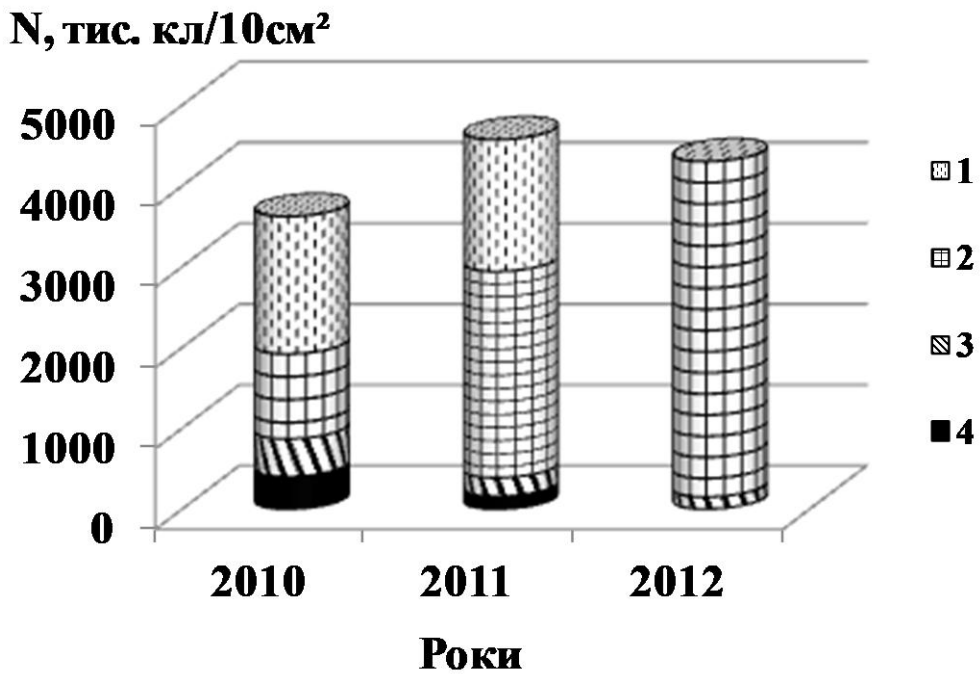


Рис. 7.1.2 Багаторічна динаміка чисельності основних таксономічних груп фітомікробентосу рукава Бистрий (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

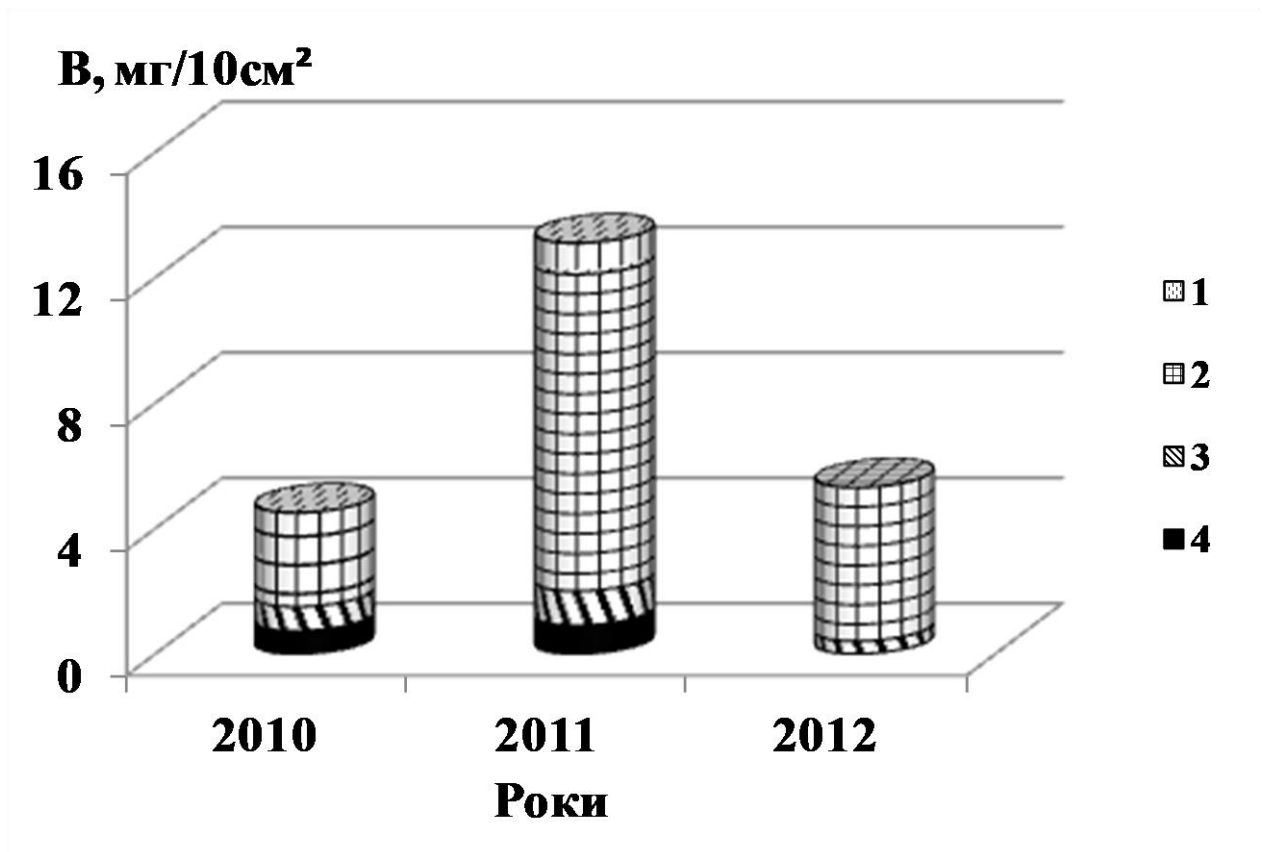
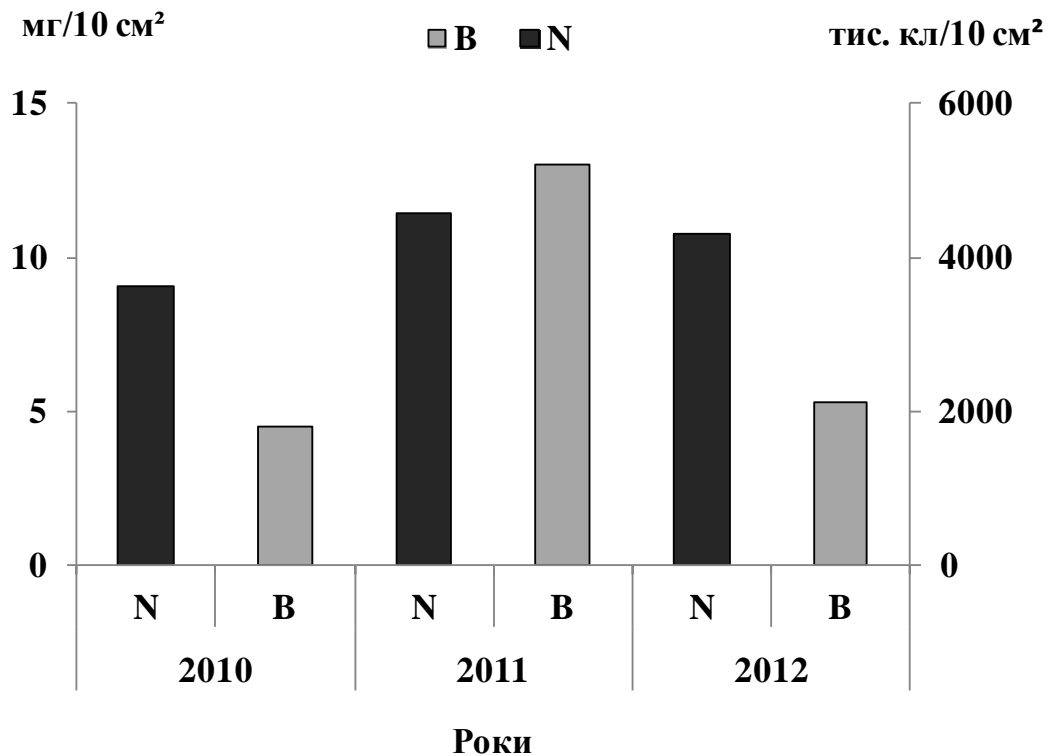


Рис. 7.1.3 Багаторічна динаміка біомаси основних таксономічних груп фітомікробентосу рукава Бистрий (2010–2012 рр.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Аналіз розвитку донних мікробентосів в міжрічному аспекті показав, що найменших показників чисельності і біомаси фітомікробентос досягав у багатоводний 2010 рік, найбільших – в маловодні 2011–2012 роки (рис. 7.1.4). Це пов'язано з тим, що при високих рівнях води (2010 р.) каламутність дунайської води, яка негативно позначається на розвитку бентосних водоростей, збільшувалась, в той же час, при падінні рівнів (2011–2012 рр.) зменшувалось і кількість завислих речовин [218].

Крім величин швидкості течії води, важливим природним чинником, який визначав величини чисельності і біомаси в 2010 році, була температура води. Так, температура води є екологічним чинником середовища, що впливає на всі компоненти гідроекосистеми. Навіть незначні зміни температури

(підвищення чи пониження) призводять до зміни швидкості метаболічних реакцій та загальної інтенсивності обміну у гідробіонтів [148].



#### 7.1.4. Міжрічні кількісні показники розвитку фітомікробентосу рукава Бистрий

Наряду з пристосованістю водоростей до певних температурних умов, велике значення для можливості їх розселення та існування має діапазон граничних величин температури, при яких можуть виживати види. Встановлено, що вегетаційний сезон 2010 р. характеризувався аномально високими температурами води влітку (до 28,3–29,2°C в водотоках) [112, 160]. Саме в цей період чисельність та біомаса фітомікробентосу були мінімальними, що видно із рисунку 7.1.4.

Встановлено [218], що навесні 2011 року в фітомікробентосі рукава Бистрого домінувала *M. varians*, яка утворювала колонії у вигляді численних ланцюжків, з біомасою до 10 мг/10см<sup>2</sup> і чисельністю до 2912 тис кл/10см<sup>2</sup> що характеризує монодомінантну структуру фітомікробентосу. *M. varians* – планктонний вид, іноді зустрічається в обростанні. Розвивається добре в досить

забруднених водоймах і є  $\beta$ -мезосапробом. Утворення колоній – це механізм, який запобігає розсіюванню дочірніх клітин у водному середовищі до тих пір, поки воно сприятливе для вегетаційного розмноження водоростей. Якщо середовище виснажується, змінюється або популяція досягає граничної щільності, відбувається розсіювання та пошук нових умов існування. Наявність ланцюжкових колоній на різних стадіях річного циклу може бути викликано сприятливими для розвитку мікроводоростей температурами води, та достатньою концентрацією фосфатів та кремнію у воді [67, 204, 226, 227].

Відповідно, індекс Шеннона, розрахований з використанням чисельності становив – 1,55 біт/екз., за біомасою – 0,84 біт/г. Низький показник інформаційного різноманіття пояснюється інтенсивним розвитком одного виду діатомей.

Влітку цього ж року в фітомікробентосі за біомасою також домінували Bacillariophyta – *S. hantzschii*, *C. meneghiniana*, *S. tenera*, тоді як за чисельністю – Cyanophyta і Bacillariophyta (*O. amphibia*, *S. major*, *C. kuetzingiana*, *C. meneghiniana*, *S. hantzschii*). Індекс Шеннона становив за чисельністю – 2,51 біт/екз., за біомасою – 2,56 біт/г, що свідчило про перехід від монодомінантної до полідомінантної структури фітомікробентосу.

У другій половині осіннього періоду 2011 року відбулися зміни в структурно-функціональній організації домінуючого комплексу фітомікробентосу [218]. Внаслідок цього зросла керівна роль центричних діатомових водоростей (*C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*), тоді як синьозелені були відсутні, що призвело до зменшення чисельності і біомаси. Літературні дані [13, 16, 24, 45, 76, 118, 119, 136, 143, 151, 164, 173, 193, 203, 206, 208–210] свідчать, що перетворення структури водоростевих угруповань може бути відгуком на сезонне зниження температури води, зменшення інтенсивності сонячної радіації, зміну складу і доступності біогенних елементів.



## 7.2. Рукав Восточний

В рукаві Восточний швидкість течії води була достатньо високою та коливалася в межах 0,6–1,2 м/с (табл. 7).

В цілому, за період досліджень, в фітомікробентосі рукава Восточний виявлено 95 видів, представлених 105 в. в. т., які відносяться до 53 родів, 23 порядків, 11 класів, 6 відділів (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta) [218].

По кількості зареєстрованих в. в. т., домінували діатомові – 76, що склало 72%. Меншою кількістю таксонів були представлені зелені – 16 (15%), синьозелені – 8 (8%). Інші відділи включали по 1–2 таксони (5%).

В кількісному розвитку фітомікробентосу спостерігались два піки – навесні та влітку, а восени інтенсивність розвитку мікрводоростей знижувалась (рис. 7.2.1).

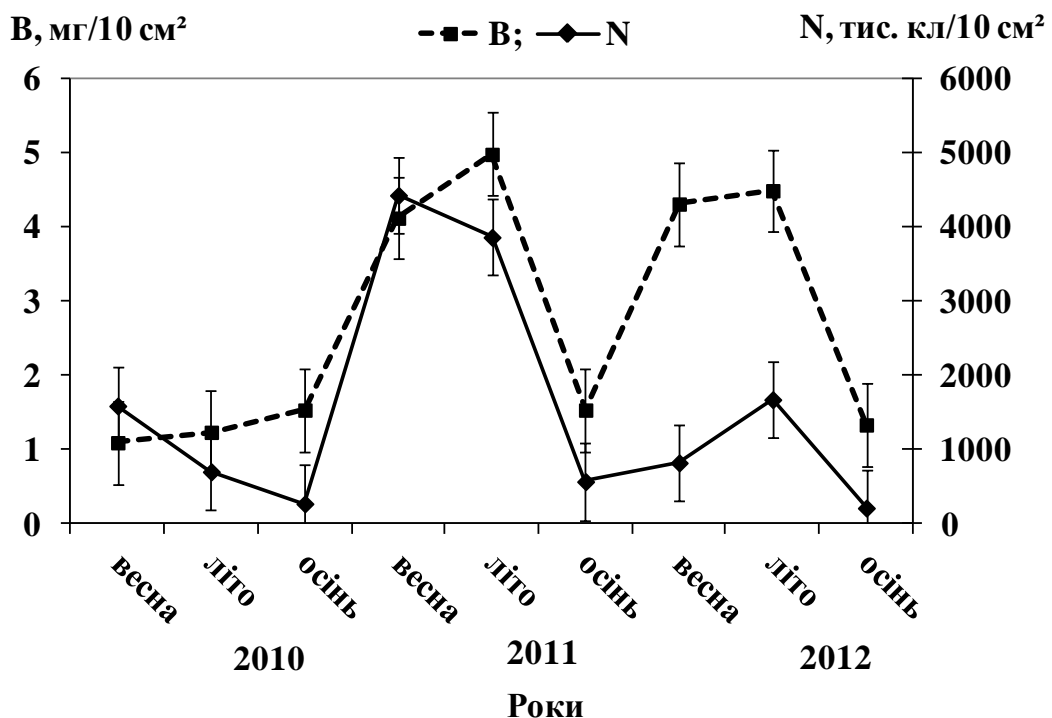


Рис. 7.2.1. Сезонна динаміка чисельності (N) та біомаси (B) фітомікробентосу рукава Восточний

Весною 2013 року кількісні показники фітомікробентосу, також, були високими та суттєво не відрізнялись від показників минулих 2010–2012 років.

Мінімальні кількісні показники донних водоростей відмічалися в багаторічному 2010 році (рис. 7.2.2). Максимального розвитку фітомікробентос рукава Восточний досягав у маловодні роки (2011–2012, 2017), коли за чисельністю домінували представники Cyanophyta та Bacillariophyta (*M. varians*, *C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, *O. amphibia*, *O. tenuis*, *O. limnetica.*, *M. minima*), за біомасою – Bacillariophyta (*S. brebissonii* var. *kuetzingii*, *S. tenera*, *N. vermicularis*, *M. varians*). Весною 2011 року в фітомікробентосі рукава за чисельністю домінували *M. varians* і *O. tenuis*, а за біомасою *M. varians*. Влітку за біомасою домінувала *S. tenera*, за чисельністю – *C. kuetzingiana* і *O. amphibia*. Восени керівна роль належала *M. varians* (за біомасою) та *C. kuetzingiana* (за чисельністю) [218].

