

УДК 504.453:[553.63:546.17] (477.81)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.8>

ВМІСТ СПОЛУК НІТРОГЕНУ У ВОДІ РІЧКИ СТУБЕЛКА ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ФІТОПЛАНКТОН

Суходольська І.Л., Ковальова І.В.

Рівненський державний гуманітарний університет

вул. Ст. Бандери, 12, 33028, м. Рівне

iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua; ilona.basaraba@rshu.edu.ua

Встановлено основні закономірності формування видового й таксономічного складу, структури та сезонної динаміки чисельності, біомаси й інформаційного різноманіття фітопланктону р. Стубелка. У результаті дослідження (червень–жовтень 2022 р.) ідентифіковано 109 видів водоростей, представлених 111 внутрішньовидовими таксонами, що належать до 75 родів, 43 родин, 32 порядків, 14 класів, 8 відділів. Флористичний спектр планктонних водоростей формували відділи *Bacillariophyta* (46,8% загальної кількості видів) та *Chlorophyta* (27,9%), *Cyanobacteria* (8,1%) та *Euglenozoa* (8,1%). Чисельність фітопланктону р. Стубелка змінювалась від 714 тис. кл/дм³ (жовтень) до 3424 тис. кл/дм³ (серпень), а біомаса від 0,21 мг/дм³ (жовтень) до 1,04 мг/дм³ (червень). Індекс Шеннона змінювався за біомасою (3,97–4,80 біт/мг) та чисельністю (3,15–4,74 біт/екз).

Визначено зміни температури води (влітку – 19–24°C, восени – 11–13°C), рН (6,6–7,3), розчиненого кисню (5,70–8,47 мгО₂/дм³), нітрогену амонійного (0,347–1,722 мг/дм³), нітритів (0,026–0,072 мг/дм³) та нітратів (0,128–6,246 мг/дм³). Показано перевищення граничнодопустимих концентрацій нітрогену амонійного у 1,15–3,44 рази. Підтверджено надходження сполук Нітрогену з дифузних джерел влітку (NH₄⁺<NO₃⁻), а з точкових – восени (NH₄⁺>NO₃⁻). Виявлено зміщення рівноваги в системі нітрати ↔ нітрити ↔ амоній в бік нітрифікації впродовж літа (червень–серпень), а амонію – восени (вересень, жовтень). Якість води р. Стубелка змінюється від I класу до IV (NH₄⁺), від III класу до IV класу (NO₂⁻), від II класу до III класу (NO₃⁻), від II класу до III класу (біомаса фітопланктону). На структуру угруповань фітопланктону р. Стубелка влітку більший вплив здійснюють нітрити та нітрати, а восени – нітроген амонійний. *Ключові слова*: таксономічне, видове та інформаційне різноманіття, розчинений кисень, активна реакція води, температура води, нітрити, нітрати, нітроген амонійний, екологічні наслідки забруднення.

The content of nitrogen compounds in the water of river Stubelka and its effect on phytoplankton. Sukhodolska I., Kovalova I.

The main regularities of the formation of the species and taxonomic composition, structure and seasonal dynamics of the number, biomass and informational diversity of the phytoplankton of the Stubelka River have been established. As a result of the research (that lasted from June to October 2022), 109 species of algae were identified, represented by 111 intraspecific taxa belonging to 75 genera, 43 families, 32 orders, 14 classes, and 8 divisions. The floristic spectrum of planktonic algae was formed by *Bacillariophyta* (46.8% of the total number of species) and *Chlorophyta* (27.9%), *Cyanobacteria* (8.1%) and *Euglenozoa* (8.1%). The number of phytoplankton in Stubelka varied from 714 thousand cells/dm³ (October) to 3424 thousand cells/dm³ (August), and biomass from 0.21 mg/dm³ (October) to 1.04 mg/dm³ (June). The Shannon index varied by biomass (3.97–4.80 b/mg) and number (3.15–4.74 b/c).