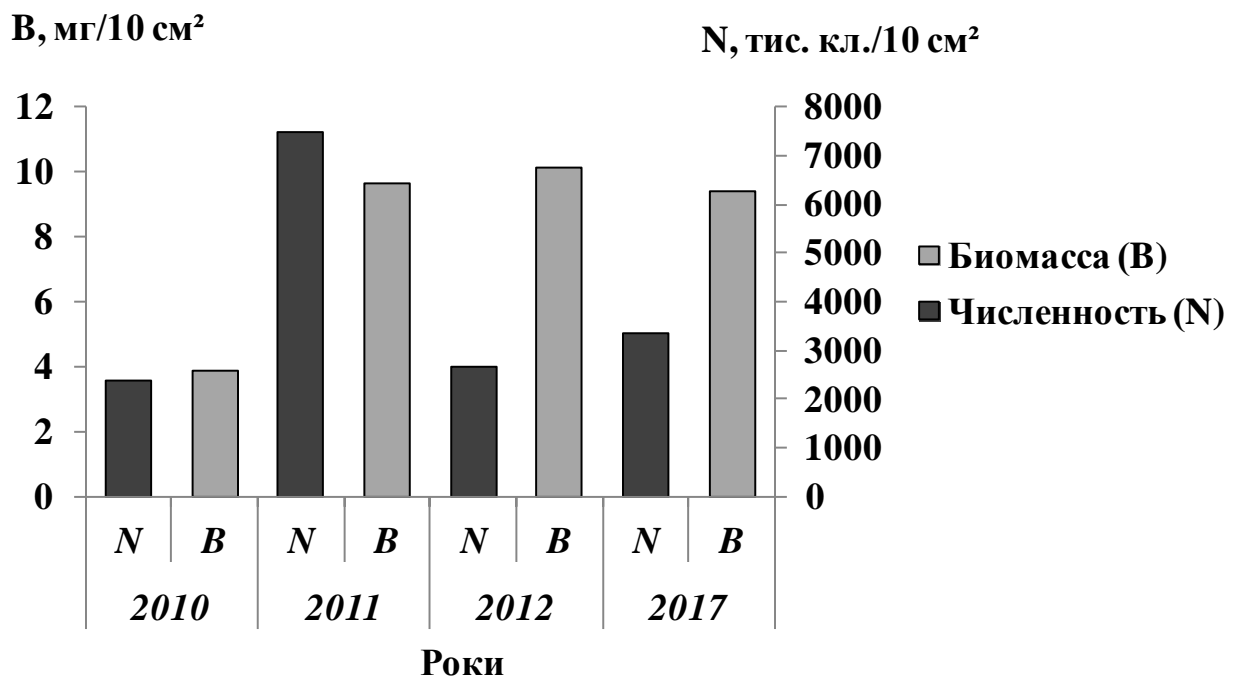


Рис. 7.2.2 Багаторічна динаміка кількісного розвитку фітомікробентосу рукава Восточний в різні роки досліджень.

В 2017 році роль Cyanophyta у загальній чисельності та біомасі фітомікробентосу зменшилася, а Chlorophyta – збільшилася за рахунок розвитку улотриксівих (*Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Pr.-Lavr.) за чисельністю, та десмідієвих (*Cosmarium dentiferum* Corda) за біомасою (рис. 7.2.3; 7.2.4).

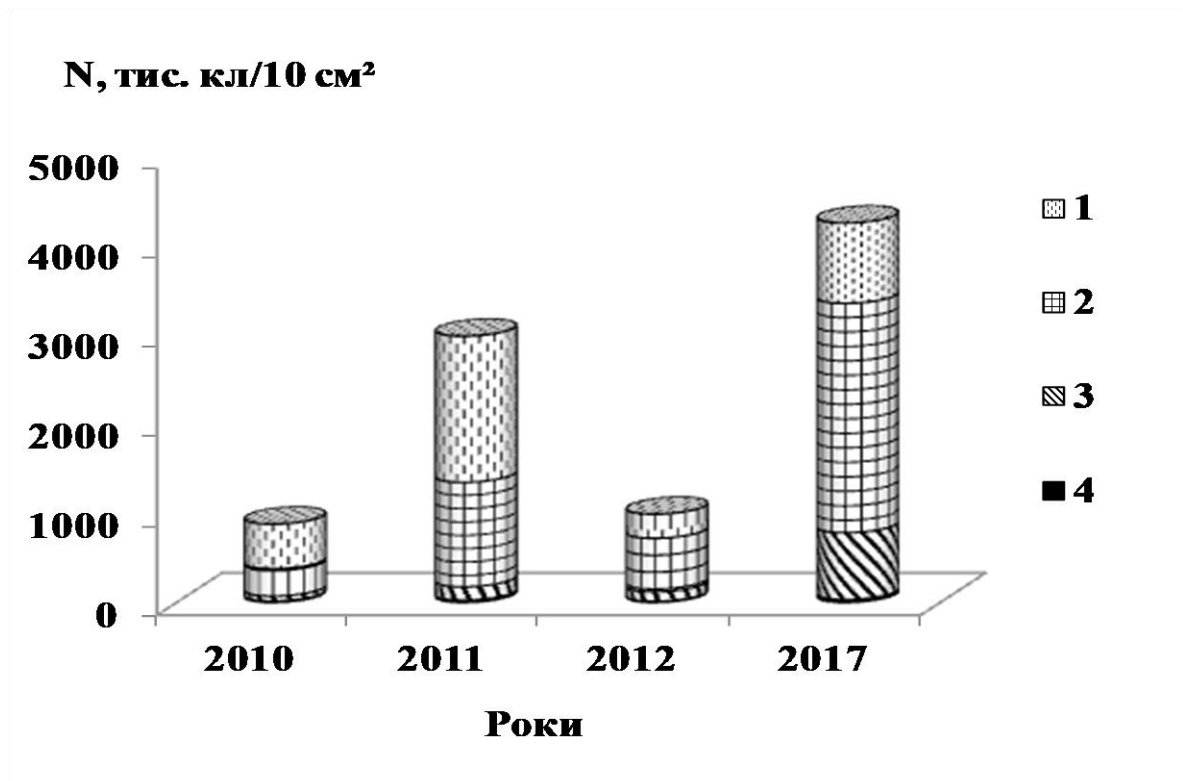


Рис. 7.2.3. Багаторічні показники чисельності основних таксономічних груп фітомікробентосу рукава Восточний в різні роки досліджень: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

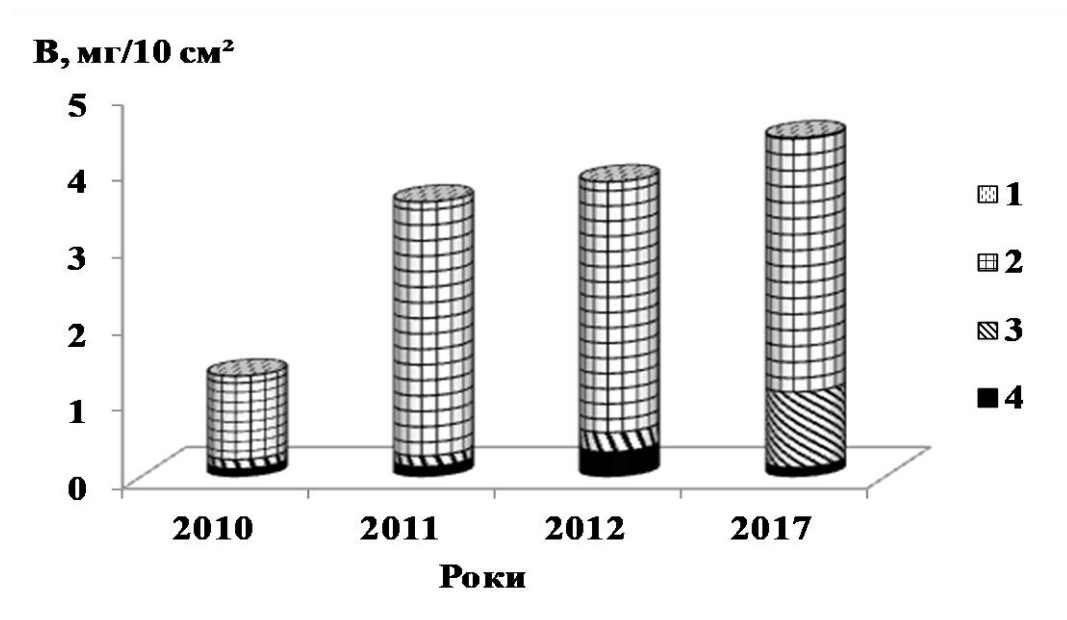


Рис. 7.2.4. Багаторічні показники біомаси основних таксономічних груп фітомікробентосу рукава Восточний в різні роки досліджень: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

При дослідженні кількісного розвитку фітомікробентосу у просторовому аспекті встановлено що чисельність та біомаса донних водоростей збільшувалась від витoku до гирла водотоку (табл. 7.2.1). При цьому, відбувалися зміни у домінуючому комплексі фітомікробентосу [218].

Таблиця 7.2.1

**Кількісний розвиток фітомікробентосу рукава Восточний  
в просторовому аспекті**

Показник	Виток рукава Восточний	Гирло рукава Восточний
Швидкість течії води*, м/с	0,90–1,20	0,60–0,98
Чисельність, N, тис. кл/10см <sup>2</sup>	<u>533–4335</u> 2209	<u>1168–12496</u> 4096
Біомаса, B, мг/10см <sup>2</sup>	<u>0,33–3,99</u> 2,50	<u>1,10–10,02</u> 4,32

Примітка. Над рискою – межі коливань показників; під рискою – середні значення показників; «\*» – згідно літературних даних [179]

Оснoву чисельності фітомікробентосу на витoku рукава склали *O. amphibia*, *B. lauterbornii*, *C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, біомаси – *M. varians*, *S. ulna*, *S. tenera*, *S. hantzschii*. У гирлі водотоку домінували *O. agardhii*, *O. amphibia*, *O. limnetica*, *O. tenuis*, *F. virescens* (чисельність), за біомасою превалювали *M. varians*, *S. ulna*, *N. vermicularis*, *S. hantzschii*, *Oscillatoria irrigua* (Kütz.) Gom.

Широкі коливання індексу Шеннона як за чисельністю, так і за біомасою (табл.7.1.) свідчили про перехід від монодомінантної до полідомінантної структури фітомікробентосу.

### 7.3. Рукав Очаківський

В Очаківському рукаві відбувається зменшення стоку води та швидкості течії води, межі коливань якою склали 0,80–1,00 м/с [218] (табл. 7).

В фітомікробентосі Очаківського рукава виявлено 51 вид, представлений 60 в. в. т., які відносяться до 28 родів, 13 порядків, 6 класів, 4 відділів (Cyanophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta) [218].

За кількістю зареєстрованих в. в. т., домінували Bacillariophyta – 53, що склало 88%.

За чисельністю домінантами навесні виступали діатомові (крупноклітинні та дрібноклітинні), влітку діатомові, синьозелені, субдомінантами – зелені; восени переважали діатомові та синьозелені (рис. 7.3.1). За біомасою домінували діатомові, до субдомінантів належали синьозелені та зелені (рис.7.3.2).

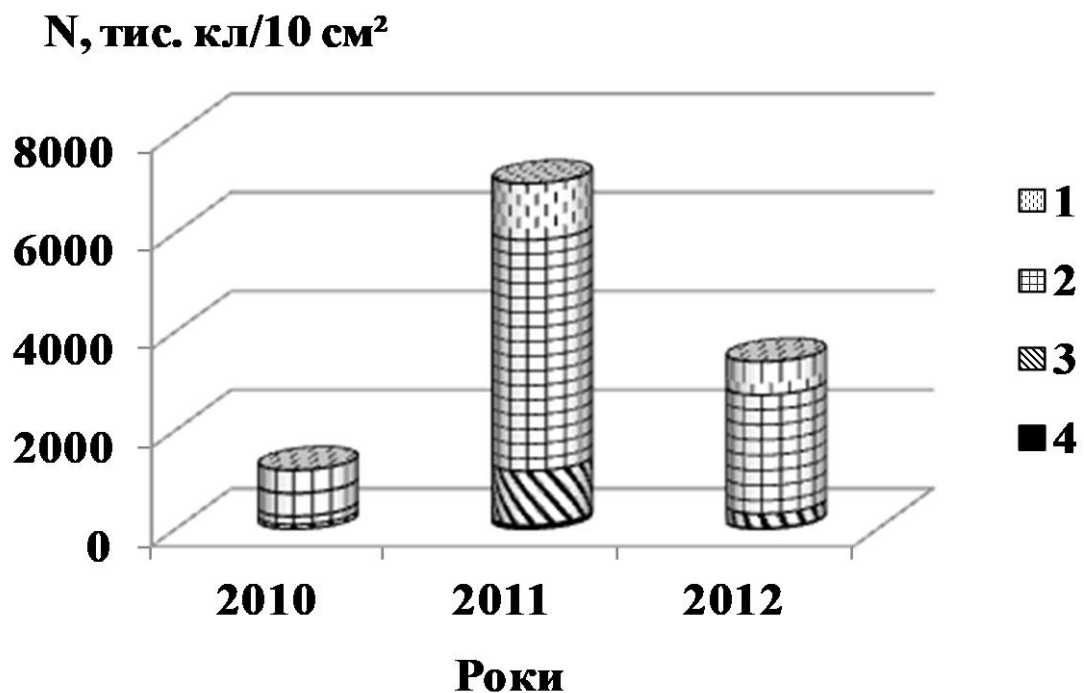


Рис. 7.3.1 Багаторічні показники чисельності ( $N$ ), основних таксономічних груп фітомікробентосу рукава Очаківський 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

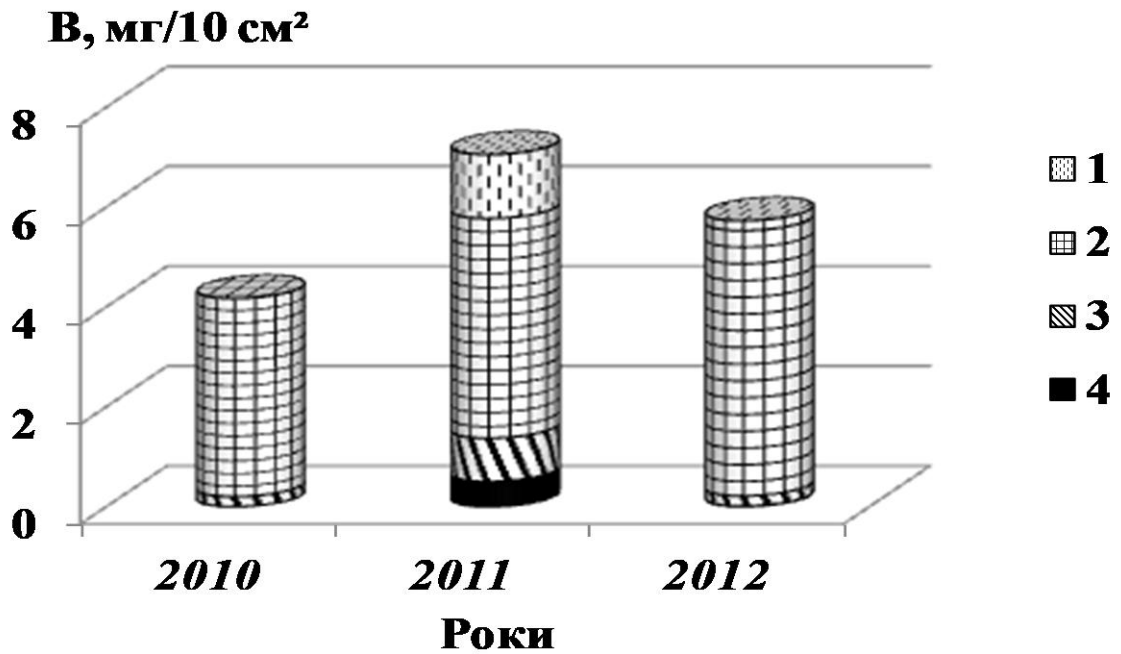


Рис. 7.3.2 Багаторічні показники біомаси систематичних відділів фітомікробентосу рукава Очаківський: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

В сезонній динаміці чисельності і біомаси фітомікробентосу спостерігався, в основному, літній максимум, коли керівними виступали представники родів *Fragilariforma*, *Navicula*, *Surirella*, *Stephanodiscus*, *Oscillatoria* [218].

Найменші показники кількісного розвитку фітомікробентосу зафіксовані у багатоводному 2010 році, найбільші – у маловодні роки (рис. 7.3.3).

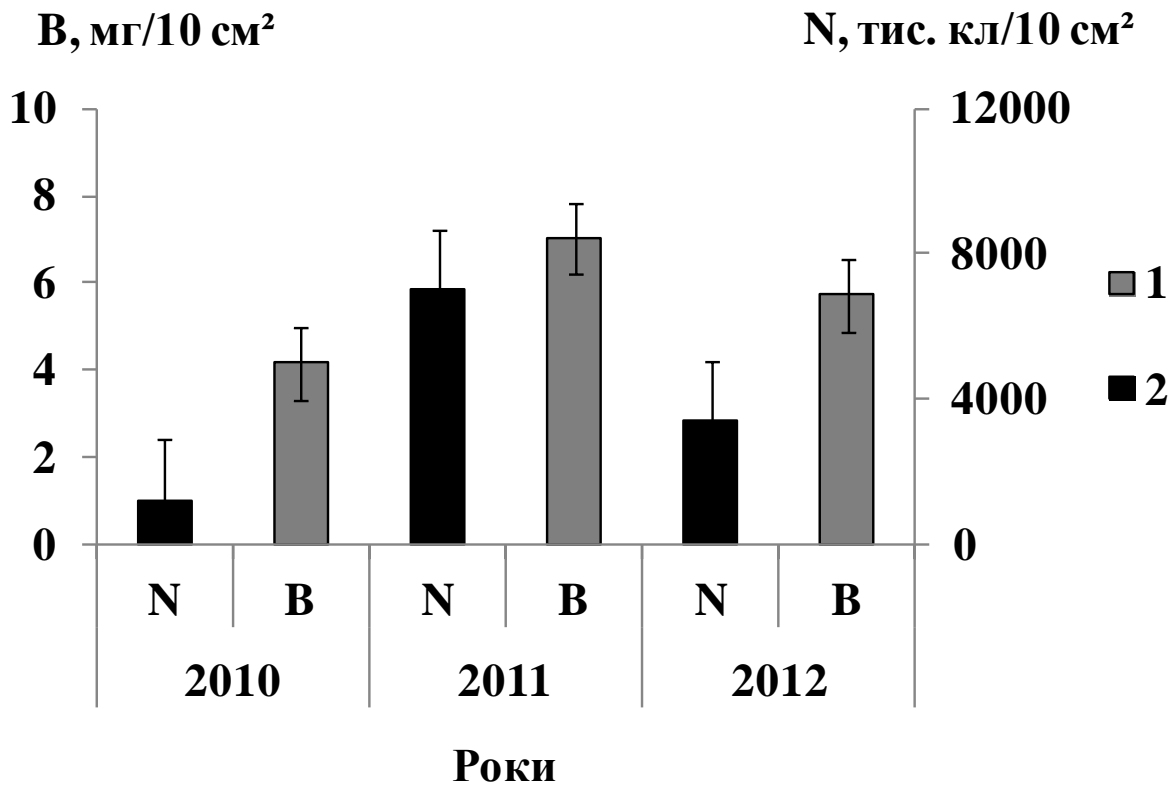


Рис. 7.3.3 Міжрічна динаміка кількісного розвитку фітомікробентосу рукава Очаківський: 1 – біомаса (B), 2 – чисельність (N).

Переважають види *D. vulgare*, *M. varians*, *N. tripunctata*, *C. kuetzingiana*, *S. hantzschii*, *F. virescens*, *S. tenera*, *O. limnetica*, *O. ucrainica*, *O. tenuis*. Субдомінантами визначено *D. communis*, *O. borgei*. Разом з тим, спостерігались високі значення індексу Шеннона (табл. 7), які свідчили про високе видове різноманіття в рукаві, що може бути відгуком водоростей на зменшення швидкості течії та збільшенням, як наслідок, прозорості води [218].

#### 7.4. Рукави Білгородський та Отножний

Рукави Білгородський та Отножний – водотоки з малими швидкостями течії (до 0,20–0,30 м/с), прозорістю води 0,5–0,8 м за диском Секки, глибинами від 0,5 до 1,5 м (табл. 3.1; 7). Переважаючим типом ґрунту в водотоках є сірий мул.

В цілому, за період досліджень, в фітомікробентосі Білгородського рукава виявлено 40 видів, представлених 43 в. в. т., які відносяться до 27 родів, 12 порядків, 6 класів, 4 відділів (Cyanophyta, Bacillariophyta, Xantophyta Chlorophyta) [82].

За кількістю зареєстрованих в. в. т., домінували Bacillariophyta, частка яких складала 93 %.

За чисельністю домінантами виступали синьозелені (р. *Oscillatoria*) та діатомові (р. *Cyclotella*) водорості, за біомасою – домінували діатомові з родів *Symbella*, *Cyclotella*, *Caloneis*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Surirella* (рис. 7.4.1; 7.4.2).

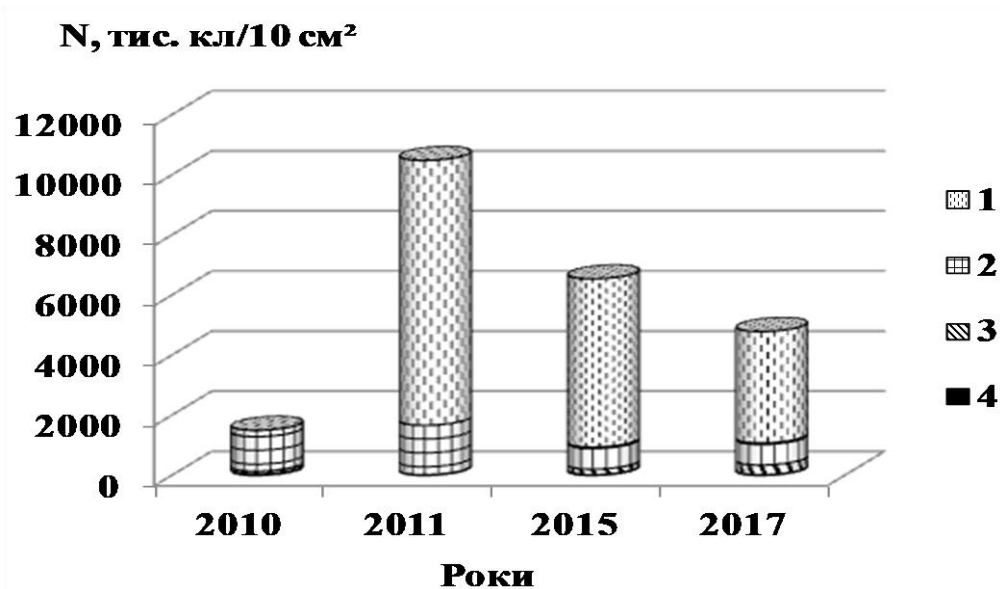


Рис. 7.4.1. Розподіл чисельності основних систематичних відділів фітомікробентосу рукава Білгородський (2010–2011 рр.; 2015 р.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.



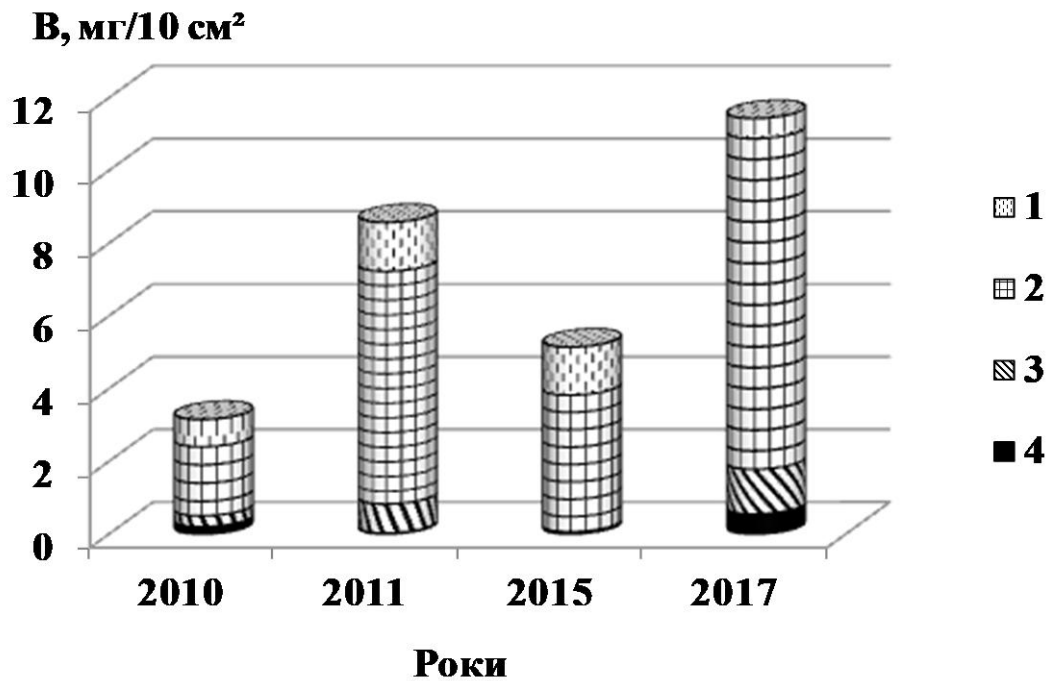


Рис. 7.4.2. Розподіл біомаси основних систематичних відділів фітомікробентосу рукава Білгородський (2010–2011 рр.; 2015 р.; 2017 р.): 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Чисельність фітомікробентосу коливалася в межах 396–17415 тис. кл/10см<sup>2</sup>, з середнім значенням 5991±567 тис. кл/10см<sup>2</sup>, біомаса – 0,416–11,43 мг/10см<sup>2</sup>, середнє значення якої – 6,23±1,01 мг/10см<sup>2</sup> [82].

Проведений аналіз сезонної динаміки чисельності та біомаси дозволив встановити, що в рукаві Білгородському фіксувався літній пік вегетації донних водоростей.

Мінімальні показники кількісного розвитку фітомікробентосу відмічалися в 2010 році, з домінуванням за чисельністю в цей період *S. kuetzingiana*, а за біомасою – *S. permagna*. Максимальної чисельності донні водорості досягали в маловодні 2011 та 2017 роки за рахунок вегетації синьозелених водоростей з роду *Oscillatoria*, в той же час, максимальну біомасу формували діатомові *Cymbella*, *Surirella*, *Gomphonema*, *Nitzschia*. Також, в цей період збільшувалась роль зелених водоростей (*A. hantzschii*, *D communis*) (рис. 7.4.1; 7.4.2.). В 2015 році (середньому по водності) кількісні

показники розвитку донних водоростей були не високими, знаходились в межах 472–2590 тис. кл/10см<sup>2</sup> (чисельність) та 0,416–5,91 мг/10см<sup>2</sup> (біомаса). Приоритет за чисельністю мали *O. tenuis*, а за біомасою *S. tenera*, *C. parva* [82].

В просторовому розподілі фітомікробентосу Білгородського рукава кількісні показники збільшувались від середньої частини водотоку (10 км від гирла) до впадіння в затоку Солоний Кут [82] (табл. 7.4.1).

Таблиця 7.4.1

**Кількісний розвиток фітомікробентосу рукава Білгородський  
в просторовому аспекті**

Показник	Середня частина рукава (10 км від гирла)	Розгалуження	Вхід до затоки Солоний Кут
Швидкість течії води*, м/с	до 0,30	до 0,20	до 0,15
Чисельність, N, тис. кл/10см <sup>2</sup>	<u>396–840</u> 605	<u>2626–9912</u> 6117	<u>3841–17415</u> 10581
Біомаса, B, мг/10см <sup>2</sup>	<u>0,42–0,82</u> 0,59	<u>2,19–5,91</u> 3,46	<u>3,85–5,96</u> 4,88

Примітка. Над рискою – межі коливань показників; під рискою – середні значення показників; «\*» – згідно літературних даних [179]

Ближче до розгалуження та впадіння у водойму течія води в рукаві уповільнювалась, в наслідок чого змінювалась структура домінуючого комплексу фітомікробентосу. Так, основу чисельності донних водоростей у середній частині водотоку формували *O. amphibia*, *C. kuetzingiana*, біомаси – *N. palea*, *N. paleacea*. У районі розгалуження водотоку ріст чисельності обумовлювали *O. tenuis*, *O. ucrainica*, біомаси – *C. parva*, *Gomphonema augur* Ehr. На вході до затоки Солоний Кут за чисельністю домінували *O. agardhii*, *O. tenuis*, *O. ucrainica*, за біомасою – *C. parva*, *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch.) W.Sm., *S. tenera*. В даному районі у фітомікробентосі ідентифіковані як прісноводні, так і солонуватоводні види, які не зустрічалися у середній течії рукава, але деякі траплялися у затоці (*Craticula halophila* (Grun. in V.H.) Mann, *G. spenceri*, *Tryblionella levidensis* W. Sm., *T. hungarica*,

*T. punctata*, *Nitzschia lorenziana* Grun. in Cl. et. Möll., *N. sigma*), що може свідчити про змішування вод рукава та затоки [82].

При проведенні досліджень фітомікробентосу рукава-стариці Отножного виявлено 44 види, представлених 45 в. в. т. водоростей, які відносились до 28 родів, 13 порядків, 4 класів, 2 відділів (Cyanophyta, Bacillariophyta) [82].

Таксономічне різноманіття Bacillariophyta формували 43 в. в. т., Cyanophyta – 2. За чисельністю, межі коливань якої складала 3575–7438 тис. кл/10см<sup>2</sup>, домінували Bacillariophyta та Cyanophyta (*A. italica*, *C. placentula*, *C. kuetzingiana*, *F. virescens*, *M. varians*, *O. amphibia*, *O. lemmertmannii* Wolosz. Накопичення біомаси донних водоростей відбувалось за рахунок крупноклітинних діатомових водоростей *C. solea*, *P. major*, *S. tenera*, *S. brebissonii* var. *kuetzingii*. Коливалася біомаса в межах 13,92–15,24 мг/10см<sup>2</sup>. Максимальні кількісні показники розвитку фітомікробентосу відмічалися влітку. Інформаційний індекс Шеннона за чисельністю досягав 2,86 біт/экз, за біомасою – 2,92 біт/г, згідно якого діатомові та синьозелені мікробентоси в рукаві Отножний представлені досить різноманітно [82].

Отже, в результаті проведеного дослідження проаналізовано таксономічні і кількісні показники різноманіття фітомікробентосу водотоків Кілійської дельти Дунаю та встановлено, що більшу частину як видового багатства, так і біомаси фітомікробентосу рукавів Білгородський та Отножний складала Bacillariophyta. В той же час, Cyanophyta, які характеризувалися дрібними розмірами клітин, при масовому розвитку суттєво впливали на показники чисельності фітомікробентосу. Крім того, в рукаві Білгородському іноді відмічалися незначні коливання розвитку Chlorophyta із родів *Actinastrum*, *Desmodesmus*.

При мінімальних швидкостях течії води та малих глибинах в рукавах спостерігалось зростання кількісних показників фітомікробентосу.

В Білгородському рукаві визначалось зростання чисельності та біомаси фітомікробентосу. В рукаві-стариці Отножний відмічалось максимальне значення біомаси фітомікробентосу при значному зниженні його чисельності

внаслідок зміни структурної організації фітомікробентосу. В багатоводні роки спостерігались мінімальні кількісні показники фітомікробентосу, в маловодні – максимальні.

Фітомікробентос рукава Білгородський більш різноманітний, ніж рукава Отножний, що пояснюється впливом різних екологічних чинників на біоту, в першу чергу – гідрологічних та морфологічних, зміна яких викликає певний відгук (структурну перебудову домінуючих комплексів) донних водоростей.

### 7.5. Загальна характеристика розвитку фітомікробентосу водотоків

Мінімальні значення кількісного розвитку фітомікробентосу спостерігаються в рукавах Бистрий та Восточний, швидкість течії води в яких досягала 0,9–2,0 м/с та 0,6–1,2 м/с відповідно, максимальні – в рукавах Отножний та Білгородський, де швидкість течії води складала 0,2–0,3 м/с. Різні швидкості водних потоків призводять до зміни структурної організації фітомікробентосу. Відповідні дані представлені на рис. 7.5.1 і рис. 7.5.2.

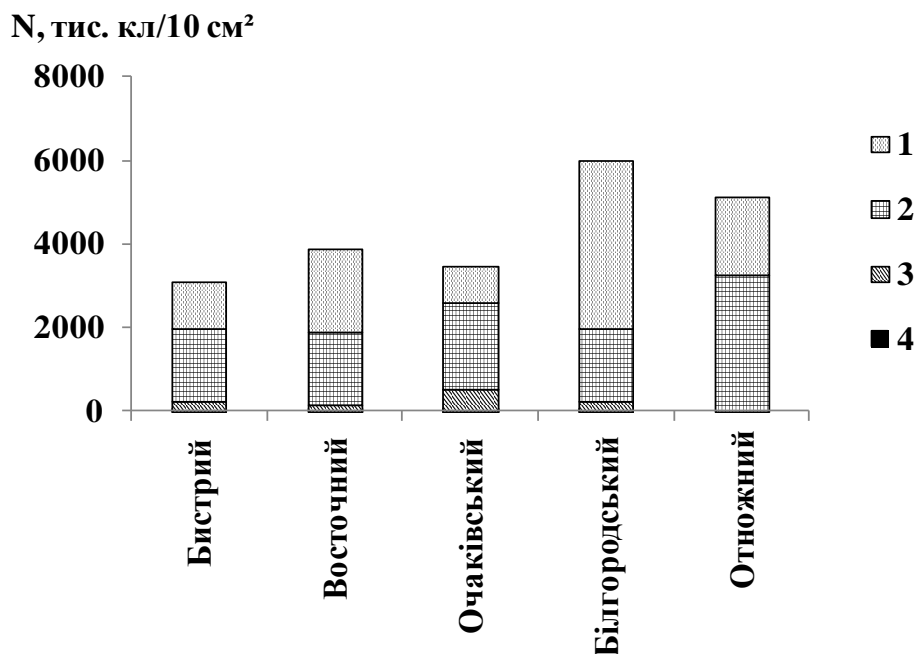


Рис. 7.5.1. Просторовий розподіл чисельності фітомікробентосу рукавів КДД: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

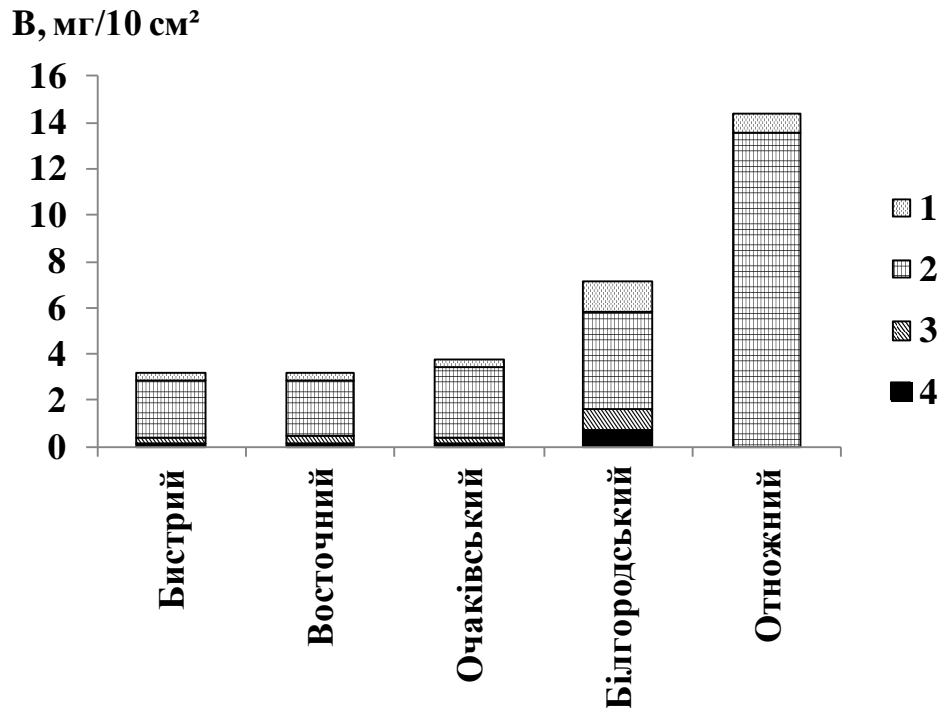


Рис. 7.5.2. Просторовий розподіл біомаси фітомікробентосу рукавів КДД: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Поряд зі встановленими відмінностями в значеннях чисельності, біомаси, їх структурної організації, що обумовлено різними величинами швидкості течій, в рукавах спостерігається і широкий діапазон коливань інформаційного індексу Шеннона, як за чисельністю, так і за біомасою (табл. 7). Це свідчить про наявність переходу від монодомінантної до полідомінантної структури фітомікробентосу. Відповідні кількісні показники  $H_N$  і  $H_B$ , їх коливання в водотоках КДД приведені на рис. 7.5.3 (а; б).