Changes in water temperature (19–24°C in summer, 11–13°C in autumn), pH (6.6–7.3), dissolved oxygen (5.70–8.47 mgO₂/dm³), ammonium nitrogen (0.347–1.722 mg/dm³), nitrites (0.026–0.072 mg/dm³) and nitrates (0.128–6.246 mg/dm³) have been defined. Exceeding the maximum allowable concentrations of ammonium nitrogen by 1.15–3.44 times was shown. The arrival of nitrogen compounds from diffuse sources in summer (NH₄⁺<NO₃⁻) and from point sources in autumn (NH₄⁺>NO₃⁻) was confirmed. A shift in the equilibrium in the nitrate ↔ nitrite ↔ ammonium system was revealed in the direction of nitrification during the summer (June–August), and ammonium in the fall (September, October). The water quality of the Stubelka River varies from class I to class IV (NH₄⁺), from class III to class IV (NO₂⁻), from class II to class III (NO₃⁻), from class II to class III (phytoplankton biomass). The structure of the phytoplankton groups of the Stubelka River is more influenced by nitrites and nitrates in summer, and by ammonium nitrogen in autumn. *Key words*: taxonomic, species and information diversity, dissolved oxygen, active reaction of water, water temperature, nitrites, nitrates, ammonium nitrogen, ecological consequences of pollution.

Постановка проблеми. Таксономічний склад та розвиток фітопланктону залежить від кліматичних умов, швидкості виїдання зоопланктоном, вмісту у воді біогенних речовин певної концентрації та співвідношення. До важливих біогенних речовин належать неорганічні сполуки Нітрогену (NH₄⁺, NO₂⁻ і NO₃⁻).

Актуальність дослідження. Сполуки Нітрогену та зміщення їхньої рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати впливають на екологічний стан усєї водної екосистеми, але найшвидше реагує автотрофна ланка. Відбуваються зміни не лише видового складу фітопланктону, але

і його чисельності та біомаси, домінантного комплексу і співвідношення видів відділів. Безумовно, зниження кількості видів, чисельності та біомаси фітопланктону найчастіше характерні для водних екосистем, які зазнають значного антропогенного впливу, а зростання цих показників притаманне водним об'єктам, які певною мірою зберегли свій природний стан. Саме тому, вивчення впливу сполук Нітрогену на фітопланктон найкраще дозволяє оцінити водний об'єкт. Крім того, швидка реакція фітопланктону на будь які зовнішні чи внутрішні впливи забезпечує об'єктивне відображення якості води.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та науково-практичними завданнями. Дослідження проводиться згідно тематики дисертаційної роботи та науково-дослідної теми «Механізми функціонування гідроєкосистем різних типів в умовах зростання антропогенного навантаження, глобальних кліматичних змін та впливу військових дій» (номер державної реєстрації 0123U101485).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Структурно-функціональні особливості фітопланктону водойм визначається метеорологічними, гідрологічними та гідрохімічними змінами. Аналізуючи основні чинники, що впливають на показники фітопланктону, автори [1, 4, 7, 6, 9] виділяють важливу роль неорганічних сполук Нітрогену (NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^-), а також акцентують увагу на джерелах їхнього надходження у водойму [2, 4, 6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Систематичні моніторингові дослідження фітопланктону р. Стубелка відсутні, що не дозволяє проаналізувати і порівняти зміни, що відбуваються впродовж більш тривалого періоду та відповідно оцінити вплив сполук Нітрогену на кількість видів, чисельність, біомасу, домінуючий комплекс, а також інші показники водоростей.

Новизна. Уперше досліджено фітопланктон р. Стубелка та показано вплив сполук Нітрогену на біомасу і чисельність відділів *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Euglenozoa*.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження та аналіз зміни вмісту сполук Нітрогену у воді р. Стубелка та їхнього впливу на формування угруповань фітопланктону сприяють доповненню, до вже існуючих, відомостей про чинники регулювання розвитку біоти у лотичних екосистемах.

Матеріали та методи дослідження. Річка Стубелка протікає Здолбунівським, Дубенським та Рівненським районами Рівненської області. Витік р. Стубелка в західній частині села Білашів на північних схилах Мізоцького кряжу. Загальна довжина р. Стубелка становить 86 км, а площа водозабору 1350 км². Глибина річки складає близько 1,2–1,5 м [3].