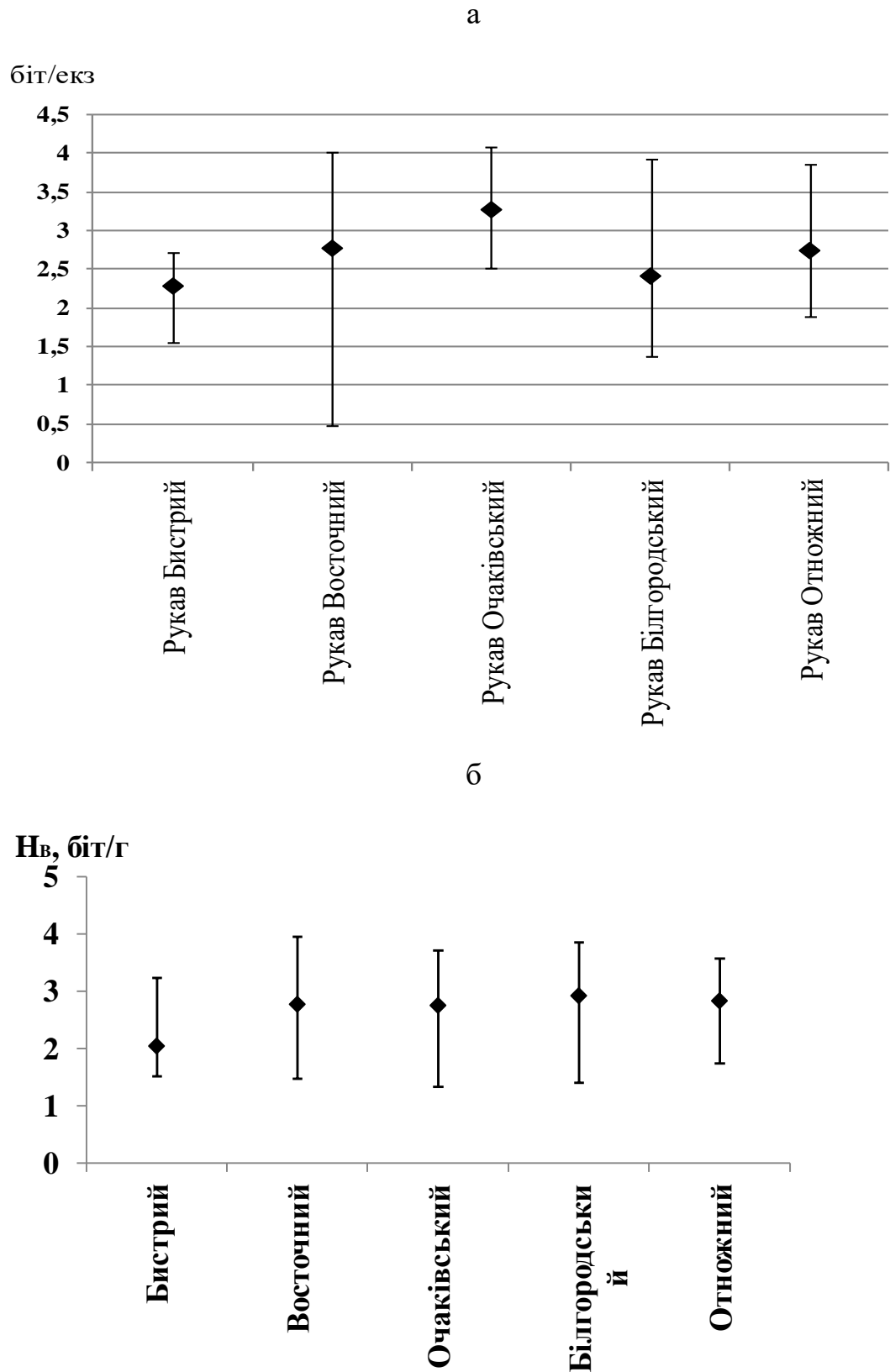


Рис.7.5.3. Коливання інформаційного індексу Шеннона за чисельністю  $H_N$  (а) та біомасою  $H_B$  (б) фітомікробентосу водотоків КДД

Проведені розрахунки коефіцієнта апроксимації достовірності між швидкістю течії і кількістю видів [231] (рис. 7.5.4). Це підтверджується:  $R^2=0,5898$ , що описується рівнянням  $y = -48,072x^3 + 122,78x^2 - 101,95x + 48,567$ .

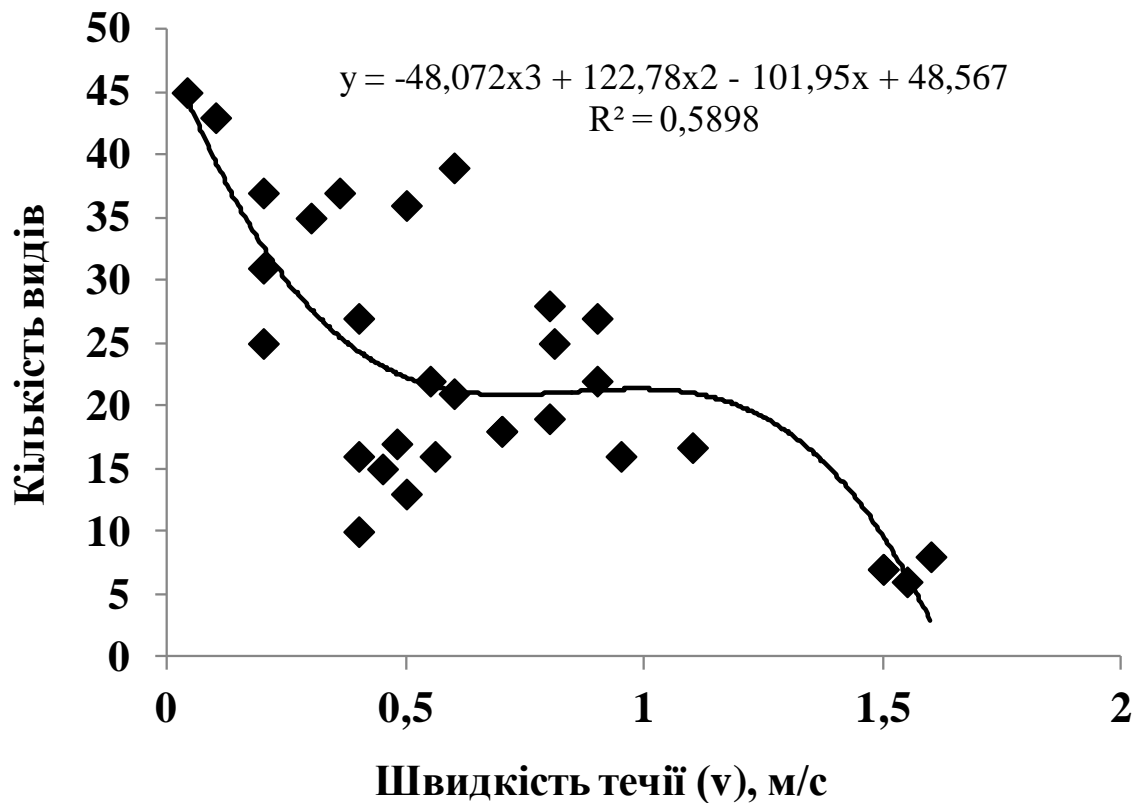


Рис.7.5.4. Динаміка видового багатства фітомікробентосу водотоків в залежності від швидкості течії води

Важливо підкреслити, що при швидкості течії у водному потоці вище 1,5 м/с, кількість видів фітомікробентосу є мінімальною, в той же час, при зменшенні швидкості течії до 1,0 м/с і нижче, кількість видів починає зростати (рис. 7.5.4).

Встановлено [231], що при зниженні швидкості течії, відмічалось збільшення кількісних показників фітомікробентосу, в подальшому, його біомаса продовжувала зростати, а чисельність зменшувалась в наслідок зміни структурної організації. Залежність кількісних показників від швидкості течії

води чітко підтверджують розраховані коефіцієнти апроксимації: для чисельності  $R^2 = 0,6217$ , що описується рівнянням  $y = 8415,2x^3 - 19126x^2 + 8150,7x + 4531,1$ ; біомаси  $R^2 = 0,7245$ , з відповідним рівнянням  $y = -6,6045x^3 + 21,097x^2 - 26,286x + 14,803$  (рис. 7.5.5).

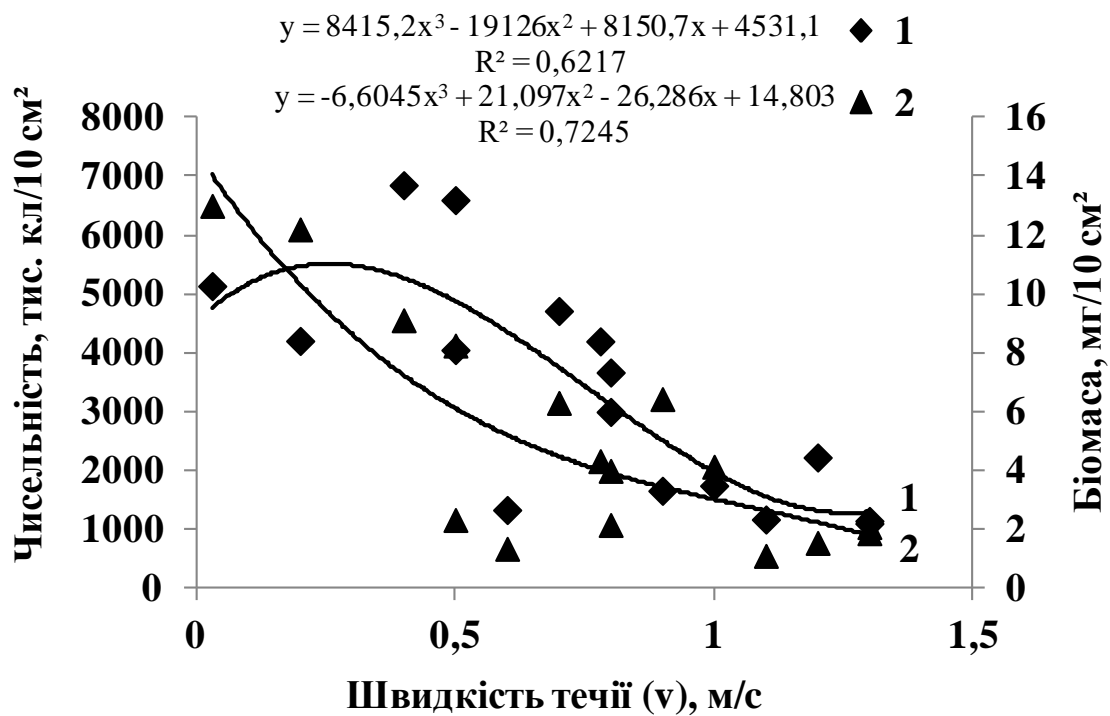


Рис.7.5.5. Чисельність (1) і біомаса (2) фітомікробентосу рукавів в залежності від швидкості течії води

Отже, приведені дані наглядно показують, що в залежності від швидкості течії води в дельтових рукавах формуються різні бентосні угруповання водоростей – з мінімальними чисельністю та біомасою при швидкостях течій 1,0–2,0 м/с, а при зниженні від 0,8 до 0,2 м/с, реєструється зростання кількісних показників фітомікробентосу [231].

Результати проведеного кластерного аналізу подібності видового складу фітомікробентосу рукавів представлені на рисунку 7.5.6. Можна виділити декілька кластерів, що об'єднують групи рукавів, які характеризуються подібністю видової структури комплексів фітомікробентосу.



Порівняльний аналіз водотоків КДД за коефіцієнтом Серенсена дозволив встановити ділянки зі схожими екологічними умовами та показав, що найбільш подібними являються донні угруповання водоростей рукавів Бистрий, Восточний та Очаківський ( $K_s=0,59$  та  $K_s=0,56$ , відповідно), що визначається значною швидкістю течії.

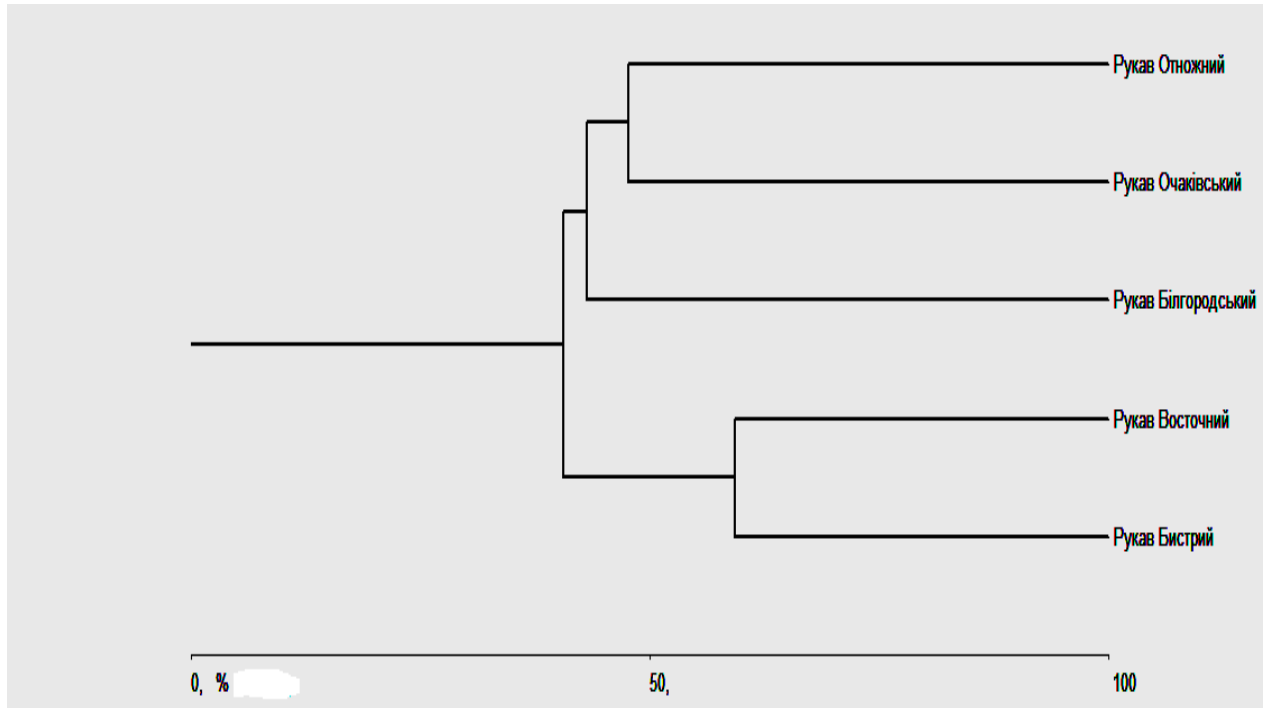


Рис. 7.5.6. Дендрограма кластерної подібності видового складу фітомікробентосу рукавів КДД

Отже, аналіз подібності видового складу фітомікробентосу водотоків КДД за коефіцієнтом Серенсена показав, що формування кластерів визначалося впливом такого екологічного чинника, як швидкість течії води та дозволив встановити ділянки зі схожими екологічними умовами.

Встановлено структурно-функціональну організацію фітомікробентосу рукавів Кілійської дельти, згідно якої більшу частку як видового багатства, так і чисельності та біомаси в водотоках складали діатомові водорості. В той же час, синьозелені водорості, яки характеризувалися дрібноклітинними розмірами, особливо при масовому розвитку суттєво впливали на показники

чисельності фітомікробентосу. Крім того, іноді відмічалися незначні коливання (зростання та зниження) розвитку зелених водоростей.

Спостерігалась тенденція до підйому різноманіття донних мікроводоростей зі зменшенням водного стоку, швидкості течії та збільшенням замулення в рукавах. Так, найбільші кількісні показники виявлені в фітомікробентосі затухаючого Білгородського рукава та стариці Отножний, найменші – рукава Бистрий. Швидкість течії (0,2–0,3 м/с) в придонному шарі не змиває мікроводорості зі дна, а навпаки, звільнює клітинні оболонки від продуктів їх життєдіяльності, завдяки чому поліпшується надходження в клітину нових поживних речовин, включаючи  $\text{CO}_2$  [30].

Рукави Бистрий та Восточний відрізняються великими глибинами, високою швидкістю течії, значною каламутністю води. При цьому, відмічаються мінімальні значення якісного і кількісного розвитку фітомікробентосу.