Проби води для проведення гідрохімічного аналізу води р. Стубелка відбирали щомісяця впродовж червня–жовтня 2022 р. (50°28'12.4" N 25°58'03.9" E). Вміст NH_4^+ визначали фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Несслера при довжині хвилі 420 нм. Вміст NO_2^- визначали діазотуванням з реактивом Грісса при довжині хвилі 520 нм. Вміст NO_3^- досліджували фотометрично з фенолдісульфокислотою з утворенням нітровмісного фенолу жовтого кольору при довжині хвилі 520 нм. [5]. Реакцію водного середовища (рН) визначали за допомогою іономіра ЭВ-74.

Проби води для визначення фітопланктону відбирали щомісяця впродовж червня–жовтня

2022 р. з глибини 0,2–0,3 м об'ємом 0,5 дм³ фіксуючи 40% розчином формальдегіду. Проби після відстоювання концентрували до об'єму 0,05–0,1 дм³. Використовували світловий мікроскоп «Laboval» (Karl Zeiss, Німеччина) для камеральної обробки проб. Для підрахунку клітин використовували камеру Нажотта об'ємом 0,02 мл. Підрахунок біомаси водоростей здійснювали загальноприйнятим розрахунково-об'ємним методом [8]. Таксономічну номенклатуру водоростей представлено згідно міжнародного електронного каталогу AlgaeBase [10]. Статистичну обробку даних здійснено з використанням програми IBM IPSS Statistic 19.0.

Викладення основного матеріалу. У фітопланктоні р. Стубелка ідентифіковано 109 видів (111 внутрішньовидових таксонів (ввт)) 8 відділів (*Bacillariophyta* 51(52), *Chlorophyta* 30(31), *Cyanobacteria* 9(9), *Euglenozoa* 9(9), *Ochrophyta* 5(5), *Miozoa* 3(3), *Streptophyta* 1(1) та *Cryptophyta* 1(1)), 14 класів, 32 порядків, 43 родин і 75 родів (рис. 1, табл. 1).

У флористичному відношенні у р. Стубелка переважають відділи *Bacillariophyta* (46,8% загальної кількості видів) та *Chlorophyta* (27,9%). Однаковою кількістю видів представлені відділи *Cyanobacteria* (8,1%) та *Euglenozoa* (8,1%), а також *Streptophyta* (0,9%) і *Cryptophyta* (0,9%). Відділ *Ochrophyta* представлений 5 видами (4,5%), а *Miozoa* – 3 видами (2,7%). Найбільш насичені роди у представників *Bacillariophyta* та *Euglenozoa* (родовий коефіцієнт 1,8 та 1,5).

Фітопланктон р. Стубелка у червні представлений 50 (51) видами та ввт з 8 відділів. У фітопланктоні переважають види відділу *Bacillariophyta* (54,9% загальної кількості видів), *Chlorophyta* (21,5%) та *Euglenozoa* (7,8%). Загальна чисельність фітопланктону в червні становить 1028 тис. кл/дм³, біомаса – 1,04 мг/дм³. За чисельністю домінують *Bacillariophyta* (41,8% загальної чисельності), *Chlorophyta* (27,2%) та *Cyanobacteria* (21,8%), а за біомасою – *Bacillariophyta*

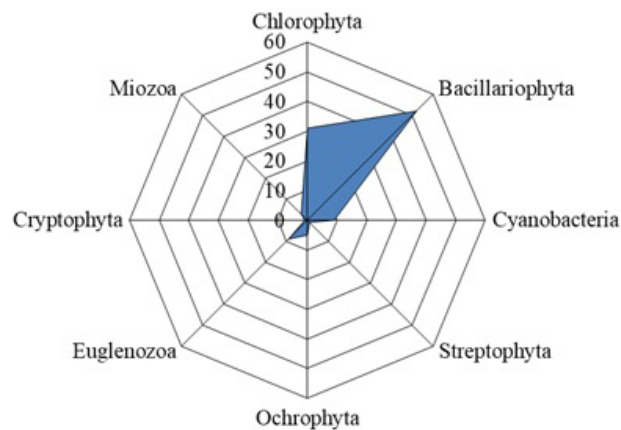


Рис. 1. Таксономічний склад водоростевих угруповань р. Стубелка

Таксономічний спектр водоростевих угруповань

Відділ	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид	Ввт	Родовий коефіцієнт
Bacillariophyta	3	13	16	29	51	52	1,8
Chlorophyta	4	5	11	23	30	31	1,3
Cyanobacteria	1	4	5	7	9	9	1,3
Euglenozoa	1	1	2	6	9	9	1,5
Ochrophyta	2	4	4	5	5	5	1,0
Miozoa	1	3	3	3	3	3	1,0
Streptophyta	1	1	1	1	1	1	1,0
Cryptophyta	1	1	1	1	1	1	1,0
Всього:	14	32	43	75	109	111	1,2

(83,3% загальної біомаси). Домінантами за чисельністю є *Oscillatoria agardhii* Gomont (19,5%) та *Actinastrum hantzschii* Lagerheim (10,1%), а за біомасою – *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg (10,9%). Субдомінантними за чисельністю виявилися види відділів *Chlorophyta* – *Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) S.S. An, T. Friedl & E. Hegewald (5,1%) та *Bacillariophyta* – *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst (5,1%). Субдомінанти за біомасою представлені трьома видами *Bacillariophyta* – *N. recta* (7,0%), *Nitzschia linearis* W. Smith (7,3%) та *Nitzschia vermicularis* (Kützing) Hantzsch (5,5%).

У липні фітопланктон р. Стубелка налічує 38 види з 6 відділів. Найбільша кількість видів представлена відділами *Bacillariophyta* (71,1% загальної кількості видів) та *Chlorophyta* (15,8%), проте, високої чисельності досягають *Cyanobacteria* (51,7% загальної чисельності), *Bacillariophyta* (25,6%) та *Chlorophyta* (20,7%). Найвища біомаса характерна для відділу *Bacillariophyta* (79,3%). Загальна чисельність фітопланктону в липні становить 1006 тис. кл/дм³, а біомаса – 0,48 мг/дм³. Домінант за чисельністю представлений одним видом відділу *Cyanobacteria* – *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák (51,7%). За біомасою домінує представник *Bacillariophyta* – *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère (13,4%). Субдомінантними за чисельністю виявився представник *Chlorophyta* – *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald (7,2%), а за біомасою два представники *Bacillariophyta* – *N. viridula* (7,9%) та *Surirella librile* (Ehrenberg) Ehrenberg (5,4%).

Фітопланктон у серпні представлений 40 видами 6 відділів. Переважають представники відділу *Chlorophyta* (42,5% загальної кількості видів), *Bacillariophyta* (37,5%) та *Cyanobacteria* (10,0%). Найвищої чисельності досягають *Cyanobacteria* (65,8%) та *Chlorophyta* (28,7%). Найбільший відсоток біомаси припадає на *Miozoa* (36,0%) та *Bacillariophyta* (35,8%). Загальна чисельність фітопланктону в серпні зростає до 3424 тис. кл/дм³, а біомаса – 0,69 мг/дм³. За чисельністю домінують *Microcystis pulvereae* (H.C.Wood) Forti (25,7%) та *S. lacustris* (29,9%), а за біомасою – *Ceratium hirund-*

inella (O.F. Müller) Dujardin (30,3%). За чисельністю субдомінують *Spirulina sp.* (6,4%), *Hindakia tetrachotoma* (Printz) C. Bock, Pröschold & Krienitz (6,5%), а за біомасою – *Gymnodinium sp.* (5,7%), *Lindavia bodanica* (Eulenstein ex Grunow) T. Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson (6,2%), *Iconella biseriata* (Brébisson) Ruck & Nakov (7,2%).

У вересні кількість видів становить 41 представлених 7 відділами. За видовим складом переважають *Chlorophyta* і *Bacillariophyta* (по 36,6%). Відсоток *Cyanobacteria* та *Euglenozoa* становить по 7,3%, а *Miozoa* та *Ochrophyta* – по 4,9%. Найменш представлені види відділу *Cryptophyta* (2,4%). Найвищої чисельності досягають *Cyanobacteria* (41,1%) та *Chlorophyta* (32,3%), а біомаси – *Bacillariophyta* (46,1%) та *Miozoa* (32,3%). Загальна чисельність фітопланктону в вересні становить 1756 тис. кл/дм³, а біомаса – 0,83 мг/дм³. За чисельністю домінують *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (23,9%), *S. lacustris* (10,9%), *Neotessella lapponica* (Skujaj) B.Y. Jo, J.I. Kim, W. Shin, P. Škaloud & P.A. Siver (11,4%), а за біомасою – *C. hirundinella* (25,4%) та *S. librile* (14,4%). За чисельністю субдомінують *Oscillatoria limosa* C.Agardh ex Gomont (6,3%), *Lemmermannia tetrapedia* (Kirchner) Lemmermann (5,0%), а за біомасою – *Glenodinium sp.* (6,9%), *N. lapponica* (5,6%), *Cyclotella sp.* (5,5%) та *Caloneis amphibaena* (Bory) Cleve (9,4%).