В рукавах Очаківський та Білгородський спостерігається зниження швидкості течії, і як наслідок, побільшується замулення, за таких умов відбувається зростання чисельності та біомаси фітомікробентосу.

В рукаві-стариці Отножний відмічається максимальне значення біомаси фітомікробентосу при значному зниженні його чисельності. Цьому сприяють мінімальна швидкість течії, малі глибини та замулення.

Таким чином, при зниженні швидкості течії і, відповідно, зменшенні активності гідрологічних процесів в рукавах, спостерігалось збільшення кількісного розвитку фітомікробентосу, в подальшому, біомаса продовжувала зростати, а чисельність бентосних мікроводоростей зменшувалась, внаслідок зміни структурної організації фітомікробентосу, та зміни дрібноклітинних форм на крупноклітинні, в основному представників Bacillariophyta.

В сезонній динаміці чисельності і біомаси фітомікробентосу рукавів встановлено чітко виражені весняний та літній піки. Восени структура домінуючих комплексів донних водоростей змінювалася, що може бути відгуком не тільки на різні швидкості водних потоків, а і проявом ефекту

синергізму, який обумовлений низькими осінніми температурами води, зменшенням інтенсивності сонячної радіації, зміною складу і доступності біогенних елементів [218].

Встановлено, що широкий діапазон коливань індексу інформаційного різноманіття Шеннона ( $H_N$ ,  $H_B$ ) свідчить про наявність переходу від монодомінантної до полідомінантної структури фітомікробентосу.

В цілому, аналіз розвитку донних мікроводоростей водотоків показав, що мінімальних значень видового багатства, чисельності і біомаси фітомікробентос досягав в багатоводні роки, а максимальних – в маловодні, якими в період наших досліджень були 2011 та 2017 роки.

## РОЗДІЛ 8. ПРОДУКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІТОМІКРОБЕНТОСУ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Основою процесів, що визначають стійкість водних екосистем є висока динамічність функціонування водоростевих угруповань, яка виражається у зміні якісних і кількісних показників розвитку водоростей, обумовлених різною продукційною активністю домінуючих видів водоростей, які є первопродуцентами в формуванні потоків енергії, колообігу речовин, і, в цілому, визначають природні характеристики водних екосистем [3, 19, 20, 106, 155].

У зв'язку з тим, що видовий склад, чисельність, біомаса і первинна продукція фітомікробентосу змінюється в широких межах, відносно постійним залишається порівняно обмежене число домінуючих або характерних видів, представляється можливим продукційну характеристику фітомікробентосу здійснювати саме за даними видами, та величинами питомої продукції – Р/В-коефіцієнтів [185–187, 191, 192].

В попередніх розділах встановлено, що склад домінуючого комплексу фітомікробентосу водойм та водотоків КДД був достатньо різноманітним. До домінуючих комплексів фітомікробентосу в досліджуваних об'єктах завжди входили діатомові водорості. Зміна величин їх біомаси обумовлювала динаміку загальної біомаси донних водоростевих угруповань. Іншою важливою характеристикою домінуючих комплексів фітомікробентосу було те, що весною до них приєднувались зелені, синьозелені та динофітові; влітку, як правило домінували діатомові та синьозелені; восени – діатомові, а в якості субдомінантів, особливо в першій декаді осені були зелені та синьозелені.

Така висока динамічність різноманіття домінуючих комплексів вплинула на продуктивність водних екосистем КДД. Збільшення чи зменшення інтенсивності первинної продукції пов'язано зі зміною домінуючого складу донних мікроводоростей [142]. Виходячи з характеристики розвитку фітомікробентосу, з'ясовано, що діатомові, зелені та синьозелені водорості

формували основні потоки енергії водних екосистем КДД, а також визначали інтенсивність колообігу речовин, фотосинтезу та деструкції органічної речовини.

Заслуговує на увагу той факт [191, 192], що незалежно від систематичної належності виду, зі зменшенням розмірів його клітин інтенсивність продукції збільшувалась. Тобто, для найбільш дрібних клітин водоростей фітомікробентосу характерна більш висока фотосинтетична продуктивність, ніж для крупних, тому доля дрібноклітинних водоростей в загальній продукції більш значуща, ніж у біомасі. Види, які представлені дрібнішими клітинами, характеризуються високою питомою продукцією (питомим фотосинтезом – Р/В-коефіцієнтом) – *S. hantzschii*, *C. kuetzingiana*, *M. punctata*, *M. irregulare*, *Ph. subfuscum*. Зі збільшенням об'єму клітин абсолютні показники чистої первинної продукції збільшуються, а питомої – знижуються. Дрібні клітини, порівняно з крупними, мають більшу питому поверхню та, відповідно, більш велику зону контакту з водним середовищем для забезпечення метаболічних процесів [152, 191, 192].

В різноманітних водних екосистемах, де у фітомікробентосі домінантами виступали крупноклітинні види діатомових водоростей, яким притаманна низька фотосинтетична активність, валова та чиста первинна продукція донних мікроводоростей падала. Наприклад, це спостерігалось при домінуванні *P. major*, *S. tenera*. Приведені нами розрахунки первинної продукції з використанням Р/В-коефіцієнтів та величинами біомаси домінуючих видів фітомікробентосу різнотипних водойм та водотоків КДД, показали, що в досліджених гідроекосистемах величини валової первинної продукції в різні сезони змінювались від 0,2 до 16,8 г O<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> × добу [81].

Сонячна радіація, яка надходить у водойми, являється джерелом тепла та необхідною умовою фотосинтезу. Кількість радіації залежить від її інтенсивності та від оптичних властивостей водної маси. Оскільки фотосинтез відбувається в достатньо освітленому шарі води, потужність цього шару (фотична зона) є важливим гідрооптичним показником [92]. Показано, що в

затоках виникали оптимальні умови для підвищення продуктивності фітомікробентосу. Це обумовлено тим, що дані водойми мілководні, тому температурний режим, сонячна радіація та умови постачання необхідних для розвитку бентосних мікроводоростей біогенних елементів оптимальні, при цьому, зона фотосинтезу досягала дна.

При дослідженні структурно-функціональних характеристик донної альгофлори водойм, встановлено, що при переході від приморської частини та акваторій солонуватоводних заток до внутрішньодельтових прісноводних заток, видове багатство, чисельність, біомаса, а, відповідно, первинна продукція збільшувались. При цьому переході в ґрунтових відкладеннях водних екосистем спостерігалось збільшення замулення – від пісків до сірих та чорних мулів. Найбільш продуктивними виступали прісноводні затоки, де в ґрунтових відкладеннях переважали чорні мули, багаті легко доступними для мікроводоростей органічними речовинами (Ананькін Кут).

Встановлена інтенсивність первинної продукції в затоках КДД приведена на (рис. 8.1). Мінімум первинної продукції фітомікробентосу спостерігався в солонуватоводних затоках, де в донних відкладеннях виступали піски (Шабош Кут). Так, наприклад, інтенсивність первинної продукції озера Ананькін Кут становила  $16,12 \pm 1,22$  г  $O_2/m^2 \times$ добу, затоки Потапів Кут –  $13,89 \pm 2,54$  г  $O_2/m^2 \times$ добу, затоки Солоний Кут –  $7,23 \pm 1,94$  г  $O_2/m^2 \times$ добу затоки Шабош Кут –  $4,31 \pm 0,76$  г  $O_2/m^2 \times$ добу та ін. [81].

Встановлені [81] певні закономірності сезонної динаміки первинної продукції фітомікробентосу. Так, в затоках КДД відбувалось зменшення осіннього фотосинтезу донних водоростей, що може бути пов'язано зі зниженням температури води та зі зменшенням сонячної радіації. Також, восени збільшувалась кількість видів діатомових водоростей, які мали клітини великих розмірів з низькою питомою фотосинтетичною активністю.

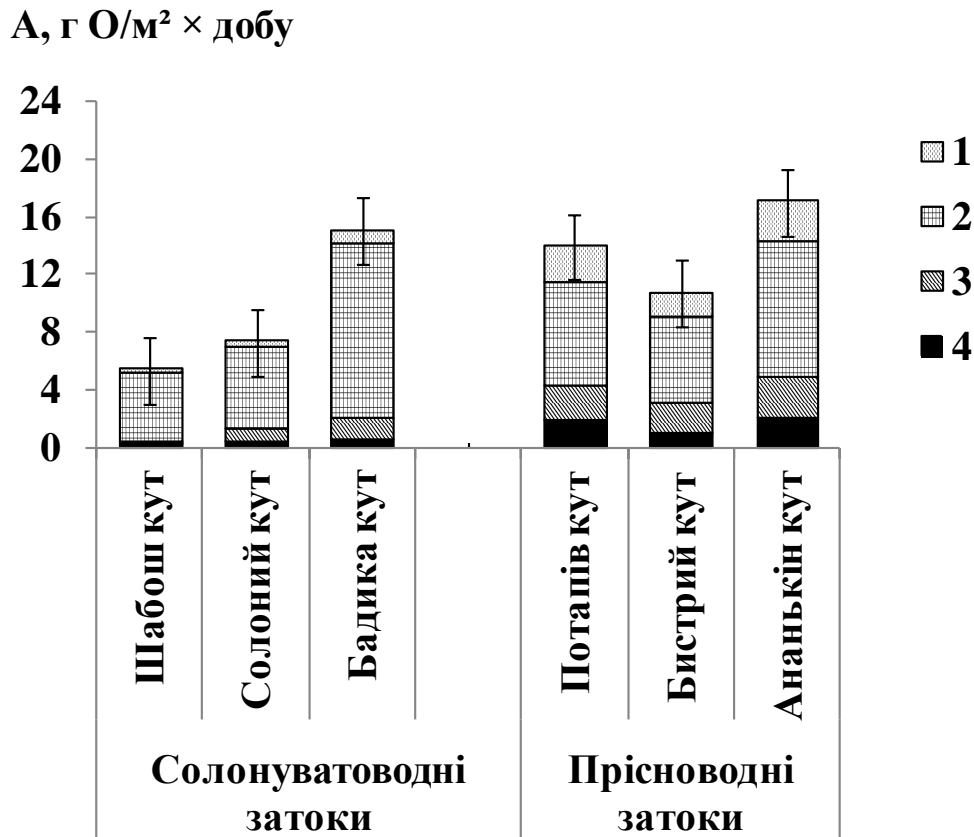


Рис. 8.1. Інтенсивність первинної продукції фітомікробентосу прісноводних та солонуватоводних заток Кілійської дельти Дунаю: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.

Визначено [81], що чим вище видове та таксономічне різноманіття в затоках, тим більше інтенсивність первинної продукції і навпаки. На ділянках з високою концентрацією синьозелених водоростей інтенсивність первинної продукції знижувалась, це може бути обумовлено тим, що поряд із значним їх розвитком в фітомікробентосі, паралельно значно розвивались Cyanophyta планктону, створюючи тіньовий ефект, що негативно впливав на фотосинтез донних водоростей. Отже, масовий розвиток Cyanophyta в поверхневих горизонтах виступає природним чинником, який інгибує процеси первинного продукування в донних горизонтах, а, отож, це зменшує видове різноманіття донних альгоценозів.

Водотоки дельти Дуная відрізняються великою швидкістю течії та значною каламутністю води, що негативно вплинуло на фотосинтетичну активність водоростей на дні. В рукавах відмічались не високі показники інтенсивності первинної продукції фітомікробентосу. Спостерігалась тенденція до збільшення продуктивності донних мікробентосів зі зменшенням водного стоку, швидкості течії та збільшенням замулення в рукавах. Найбільш продуктивним виявився фітомікробентос затухаючого Білгородського рукава та стариці Отножний, найменш продуктивним – фітомікробентос рукава Бистрий. Як вказано в попередньому розділі, мала швидкість течії (0,2–0,3 м/с) в придонному шарі не змиває водорості зі дна, але, звільнює клітинні оболонки від продуктів їх життєдіяльності, тому надходження в клітину нових поживних речовин поліпшується. Відповідно, на рисунку 8.2 представлена інтенсивність первинної продукції досліджуваних рукавів КДД та структурна організація домінуючого комплексу фітомікробентосу [81].

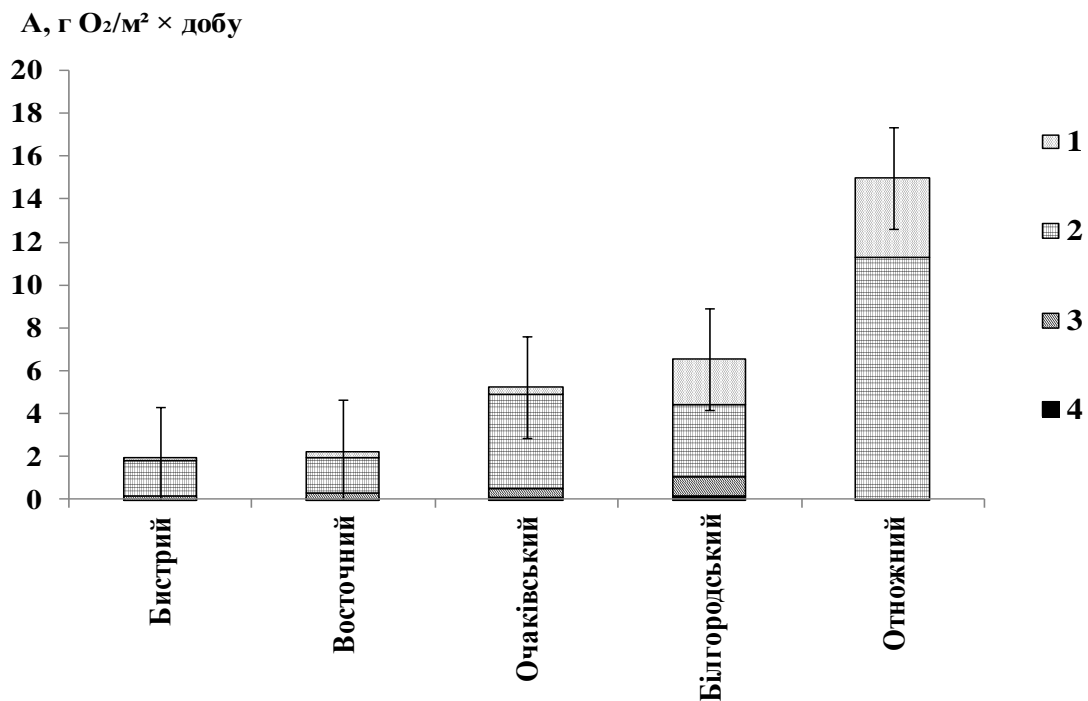


Рис. 8.2. Інтенсивність первинної продукції і співвідношення таксономічних груп в продукції фітомікробентосу рукавів: 1 – Cyanophyta; 2 – Bacillariophyta; 3 – Chlorophyta; 4 – інші.



Аналіз всього масиву даних по домінуючим комплексам фітомікробентосу і використання відповідних Р/В-коефіцієнтів показує, що розповсюдження первинної продукції підпорядковується тим же закономірностям, що і розповсюдження біомаси мікроводоростей, тому між ними простежувався позитивний зв'язок. Так, в літній період в водоймах та водотоках КДД підйоми інтенсивності первинної продукції відповідали підйомам біомаси, однак максимальні їх значення не завжди співпадали. Максимальна продуктивність реєструвалась на початку масової вегетації видів та їх входженні в домінуючий комплекс фітомікробентосу, коли біомаса починала зростати, з накопиченням біомаси продуктивність видів знижувалась, що було показано і на продукційних характеристиках фітопланктону Київського водосховища [187]. Підтвердженням цих закономірностей для різнотипних водойм та водотоків КДД є розраховані коефіцієнти достовірності. Коефіцієнти апроксимації становили: для прісноводних заток  $R^2 = 0,6184$ , що описується рівнянням  $-0,0035x^2 + 0,4389x + 3,4019$ ; для солонуватоводних заток  $R^2 = 0,8309$ , який визначається рівнянням  $-0,0076x^2 + 0,6624x + 0,9819$ ; для водотоків  $R^2 = 0,6024$ , та рівнянням  $-0,058x^2 + 1,174x + 0,3254$ . Відповідні графічні дані приведені на (рис. 8.3, а; б; в) [81].

Отже, визначено просторову поліноміальну залежність між валовою первинною продукцією і біомасою фітомікробентосу.

Одержана нами залежність між біомасою та первинною продукцією узгоджується з матеріалами досліджень інших авторів [14, 108, 137, 191, 192].

Зниження фотосинтетичної активності мікроводоростей зі зростанням біомаси може бути обумовлено рядом причин – виснаженням середовища біогенними елементами, зменшення розчиненого кисню, погіршення фізіологічного стану водоростей, самозатіненням.

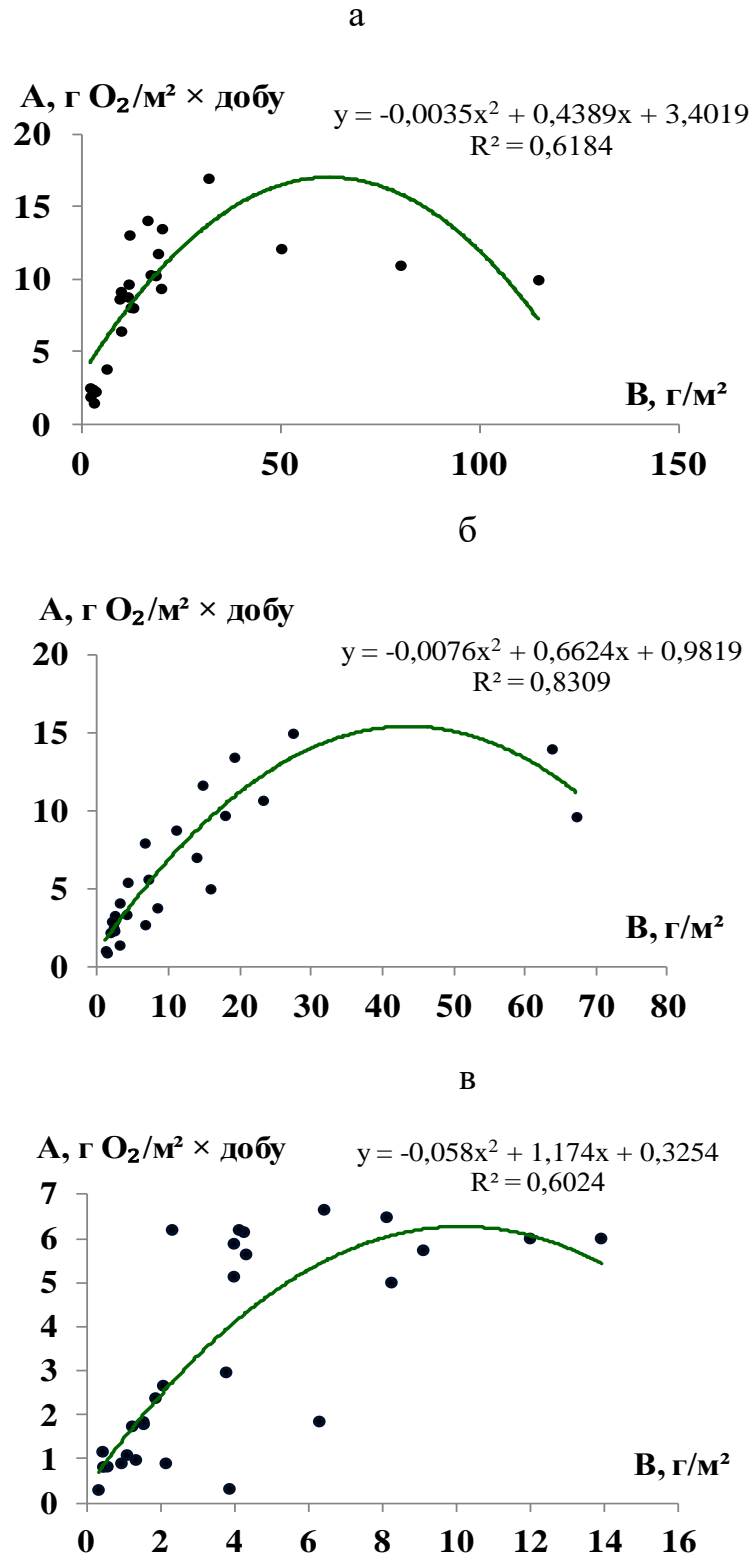


Рис.8.3. Залежність інтенсивності первинної продукції фітомікробентосу різнотипних водних екосистем від біомаси: а – прісноводних заток; б – солонуватоводних заток; в – рукавів.

Отже, встановлено закономірності формування первинної продукції фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. Інтенсивність первинної продукції фітомікробентосу визначається його компонентним складом, тривалістю вегетаційного періоду, низкою гідрохімічних та гідрологічних чинників, важливішими з яких є вміст біогенних елементів, освітленість і температура води. Збільшення чи зменшення інтенсивності первинної продукції пов'язано зі зміною домінуючого складу донних мікробіот. В цілому, в досліджених гідроекосистемах величини первинної продукції в різні сезони змінювались від 0,2 до 16,8 г O<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> × добу.

Таким чином, фітомікробентос – важливий біологічний компонент первинної автотрофної ланки, формує потоки енергії, створює органічні речовини, приймає участь в насиченні водної товщі водойм та водотоків киснем, при цьому його доля в первинній продукції може досягати суттєвих показників, що забезпечує життєдіяльність гідробіонтів вищих трофічних рівнів.

## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу натурних даних багаторічної динаміки таксономічного складу, екологічного різноманіття та кількісних показників фітомікробентосу різнотипних водних об'єктів Кілійської дельти Дунаю встановлено закономірності його формування, продукційні характеристики та залежність від низки абіотичних чинників: солоності води, типу донних відкладень, швидкості течії води.

1. У фітомікробентосі різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю виявлено 353 види водоростей (389 внутрішньовидових таксонів) з 8 відділів, 13 класів, 30 порядків, 110 родів. Вищим видовим і таксономічним багатством характеризуються донні мікрководорості заток дельти, порівняно з рукавами (371 і 173 в. в. т. відповідно). Значна частина фітомікробентосу (близько 80% видового багатства) представлені видами, які мають низьку частоту трапляння, що є специфічною ознакою їх приналежності до різних типів водойм.
2. За таксономічним різноманіттям домінуючими визначено Bacillariophyta (60%). Chlorophyta складала 19%, Cyanophyta – 9%, Euglenophyta – 7%. Cryptophyta, Chrysophyta, Dinophyta та Xanthophyta представлені поодинокими видами і не перевищували 1–2%.
3. За біотопічною приуроченістю найбільшу частку складала бентосні форми (41%), планктонно-бентосні (31%), планктонні (16%) та перифітонні форми (12%). Висока біотопічна багатоконпонентність сприяє реалізації адаптивних можливостей бентосних угруповань за дії різних абіотичних чинників.
4. В солонуватоводних затоках найбільші видове багатство, чисельність і біомаса фітомікробентосу зареєстровано на ділянках з сольовим діапазоном 2,00–5,00‰, збільшення кількісних показників донних водоростевих угруповань спостерігалось при підвищенні солоності від

- 10 до 12‰, а мінімальні показники реєструвались в градієнті солоності 6,00–8,00‰ внаслідок впливу зони «критичної солоності».
5. В затоках якісні та кількісні характеристики фітомікробентосу змінювались в залежності від типу донних відкладень: від мінімальних величин на чистих та замулених пісках до максимальних показників на сірих і чорних мулах.
  6. Встановлено, що в залежності від швидкості течії води в дельтових рукавах формуються різні бентосні угруповання водоростей: мінімальна кількість видів, чисельність і біомаса спостерігаються за швидкості течії 1,0–2,0 м/с, зниження швидкості течії до 0,2–0,8 м/с супроводжується зростанням видового багатства та кількісних показників фітомікробентосу.
  7. При збільшенні швидкості течії у річкових рукавах Кілійської дельти Дунаю в домінуючому комплексі фітомікробентосу зростає частка дрібноклітинних форм з родів *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, а при зменшенні швидкості течії провідна роль переходить до крупноклітинних форм з родів *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Gyrosigma*, *Surirella*; мінімальних значень чисельність і біомаса фітомікробентосу досягали в багатоводні роки, максимальних – в маловодні.
  8. Аналіз подібності видового складу фітомікробентосу за коефіцієнтом Серенсена показав, що формування кластерів визначалось впливом екологічних чинників, основними з яких є солоність води, тип донних відкладень, швидкість течії води. Кластери диференціювались на групи зі схожими ( $K_s=0,58-0,60$ ) та відмінними ( $K_s=0,26-0,42$ ) екологічними умовами навколишнього середовища.
  9. Інтенсивність первинної продукції фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю в літній період змінювалася від 0,20 до 16,80 г  $O_2/m^2 \times \text{добу}$ . Найбільша продуктивність характерна для

- прісноводних заток, де в ґрунтових відкладеннях переважали чорні мули, мінімум первинної продукції спостерігався в солонуватоводних затоках, де в донних відкладеннях переважали піски. В рукавах відмічено тенденцію збільшення продуктивності донних мікродоростей зі зменшенням швидкості течії та збільшенням замулення.
10. Встановлено просторову поліноміальну залежність між інтенсивністю первинної продукції і біомасою фітомікробентосу з коефіцієнтами детермінації в прісноводних та солонуватоводних затоках  $R^2 = 0,6986$  і  $R^2 = 0,8309$  відповідно, а в рукавах –  $R^2 = 0,5826$ .
  11. Спільною ознакою для різних типів водних об'єктів Кілійської дельти Дунаю є той факт, що максимальна продуктивність фітомікробентосу реєструвалась за присутністю в домінуючому комплексі дрібноклітинних видів (*Phormidium subfuscum*, *Oscillatoria amphibia*, *Merismopedia punctata*, *Monoraphidium irregulare*), а з появою крупноклітинних форм (*Gyrosigma spenceri*, *Nitzschia linearis*, *Surirella tenera*, *Cumatopleura solea*, *Oscillatoria tenuis*) продуктивність фітомікробентосу знижувалась.
  12. Порівняльний аналіз отриманих сучасних даних з ретроспективними за другу половину ХХ століття показав, що фітомікробентос був і є важливим компонентом автотрофної ланки гідроекосистем Кілійської дельти Дунаю, а збільшення кількості  $\beta$ -мезосапробів, поява  $\alpha$ -мезосапробів вказує на зростання антропогенного впливу на водні об'єкти.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Аладин Н. В. Концепция относительности и множественности зон барьерных соленостей. *Журнал общей биологии*. 1988. Т. 49, № 6. С. 825–833.
2. Аладин Н. В., Плотников И. С. Концепция относительности и множественности зон барьерных солёностей и формы существования гидросферы. *Труды Зоологического института РАН*. 2013, Приложение № 3. С. 7–21.
3. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.
4. Алмазов А. М., Майстренко Ю. Г. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика советского участка Дуная. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР*. 1961. Т. 36. С. 13–36.
5. Асаул З. І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. Київ: Наук. думка, 1975. 407 с.
6. Балонов И.М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии / Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. Москва: Наука, 1975. С. 87–91.
7. Балтийское море – критическое море / Аладин Н. В. и др. *Региональная экология*. 2017. № 1 (47). С. 9–15.
8. Барина С. С., Белоус Е. П., Царенко П. М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа. Киев: Издательство Университета Хайфы, 2019. 367 с.
9. Барина С. С., Бобоев М. Т. Критические подходы к флористическому анализу у пресноводных водорослей на примере флоры Южно-Таджикской депрессии. *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол.* 2015. Т. 120. вып. 1. С. 40–48.

10. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Piles Studio, 2006. 498 с.
11. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М: ВНИИ природы, 2000. 150 с.
12. Бертман Д. Я. Исследование динамики наносов на взморье Килийской дельты Дуная с помощью люминесцирующих красителей. *Тр. океаногр. ин-та*, 1964. вып. 78. С. 93–105.
13. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяції и сообщества. В 2-х т. Т. 1. М: Мир, 1989. 667 с.
14. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяції и сообщества. В 2-х т. Т. 2. М: Мир, 1989. 477 с.
15. Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління / за ред. Ю. П. Шеляг-Сосонко. Київ: Наук. думка, 1999. 702 с.
16. Богатова Ю.И. Гидрохимический режим украинского участка взморья Дуная. *Водные ресурсы*. 2013. Т. 40, №3. С. 295–305.
17. Большаков В. С. О влиянии стока Дуная на гидрологический режим северо-западного района Черного моря. *Одинадцатая конференция по Дунаю: тезисы докл. XI Междунар. конф. по лимнолог. изучению Дуная*, сент. 1967 р. Киев: Наук. думка, 1967. С. 15–17.
18. Брянцева Ю. В., Лях А. М., Сергеева А. В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь. 2005. 25 с.
19. Бульон В. В. Закономерности первичной продукции в лимнологических экосистемах. Ленинград: Наука, 1994. 218 с.
20. Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Ленинград: Наука, 1983. 150 с.



21. Бухтиярова Л. Н. Bacillariophyta в биомониторинге речных экосистем. Современное состояние и перспективы использования. Альгология. 1999. Т. 9, №3. С. 89–103.
22. Важнов А. Н. Гидрология рек: Учебник. Москва: изд.-во Москов. ун.-та, 1976. 339 с.
23. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Ленинград: Наука, 1969. 232 с.
24. Васильчук Т. А., Клоченко П. Д. Динамика содержания биогенных и органических веществ в некоторых притоках Днепра и ее связь с развитием фитопланктона. Гидробиол. журн. 2001. Т. 37, № 1. С. 36–47.
25. Владимирова К. С. Взаимосвязь между фитопланктоном и фитомикробентосом водохранилищ. В кн. «Цветение» воды. Киев: Наук. думка, 1968. С. 67–81.
26. Владимирова К. С. До питання про вивчення донних водоростей Дніпровсько-Бузького лиману. *Дніпровсько-Бузький ліман* / відп. ред. О. І. Іванов, К. С. Бугай. Київ: Наук. думка, 1971. С. 155–202.
27. Владимирова К. С. Методика изучения первичной продукции донных водорослей. *Гидробиол. журн.* 1969. Т. V. №4. С. 128–130.
28. Владимирова К. С. Удосконалений прилад для збору проб фітомікробентосу. *Укр. ботан. журн.* 1961. Т. 18. №2. С. 81–84.
29. Владимирова К. С. Фитомикробентические комплексы устьевых областей Днепра и Килийского рукава Дуная. *Одинадцатая конференція по Дунаю*: тезисы докл. XI Междунар. конф. по лимнолог. изучению Дуная, сент. 1967 р. Киев: Наук. думка, 1967. С. 39–42.
30. Владимирова К. С. Фитомикробентос Днепра, его водохранилищ и Днепро-Бугского лимана. Киев: Наук. думка, 1978. 230 с.
31. Владимирова К. С. Фитомикробентос Дуная и заливов Килийской дельты. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР.* 1961. Т. 36. С. 128–144.

32. Владимирова К. С., Зеров К. К. Донная растительность заливов Килийской дельты Дуная. *Гидробиол. журн.* 1966. Т. 2, № 2. С. 9–17.
33. Водоросли: Справочник / под. ред. С. П. Вассера, Н. В. Кондратьевой, Н. П. Масюк. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
34. Генкал С. И. Атлас диатомовых водорослей планктона р. Волги. СПб: Гидрометеоиздат, 1992. 128 с.
35. Гидрология дельты Дуная / под ред. В.Н. Михайлова. Москва: ГЕОС, 2004. 448 с.
36. Гидрология устьевой области Дуная / под редакцией Я. Д. Никифорова, К. Дьякону. Москва: Гидрометеорол. изд-во, 1963. 384 с.
37. Голлербах М. М. Водоросли, их строение, жизнь и значение. Москва: Изд-во МОИП, 1951. 172 с.
38. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли / Определитель пресноводных водорослей СССР. М. – Л: Изд-во АН СССР, 1962. Вып. 5. 272 с.
39. Голлербах М. М., Полянский В. И. Пресноводные водоросли и их изучение. Вып. 1. Москва: Изд-во «Советская наука», 1951. 200 с.
40. Горбулин О.С., Догадина Т.В., Косик Е.Л. Водоросли техногенных соленых озер Донбасса. *Вісник ХНАУ. Серія Біологія.* 2003. №5 (3). – С. 28–35.
41. Гусяков Н. Е., Закордонец О. А., Герасимюк В. П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. Киев: Наук. думка, 1992. 112 с.
42. Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России / *Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России.* Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002. С. 5–22.

43. Девяткин В.Г., Митропольская И.В. О соотношении встречаемости и численности видов в фитопланктоне. *Альгология*. 1994. 4, №2. С. 34–38.
44. Дедусенко-Щеголева Н. Т., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. Желтозеленые водоросли – Xanthophyta. М.–Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1962. 272 с.
45. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. Киев: Наук. думка, 1979. 292 с.
46. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Ч. 1. Річки. Т. II. Вип. 1. Басейн Дунаю. Київ: ЦГО, 2010. 522 с.
47. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Ч. 1. Річки. Т. II. Вип. 1. Басейн Дунаю. Київ: ЦГО, 2011. 440 с.
48. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Ч. 1. Річки. Т. II. Вип. 1. Басейн Дунаю. Київ: ЦГО, 2012. 452 с.
49. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Ч. 1. Річки. Т. II. Вип. 1. Басейн Дунаю. Київ: ЦГО, 2013. 424 с.
50. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Ч. 1. Річки. Т. II. Вип. 1. Басейн Дунаю. Київ: ЦГО, 2015. 518 с.
51. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / под ред. З. И. Глезер, И. В. Макарова, А. И. Моисеева, В. А. Николаев. Ленинград: Наука, 1988. Т. 2. вып. 1. 116 с.
52. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / под ред. З. И. Глезер, И. В. Макарова, А. И. Моисеева, В. А. Николаев. СПб: Наука, 1992. Т. 2. вып. 2. 125 с.
53. Диатомовые водоросли СССР, ископаемые и современные / под ред. А. И. Прошкиной-Лавренко. Ленинград: Наука, 1974. 404 с.
54. Диатомовый анализ / под ред. А. Н. Криштофовича. Ленинград: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1949. 240 с.

55. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. АН України. Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного. Київ: Наук. думка, 1994. 280 с.
56. Дьяченко Т. Н. Динамика высшей водной растительности водоемов Килийской дельты Дуная в связи с антропогенным воздействием. *Гидробиол. журн.* 2010. Т. 46, № 5. С. 30–42.
57. Евстигнеев В.М., Магрицкий Д.В. Практические работы по курсу «Речной сток и гидрологические расчеты»: Учебное пособие. 3-е изд. Москва: Географический факультет МГУ, 2013. 108 с.
58. Зависимость количественных показателей фитопланктона от концентрации взвешенных веществ в Дунае / Оксиюк О.П., Иванов А.И., Карпезо Ю.И., Тимченко В. М. *Гидробиол. журн.* 1990. Т. 26, № 3. С. 42–47.
59. Зеров К. К. Водная растительность Килийской дельты Дуная. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР.* 1961. Т. 36. С. 37–49.
60. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.–Л.: Наука, 1967. 398 с.
61. Иванов А. И. О влиянии Дуная на фитопланктон северо-западной части Черного моря. *Одинадцатая конференция по Дунаю: тезисы докл. XI Междунар. конф. по лимнолог. изучению Дуная, сент. 1967 р.* Киев: Наук. думка, 1967. С. 79–81.
62. Иванов А. И. Фитомикробентос Дуная и заливов переднего края Килийской дельты. *Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / отв. ред. В. Д. Романенко.* Киев: Наук. думка, 1993. С. 83–85.
63. Иванов А. И. Фитопланктон Дуная и заливов Килийской дельты. *Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / отв. ред. В. Д. Романенко.* Киев: Наук. думка, 1993. С. 77–83.

64. Иванов А. И. Фитопланктон советского участка Дуная и заливов переднего края Килийской дельты. *Гидробиологические исследования Дуная и придунайских водоемов*. Киев: Наук. думка, 1987. С. 44–57.
65. Иванов А. И. Фитопланктон устьевых областей рек северо-западного Причерноморья. Киев: Наук. думка, 1982. 212 с.
66. Иванов В. А., Миньковская Р. Я. Морские устья рек и устьевые процессы: Учеб. в 2 ч. Севастополь: Мор. гидрофиз. ин-т, 2008. 806 с.
67. Изменение длины колоний планктонной диатомовой водоросли *Aulacoseira baicalensis* на разных стадиях годового цикла в озере Байкал / Бедошвили Е. Д. и др. *Гидробиол. журн.* 2007. Т. 43. №3. С. 81–89.
68. Иванов О.І., Карпезо Ю.І. Мікрофіти: фітопланктон і мікрофітобентос / Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління. Київ: Наук. думка, 1999. С. 161–168.
69. Карпезо Ю. И. Микрофитобентос советского участка Дуная: тезисы докладов II съезда гидробиологов Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1991. С. 50–52.
70. Карпезо Ю. И., Давыдов О. А. Скорость течения воды как фактор, оказывающий влияние на уровень развития микрофитобентоса в Дунае: тези доповідей II з'їзду гідроекологічного тов-ва України. Т. 1. Київ: Б. в., 1997. С. 117–118.
71. Карпезо Ю.Г., Давыдов О.А. Сапробиологическая характеристика по фитопланктону и микрофитобентосу. *Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроеcosystem Украины* / отв. ред. В. И. Монченко. Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2005. С. 238–242.
72. Карпезо Ю.Г., Давыдов О.А. Флористическое богатство, первичная продукция сообществ (группировок) водорослей водоемов и водотоков в условиях антропогенного влияния. *Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроеcosystem Украины* / отв. ред.

- В. И. Монченко. Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2005. С. 90–102.
73. Карпезо Ю.И., Иванов А.И. Материалы к биоразнообразию Дунайского заповедника (фитопланктон, микрофитобентос). *Итоги и перспективы гидроэкологических исследований: материалы науч.-практ. конф.* Минск: Б. и., 1999. С. 115–121.
74. Киселев И. А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. Пирофитовые водоросли. Москва: Изд-во «Советская наука», 1954. 212 с.
75. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Ленинград: Наука, 1969. Т. 1. 358 с.
76. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Ленинград: Наука, 1980. Т. 2. 440 с.
77. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабінченко. Київ: Вид.-во Раєвського, 2003. 343 с.
78. Клоков В. М., Дьяченко Т. Н. Высшая водная растительность. *Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов /* отв. ред. В. Д. Романенко. Киев: Наук. думка, 1993. С. 41–77.
79. Козійчук Е.Ш. Еколого-географічне різноманіття фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. Наукові доповіді НУБіП України, [S.1], п. 2(78), кві. 2019. ISSN 2223-1609. URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12618> (дата звернення: 02.12.2019).
80. Козійчук Е.Ш. Особливості розвитку фітомікробентосу прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю / *Біоресурси і природокористування*. 2017. Т. 9, № 5–6. С. 26–33.
81. Козійчук Е.Ш. Продукційні характеристики фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю / *Наук.зап. Тернопіль. нац.пед.-*

- ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2015. № 3–4 (64). С. 328–331.
82. Козійчук Е. Ш. Різноманіття фітомікробентосу рукавів Білгородський та Отножний Кілійської дельти Дунаю: збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологіч. тов-ва Укр, присвяч. 110-річчю заснув. Дніпр. біол. ст. Київ, 2019. С. 49–51.
83. Комплексная характеристика донных отложений разнотипных водных объектов авандельты Килийского рукава Дуная / Романенко В. Д. и др. *Гидробиол. журн.* 2011. Т. 47, № 3. С. 3–20.
84. Кондратьева Н. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1. Ч. 2. Синьо-зелені водорості – Суанophyta. Київ: Наук. думка, 1968. 523 с.
85. Кондратьева Н. В., Коваленко О. В., Приходькова Л. П. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 1. Ч. 1. Загальна характеристика синьозелених водоростей – Суанophyta. Клас хроококові – Chroococcophyceae. Клас хамесифонові – Chamaesiphonophyceae. Київ: Наук. думка, 1984. 388 с.
86. Константинов А. С. Общая гидробиология. Москва: Высшая школа, 1986. 472 с.
87. Кордэ Н.В. Донные синезеленые озер Залучья. *Тр. лаб. сапронел. отложений.* 1950. Вып. 4. С. 68–90.
88. Корнева Л. Г. Генкал С. И. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона волжских водохранилищ // Каталог растений и животных водоемов бассейна Волги / Отв. ред. В. Н. Яковлев. Ярославль: Изд.-во ЯГТУ, 2000. С. 5–103.
89. Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 5. Підклас протококові (Protococcineae). Вакуольні (Vacuolales) та Протококові (Protococcales). Київ: Вид-во АН УРСР, 1953. 440 с.

90. Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей УРСР. Вип. 4. Volvocineae. Київ: Вид-во Акад. наук УРСР, 1938. 184 с.
91. Левадная Г. Д. Микрофитобентос реки Енисей. Новосибирск: Наука, 1986. 287 с.
92. Лиманы Северного Причерноморья / Полищук В. С. и др. АН УССР. Ин-т гидробиологии. Київ: Наук. думка, 1990. 204 с.
93. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов. *Океанология*. 1994. Т. 34, № 5, С. 735–747.
94. Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е. Сравнительная характеристика показателей разнообразия макрофауны беспозвоночных украинской и румынской частей дельты Дуная. *Гидробиол. журн.* 2009. Т. 45, № 4. С. 17–33.
95. Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е., Маковский В. В. Современное состояние макрофауны беспозвоночных украинской части низовий Дуная. *Гидробиол. журн.* 2007. Т. 43, № 2. С. 23–36.
96. Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е. Биоиндикация качества вод Килийской дельты Дуная по организмам макрофауны водных беспозвоночных. *Гидробиол. журн.* 2012. Т. 48, № 4. С. 45–66.
97. Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е. Макробеспозвоночные морского края и приустьевого взморья Килийской дельты Дуная. *Гидробиол. журн.* 2014. Т. 50, № 6. С. 3–22.
98. Ляшенко А. Ф. Биология молоди дунайской сельди и ее количественный учет. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР*. 1953. № 28. С. 85–117.
99. Майр Э. Принципы зоологической систематики / пер. с англ. М. В. Миной. Москва: Мир, 1971. 454 с.
100. Марковский Ю. М. Фауна беспозвоночных низовьев рек Украины, условия ее существования и пути использования. Часть III. Водоемы Килийской дельты Дуная. Киев: Изд.-во АН УССР, 1955. 280 с.



101. Матвиенко А. М. Определитель пресноводных водоростей СССР. Вып. 3. Золотистые водоросли. Москва: Изд-во «Советская наука», 1954. 188 с.
102. Матвієнко О. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 3. Ч. 1. Золотисті водорості – Chrysophyta. Київ: Наук. думка, 1965. 368 с.
103. Матвієнко О. М., Литвиненко Р. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 3. Ч. 2. Пірофітові водорості – Pyrophyta. Київ: Наук. думка, 1977. 386 с.
104. Матвієнко О.М., Догадина Т.В. Визначник прісноводних водоростей УРСР. Вип. 10. Жовтозелені водорості – Xanthophyta Київ: Наук. думка, 1978. 509 с.
105. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М. та ін.; за ред. В. Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
106. Минеева Н. М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги. Ярославль: Принтхаус, 2009. 279 с.
107. Михайлов В.Н., Вагин Н.Ф., Морозов В.Н. Основные закономерности гидрологического режима дельты Дуная и его антропогенных изменений. *Водные ресурсы*. 1981. № 6. С. 22–44.
108. Михеева Т. М. О показателях удельной активности фитопланктона и некоторых причинах, их определяющих. *Гидробиол. журн.* 1977. Т. XIII, № 3. С. 11–15.
109. Мороз Т. Г. Макрозообентос лиманов и низовий рек северо-западного причерноморья. Киев: Наук. думка, 1993. 187 с.
110. Морские устья рек и устьевые процессы: Учеб. в 2 ч. Севастополь: Мор. гидрофиз. ин-т, 2008. 806 с.
111. Мошкова Н. О. Визначник прісноводних водоростей Української ССР. Вип. VI. Улотриксіві водорості – Ulotrichales. Кладофорові водорості – Cladophorales. Київ: Наук. думка, 1979. 500 с.

112. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2010. 283 с.
113. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2011. 270 с.
114. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2012. 282 с.
115. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2013. 274 с.
116. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2015. 280 с.
117. Научно-технический отчет Дунайской гидрометеорологической обсерватории. Измаил: ДГМО, 2017. 291 с.
118. Національний природний парк «Прип'ять-Стохід». Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / Щербак В. І. та ін; за ред. В. І. Щербака. Київ: Фітосоціоцентр, 2011. 164 с.
119. Нестерова Д. А. Развитие фитопланктона в северо-западной части Черного моря в весенний, летний, и осенний периоды. *Биология моря*. 1977. Вып. 43. С. 17–23.
120. Новиков Б. И. Донные отложения днепровских водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1985. 172 с.
121. Одум Ю. Основы экологии. / Под ред. Н.П. Наумова. Москва: Мир, 1975. 740 с.
122. Окснюк О. П., Давыдов О. А., Карпезо Ю. И. Оценка экологического состояния водных объектов по фитопланктону и фитобентосу (на примере украинского участка Дуная). *Гидробиол. журн.* 2009. Т. 45, №2. С. 3–12.
123. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли / Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Москва: Изд.-во «Советская наука», 1951. 618 с.

124. Основи альгосозології / Отв. ред. Н. В. Кондратьєва, П. М. Царенко. НАН України. Ін-т ботаніки ім. Н. Г. Холодного. Київ: «Академперіодика», 2008. 480 с.
125. Охалкин А. Г., Генкал С. И. Экология массовых видов диатомовых водоростей планктона водотоков бассейна средней Волги: виды родов *Aulacoseira* Thw., *Melosira* Ag., *Cyclotella* Kutz., *Cyclostephanos* Round, *Skeletonema* Grev., пеннатные диатомеи. Биология внутренних вод. 2001. №1. С. 27–35.
126. Паламар-Мордвинцева Г. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 8. ч. 1. Кон'югати – *Conjugatophyceae*. Мезотенієві – *Mesotaeniales*, гонатозигові – *Gonatozygales*, десмідієві – *Desmidiales*. Київ: Наук. думка, 1984. 512 с.
127. Паламар-Мордвинцева Г. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 8. ч. 2. Кон'югати – *Conjugatophyceae*. Десмідієва – *Desmidiales*. Київ: Наук. думка, 1986. 318 с.
128. Паламар-Мордвинцева Г. М. Определитель пресноводных водоростей СССР. Вып. 11 (2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. Ленинград: Наука, 1982. 620 с.
129. Поздняков А. А. Значение правила Виллиса для таксономии. *Журнал общей биологии*. 2005. Т. 66, № 4. С 326–335.
130. Поздняков А. А. Структура биологического разнообразия. *Философия науки*. №3 (62). 2014. С. 67–92.
131. Полищук В. В. Состав и особенности гидрофауны низовьев Дуная в пределах СССР. *Одинадцатая конференция по Дунаю: тезисы докл. XI Междунар. конф. по лимнолог. изучению Дуная*, сент. 1967 р. Киев: Наук. думка, 1967. С. 126–130.
132. Полищук В. В., Герасевич И. Г. Биогеографические аспекты изучения водоемов бассейна Дуная в пределах СССР. Киев: Наук. думка, 1986. 210 с.

133. Полищук Л. Н, Белокаминский А. А. Зоопланктон Ананькина залива (Черное море, Килийская дельта Дуная). *Гидробиол. журн.* 2002. Т. 38, № 1. С. 23–31.
134. Поліщук В. В. Гідрофауна пониззя Дунаю в межах України. Київ: Наук. думка, 1974. 420 с.
135. Поліщук В. В., Шепя В. В. Історична біогеографія Дунаю. Київ: Вид-во «Краса і мода», «Бруклін-Київ ЛТД», 1998. 512 с.
136. Помазкина Г. В., Родионова Е. В., Мушникова О. Ю. Микрофитобентос Южного Байкала (Россия). *Альгология.* 2008. Т. 18, № 2. С. 160–172.
137. Приймаченко А. Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. Киев.: Наук. думка, 1981. 278 с.
138. Приймаченко А. Д., Литвинова М. А. Распределение и динамика синезеленых водорослей в днепровских водохранилищах. В кн. «Цветение» воды. Киев: Наук. думка, 1968. С. 42–65.
139. Протасов О. О. Біогеоміка. Екосистеми світу в структурі біосфери / Інститут гідробіології НАН України. Київ: Академперіодика, 2017. 382 с.
140. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.–Л.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1955. 222 с.
141. Прошкина-Лавренко А. И. Реликтовые диатомовые Черного моря. *Ботан. мат-лы отдела споровых растений.* Ленинград: Изд-во АН СССР. 1955. Т. 10. С. 45–69.
142. Пырина И. Л. Зависимость первичной продукции от состава фитопланктона / Первичная продукция морей и внутренних вод. Минск: Изд-во высш. и сред. школы, 1961. С. 308–313.
143. Пырина И. Л. Интенсивность фотосинтеза у водорослей в связи с сезонной освещенностью. *Тр. Ин-та биологии водохранилищ АН СССР.* 1959. № 1 (4). С. 102–109.

144. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко. *Альгология*. 2000. Т. 10, № 4. 309 с.
145. Реймерс Н. Ф. Популярный биологический словарь. Москва: Наука, 1990. 544 с.
146. Ролл Я. В. Фитопланктон советского участка Дуная, его рукавов и заливов. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР*. 1961. Т. 36. С. 70–93.
147. Романенко В.Д. Основы гідроекології: Підручник. Київ: Обереги, 2001. 728 с.
148. Сафиуллина Л. М. Устойчивость почвенной водоросли *Eustigmatos magnus* (В. Petersen) Hibberd (Eustigmatophyta) к действию высоких температур. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. Т. 13, № 5(2). 2011. С. 212–215.
149. Сеничкина Л. Г. К методике вычисления объемов клеток планктонных водоростей. *Гидробиол. журн.* 1978. Т. 14, № 5. С. 102–105.
150. Сеничкина Л. Г. Объемные характеристики овальных и конических форм клеток планктонных водоростей. *Гидробиол. журн.* 1995. Т. 31, № 2. С. 103–108.
151. Сиренко Л. А. Физиологические основы размножения синезеленые водоростей в водохранилищах. Киев: Наук. думка, 1972. 203 с.
152. Скабичевский А. П. Значение размеров, формы клеток и колониальности некоторых *Melosira* для планктонного образа жизни. *Гидробиол. журн.* 1977. Т. XIII, № 4. С. 5–13.
153. Словник-довідник з ботаніки / Береговий П. М. та ін. Київ: Рад. шк., 1965. 588 с.
154. Современное состояние понто-каспийского комплекса макрофауны беспозвоночных низовьев р. Дунай в пределах Украины / Ляшенко А. В. и др. *Гидробиол. журн.* 2012. Т. 48, № 2. С. 21–40.
155. Сорокин Ю. И. Продукция фотосинтеза фитопланктона. Рыбинское водохранилище. Ленинград: Наука, 1972. С. 267–296.

156. Сравнительная характеристика таксономического состава макрофауны дельты Килийского рукава Дуная / Ляшенко А. В. и др. *Гидробиол. журн.* 2013. Т. 49, № 1. С. 29–43.
157. Структура и сукцессии литоральных биоценозов днепровских водохранилищ / Зимбалевская Л. Н. и др. Киев: Наук. думка, 1997. 204 с.
158. Топачевский А. В., Масюк Н. П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев: Вища школа, 1984. 336 с.
159. Топачевський О. В., Оксіюк О. П. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 11. Діатомові водорості – Bacillariophyta (Diatomeae). Київ: Наук. думка, 1960. 412 с.
160. Український гідрометеорологічний центр. URL: [www.meteo.gov.ua/](http://www.meteo.gov.ua/) (дата звернення: 02.09.2019).
161. Унифицированные методы исследования качества вод. Москва: Изд-во СЭВ, 1977. Ч. 3. 91 с.
162. Унифицированные методы исследования качества воды. / Атлас сапробных организмов. Москва, 1977. 227 с.
163. Фитофильная макрофауна как показатель экологического состояния водных объектов Килийской дельты Дуная / Афанасьев С. А. и др. *Гидробиол. журн.* 2008. Т. 44, № 2. С. 3–26.
164. Фосфор в окружающей среде / под ред. Э. Гриффита, А. Битона, Дж. Спенсера, Д. Митчелла. Москва: Мир, 1977. 760 с.
165. Харченко Т. А., Карпезо Ю. И. Первичная продукция планктона. *Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР.* 1961. Т. 36. С. 88–91.
166. Харченко Т. А., Ляшенко А. В. Оценка качества дунайской воды по сапробиологическим показателям. *Водные ресурсы.* 1993. Т. 20, № 4. С. 514–519.
167. Харченко Т. А., Ляшенко А. В. Структурно-функциональная характеристика макрозообентоса водных экотонов как индикаторный показатель их границ. *Гидробиол. журн.* 1996. Т. 32, № 2. С. 3–11.

168. Харченко Т. А., Ляшенко А. В., Башмакова И. Х. Ретроспективный анализ качества воды низовьев Дуная. *Гидробиол. журн.* 1999. Т. 35, № 6. С. 3–16.
169. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов. Ленинград: Наука, 1974. 235 с.
170. Хлебович В. В. Экология особи. Очерки фенотипической адаптации животных. С-Пб: Зоологический ин-т РАН, 2012. 144 с.
171. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
172. Царенко П. М., Петлеванный О. А. Дополнение к «Разнообразию водорослей Украины». Киев: Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины, 2001. 130 с.
173. Черноусова В. М., Сиренко Л. А., Арендарчук В. В. Локализация и физиологическое состояние массовых видов синезеленых водорослей в позднеосенний и весенний периоды. В кн. «Цветение» воды. Киев: Наук. думка, 1968. С. 81–91.
174. Черткова М. С. Порівняльна характеристика водотоків Кілійської дельти Дунаю за судинними макрофітами / *Наук. зап. Тернопіль. нац. пед.-ун-ту ім. Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2015. № 3–4 (64). С. 713–717.
175. Швець Г. І. Водність Дніпра. Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. 153 с.
176. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дубына Д. В. Государственный заповедник «Дунайские плавни». Киев: Наук. думка, 1984. 288 с.
177. Шемез Г. Характеристика фитопланктона Дуная с точки зрения количественного анализа. *Одинадцатая конференция по Дунаю: тезисы докл. XI Междунар. конф. по лимнолог. изучению Дуная*, сент. 1967 р. Киев: Наук. думка, 1967. С. 193–197.
178. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1980. 176 с.

179. Шуйский Ю. Д. Гидролого-морфологические черты формирования современной Килийской дельты Дуная. *Вісн. Одес. ун-ту*. 2003. Т. 8, вип. 11 С. 4–17.
180. Шуйский Ю. Д. Закономерности формирования морского края и дна устьевого взморья Килийской дельты Дуная. *Актуальні екологічні проблеми Півдня України: зб. наук. праць*. Херсон: Вид-во ПП Вишемирський В. С., 2006. С. 187–199.
181. Шуйский Ю. Д. К вопросу о нарастании морского края Килийской дельты Дуная. *Екологічні проблеми Чорного моря*. 2007. Вип. 7. С. 389–396.
182. Шуйский Ю. Д. Килийская дельта Дуная и вопросы водных путей. *Проблемы экологической безопасности транспортных коридоров в Черноморском регионе* / Отв. ред. О. В. Недоступ. Одесса: ОЦНТЭПИ, 2003. С. 148–159.
183. Шуйский Ю. Д. О динамике морского края Килийской дельты реки Дунай. *Океанология*. 1968. Т. 8, Вып. 5. С. 858–864.
184. Шуйський Ю. Д. Природні та штучні фактори впливу на дельтову систему Дунаю. *Геополітика і екогеодинаміка регіонів*. 2007. Вип. 2. С. 76–80.
185. Щербак В. И. Метод радиоавтографии в гидробиологических исследованиях / *Вопросы гидробиологии водоемов*. Киев: Наук. думка, 1988. С. 106–110.
186. Щербак В. И. Определение первичной продукции отдельных видов водорослей автордиографическим методом / *Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов*. СПб: Гидрометеиздат, 1993. С. 47–51.
187. Щербак В. И., Кузьменко М. И. Роль отдельных видов фитопланктона в формировании первичной продукции Киевского водохранилища. *Водные ресурсы*. 1984. № 2. С. 173–178.



188. Щербак В. И., Пыл Л. Л., Кленус В. Г. Первичная продукция фитопланктона Килийского рукава Дуная. *Гидробиол. журн.* 1987. Т. 23, № 4. С. 9–13.
189. Щербак В. И. Методи досліджень фітопланктону // Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ: 2002. С. 41–47.
190. Щербак В. И., Семенюк Н. Є. Фітопланктон як показник ступеню урбанізації внутрішніх водойм м. Києва. *Зб. наук. праць УкрНДГМІ.* 2003. №251. С. 156–162.
191. Щербак В.И. Продукционные характеристики доминирующих видов фитопланктона днепровских водохранилищ. *Альгология.* 1998. Т. 8, №3. С. 286–294.
192. Щербак В.И. Фотосинтетическая активность доминирующих видов днепровского фитопланктона. *Гидробиол. журн.* 1998. Т. 34, № 5. С. 11–22.
193. Щербак В.И., Семенюк Н.Е., Рудик-Леуская Н.Я. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка «Нижнесульский», Украина / Под ред. В.И. Щербака. Киев: Фитосоцицентр, 2014. 266 с.
194. Экосистема взморья украинской дельты Дуная / Александров Б. Г. и др. Одесса: Астропринт, 1998. 329 с.
195. Ярвекюльг А. А. Донная фауна восточной части Балтийского моря. Таллин: Валгус. 1979. 382 с
196. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocarota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Gaucocystophyta and Rhodophyta. Eds P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag. 2006. 713 p.
197. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta. Eds P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag. 2009. 413 p.

198. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta. Eds P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag. 2011. 511 p.
199. Banu A. C., Buzeteanu S. Date noi asupra proceselor actuale geomorfologice in Delta Dunării, cu privire speciala asupra colmatarilor. Ibid. 1966. Vol. 7. P. 255–266.
200. Biodiversity of Cyanoprocaryotes. Algae and Fungi of Israel. Cyanoprocaryotes and Algae of continental Israel. / Ed. by E. Nevo, S. P. Wasser. Ruggell. Liechtenstein: Gantner Verlag. K.-G., 2000. 713 p.
201. Brock M.A. The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia. *Hydrobiologia*. 1983. Vol. 105. P. 77–84.
202. Bukhtiyarova L. M. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv, 1999. 133 p.
203. Butterwick C., Heaney S.I., Talling J.F. Diversity in the influence of temperature on the growth rates of freshwater algae, and its ecological relevance. *Freshwater Biol.* 2005. Vol. 50. P. 291–300.
204. Crawford R.M. A fresh look at chain formation in planktonic diatoms. The second Vereshchagin Baikal conference: Abstracts, Oct. 5–10, 1995. Irkutsk, 1995. P. 96–97.
205. Cumming B.F., Wilson S.E., Hall R.I., Smol J.P. Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients and other limnological variables. *Bibl. Diatomol.* 1995. Vol. 31. P. 1–207.
206. DeNicola D.M. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems* / Ed. by R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, R. L. Lowe. San Diego: Acad. Press, 1996. P. 149–181.
207. Desortova B. Productivity of individual algae species in natural phytoplankton assemblage determined by means of autoradiography. *Arch. Hydrobiol.* 1976. Vol. 49, Heft 4. P. 415–449.

208. Growth rate of four freshwater algae in relation to light and temperature / Dauta A., Devaux J., Piquemal F., Boumnic L. *Hydrobiologia*. 1990. Vol. 207. P. 221–226.
209. Hansson L.-A. Factors regulating periphytic algal biomass. *Limnol. Oceanogr.* 1992. Vol. 37, Iss. 2. P. 322–328.
210. How do UV radiation, temperature, and zooplankton influence the dynamics of alpine phytoplankton communities / Williamson C.E., Salm C., Cooke S.L., Saros J.E. *Hydrobiologia*. 2010. Vol. 648. P. 73–81.
211. Hydrobiocenoses of the transboundary sections of the Ukrainian and Romanian parts of the Danube delta: Гідробіоценози транскордонних ділянок української та румунської дельти Дунаю: монографія / А. В. Ляшенко та ін.; за заг. ред. к. б. н. А. В. Ляшенка. Київ: Кафедра, 2018. 312 с.
212. Jansson B.-O. Ecosystem approach to the Baltic problem. *Bull. Ecol. Res. Comm. NFR*. 1972. № 16. P. 1–82.
213. Karpezo Yu.I., Davydov O.A. The development of algae in the spring plankton and benthos of the Danube river: *Intern. conf. on water pollution control in the basin of the River Danube*. Novi Sad, Yugoslavia, 1989. P. 350–352.
214. Kinne O. (ed.) *A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal waters I. Environmental Factors. Part 2*. New York-London-Sydney-Toronto: Wiley Interscience, 1971. P. 683–1244.
215. Kinne O. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals: II. Salinity and temperature. Salinity combinations. *Oceanogr.* 1964, Mar. Biol. Ann. Rev. 2. P. 281–339.
216. Kiss J. A Fülöphaza-környeki szikes Tavak, a Szappanos-szék, a Zsiros szek, a Hattyns-szek es a Kondorto mikroflorajanak es mikrovegetaciojanak összehasonlito vizsgálata. Szegedi Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei, 1975. S. 3–35.

217. Komarek J., Fott B. Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Teil 7, Hälfte 1. Stuttgart: Schweizerbart. 1983. 1044 s.
218. Koziychuk E. Sh. Phytomicrobenthos Diversity in Watercourses of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55, № 5. P. 44–56.
219. Koziychuk E. Sh., Shcherbak V. I. Phytomicrobenthos of Brackishwater Bays of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2017. Vol. 53, № 4. P. 22–35.
220. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2. Jena: Gustav Fischer Verlag. 1988. Vol. 2. 596 s.
221. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, Ergänztter Nachdruck der 1. Auflage. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2 (3). Stuttgart. ets.: Gustav Fischer, 1997. 612 s.
222. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 1991. Vol. 2. 576 s.
223. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Naviculaceae Durchgesehener Nachdruck der 1. Auflage. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 2 (1). Stuttgart. ets.: Gustav Fischer, 1997. 876 s.
224. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil 1. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag. 1986. Vol. 2. 876 s.
225. Lepsi I. Lacurile din sudul Basarabiei (Geologie, morfologie, fiziografie, biologie). Bull. mus. nat. hist. natur. din Chisinau. 1932. Fasc. 4. P. 110–227.

226. Lund J.W.G. An artificial alteration of the seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* (Ehr.) Kutz. ssp. *Subarctica*. *J. Ecol.* 1971. Vol. 59. P. 521–533.
227. Lund J.W.G. The uses of large experimental tubes in lakes. *The effects of storage on water quality*: proceedings of a Water Research Centre symposium, Reading University, 24-26/3/1975, paper 11, England, 1975 P. 291–312.
228. Maquire B. M., Nell W. E. Species and individual productivity in phytoplankton communities. *Ecology*. 1971. Vol. 54, № 6. P. 903–907.
229. Remane A. Die Brackwasserfauna. *Zool. Anz.* 1934, Vol. 7 (Suppl.). P. 34–74.
230. Scenario simulations of future salinity and ecological consequences in the Baltic Sea and adjacent North Sea areas—implications for environmental monitoring / Vuorinen I. et al. *Ecological Indicators*. 2015. № 50. P. 196–205.
231. Shcherbak V. I., Koziychuk E. Sh. Phytomicrobenthos dynamics in water bodies of various types in the Kiliya delta of the Danube river depending on some ecological factors. *Hydrobiological Journal*. 2016. Vol. 52, № 3. P. 3–14.
232. Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Kongelige Danske videns, Selskab. *Biol. Krifter*. 1948. Vol. 5, № 4. P. 46–71.
233. Stoermer E. F., Smol J. P. (Editors). *The diatoms: application for the environmental and earth sciences*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1999. 469 p.
234. Stull E. A., Amezaga E. L., Goldman C. R. The contribution of individual species of algae to primary productivity of castle lake, California. *Verb. Int. Ver. Limnol.* 1971. Vol. 18, № 3. P. 1777–1783.

235. Watt W. D. Measuring the primary production rates of individual phytoplankton species in natural mixed population. *Deep-Sea Res.* 1971. Vol. 18. P. 329–389.
236. Whitton B. A., Roth E., Friedrich G. (Editors). Use of algae for monitoring rivers. Innsbruck: Institut für Botanik Univ. Press, 1991. 193 p.
237. Williams W. D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Ibid.* 1998. Vol. 381. P. 191–201.
238. Willis J. C. The birth and spread of plants. Boissiera. Geneva: *Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville*, 1949. Vol. 8. P. 1–56.

**ДОДАТОК**  
**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

**Статті у фахових виданнях**

1. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Фітомікробентос різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю // Наук.зап. Тернопіль. нац.пед.-унту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2010. 2 (43). С. 266–269. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*
2. **Козійчук Е. Ш.** Продукційні характеристики фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю // Наук.зап. Тернопіль. нац.пед.-унту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2015. № 3–4 (64). С. 328–331.
3. Shcherbak V. I., **Koziychuk E. Sh.** Phytomicrobenthos dynamics in water bodies of various types in the Kiliya delta of the Danube river depending on some ecological factors. *Hydrobiological Journal*. 2016. Vol. 52, № 3. P. 3–14. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*
4. **Koziychuk E. Sh., Shcherbak V. I.** Phytomicrobenthos of Brackishwater Bays of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2017. Vol. 53, № 4. P. 22–35. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*
5. **Козійчук Е. Ш.** Особливості розвитку фітомікробентосу прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю / Біоресурси і природокористування. 2017. Т. 9, № 5–6. С. 26–33.
6. **Козійчук Е.Ш.** Еколого-географічне різноманіття фітомікробентосу водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю. Наукові доповіді НУБіП України, [S.1], n. 2(78), кві. 2019. ISSN 2223-1609. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12618> (дата

звернення: 02.12.2019)

7. **Koziychuk E. Sh.** Phytomicrobenthos Diversity in Watercourses of the Kiliya Delta of the Danube River. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55, № 5. P. 44–56.

### Тези та матеріали конференцій

1. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Характеристика якості водного середовища різнотипних водойм та водотоків Кілійської дельти Дунаю // Екологія міст та рекреаційних зон: наук.-практ. конф.//Тези докл. та вист./За загальною редакцією В.М. Небрат.Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010 р. С.174 – 177. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті)*.
2. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Сучасний розвиток фітомікрообентосу водотоків Дунайського біосферного заповідника на різних типах ґрунту//Екологія міст та рекреаційних зон: Всеукр. наук.-практ. конф. //Докл. та статті/ За заг. ред В.М.Небрат Одеса : Іннов. – інф. центр «ІНВАЦ», 2011 р. С. 322 – 324. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті)*.
3. **Козійчук Е. Ш.** Різноманіття фітомікрообентосу водойм Кілійської дельти Дунаю з різним ступенем солоності води// Збірник наукових праць. Фальцфейнівські читання. Херсон: ПП Вишемирський, 2011 р. С. 67 – 68.
4. Щербак В. І., **Козійчук Э. Ш.** Особенности развития фитомикробентоса водных объектов Килийской дельты Дуная с разной степенью антропогенной загрузки. Международный экологический форум Чистый город. Чистая река. Чистая планета. м. Херсон. 17-18 ноября 2011г. С. 218-222. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті)*.
5. **Козійчук Е. Ш.** Критерії оцінки екологічного стану транскордонних водних об'єктів за біологічними показниками. / «Современные



- проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решений»: Материалы III Международной научной конференции. Херсон, ПП Вишемирский В.С., г. Херсон, 2012г. С. 68-70.
6. **Козійчук Е. Ш.** Фітомікробентос – біотичний індикатор якості водного середовища / «Вода: проблемы и решения»: материалы X науч.-практ. конф. г. Днепропетровск, - Д.: Видавничо-творчий центр «Гамалія», 2012 г. С. 104-107.
  7. **Козійчук Е. Ш.** Фітомікробентос озера Лебедине (Кілійська дельта Дунаю) / Актуальні проблеми сучасної гідро екології: збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю заснування Національної академії наук України. Київ, 2013. С. 43–44.
  8. **Козійчук Е. Ш., Щербак В. І.** Структурно-функціональне та екологічне різноманіття фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю. / Екологія водно-болотних угідь і торфовищ (збірник наукових статей) // Головний редактор В.В.Коніщук. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс» , 2014. С. 134–137. *(Відбір, обробка та аналіз натурних даних, участь у написанні статті).*
  9. **Козійчук Е. Ш., Задорожна Г. М.** Оцінка якості води різнотипних водойм за водоростевими угрупованнями // Інтегроване управління водними ресурсами: науков. збірник / відпов. ред. В.І.Щербак. 2014. С. 59–65. *(Відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та участь у написанні статті).*
  10. **Козійчук Е. Ш.** Сезонні зміни структури фітомікробентосу Кілійської дельти Дунаю (на прикладі затоки Бистрий кут) // Збірник наукових праць. Житомир: ПП «Рута», 2017. С.124 – 126
  11. **Козійчук Е. Ш.** Оцінка якості води прісноводних водойм Кілійської дельти Дунаю за індикаторними організмами фітомікробентосу // «Природа для води»: матеріали міжн. науч.-практ. конф. м Київ К.: Інст. вод. пробл. і меліор. НААНУ 2018. С. 106–107.

12. **Козійчук Е. Ш.** Різноманіття фітомікробентосу рукавів Білгородський та Отножний Кілійської дельти Дунаю: збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологіч. тов-ва Укр, присвяч. 110-річчю заснув. Дніпр. біол. ст. Київ, 2019. С. 49–51.