Фітопланктон р. Стубелка у жовні представлений 25(26) видами та ввт з 4 відділів. Найбільшою кількістю видів характеризуються відділи *Bacillariophyta* (46,2% загальної кількості видів) та *Chlorophyta* (30,8%). Найвищої чисельності досягають *Cyanobacteria* (48,1%) та *Chlorophyta* (28,3%). Найбільший відсоток біомаси припадає на *Bacillariophyta* (55,6%) та *Euglenozoa* (24,1%). Загальна чисельність фітопланктону в жовні становить 714 тис. кл/дм³, а біомаса – 0,21 мг/дм³. За чисельністю домінують два види *Cyanobacteria* – *S. lacustris* (35,8%) та *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (12,2%). За біомасою домінують *Euglena sp.* (11,1%) та *Cyclotella sp.* (15,2%). За чисельністю субдомінують *Chlamydomonas sp.* 1

(5,1%), *L. tetrapedia* (5,9%), *Lemmermannia triangularis* (Chodat) C. Bock & Krienitz (7,0%), *Cyclotella* sp. (7,8%), а за біомасою – *Chlamydomonas* sp.1 (9,6%), *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh (5,9%), *N. viridula* (5,8%) та *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing (9,1%).

У кількісному відношенні найбільшої чисельності досягають *Cyanobacteria*. Зокрема, *S. lacustris* (10,9–51,7%) домінує впродовж липня-жовтня. Найбільша біомаса зафіксована у виду відділу *Miozoa* – *C. hirundinella* (25,4–30,3%) (табл. 2).

Інформаційне різноманіття за чисельністю (H_N) фітопланктону р. Стубелка варіює від 3,15 біт/екз до 4,74 біт/екз, а за біомасою (H_B) – від 3,97 біт/мг до 4,80 біт/мг. Індекс сапробності змінюється від 2,04 (червень) до 1,55 (серпень).

На формування структури угруповань фітопланктону, його чисельність і біомасу впливає концентрація сполук Нітрогену (NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^-) у воді та їхнє співвідношення (табл. 3, рис. 2).

Концентрація нітрогену амонійного у воді р. Стубелка у червні складає 0,630 мг/дм³. У липні

спостерігається суттєве зростання концентрації нітрогену амонійного до 1,722 мг/дм³, що перевищує ГДК у 3,44 рази (ГДКрибгосп.=0,5 мг/дм³). Проте у серпні вміст нітрогену амонійного нормалізується і становить 0,347 мг/дм³. Вміст нітрогену амонійного у вересні складає 0,630 мг/дм³, що перевищує ГДК у 1,2 рази. Вже у жовтні концентрація нітрогену амонійного знижується до 0,578 мг/дм³. Загалом перевищення вмісту нітрогену амонійного ГДК впродовж червня-серпня становить 1,15–3,44 рази. За вмістом нітрогену амонійного якість води р. Стубелка змінюється від I класу (жовтень) до IV класу (грудень). Виявлено тісну залежність між нітрогеном амонійним та нітратами ($r=0,93$, $p<0,05$), рН ($r=0,57$), вмістом розчиненого кисню ($r=0,63$), чисельністю ($r=-0,47$), індексом Шеннона за біомасою ($r=0,62$), сапробністю ($r=0,61$), чисельністю відділів *Chlorophyta* ($r=-0,55$), *Cyanobacteria* ($r=-0,39$), біомасою відділів *Chlorophyta* ($r=-0,47$), *Cyanobacteria* ($r=-0,40$).

Найвищий вміст нітритів у воді р. Стубелка зафіксовано у червні, що складає 0,072 мг/дм³

Таблиця 2

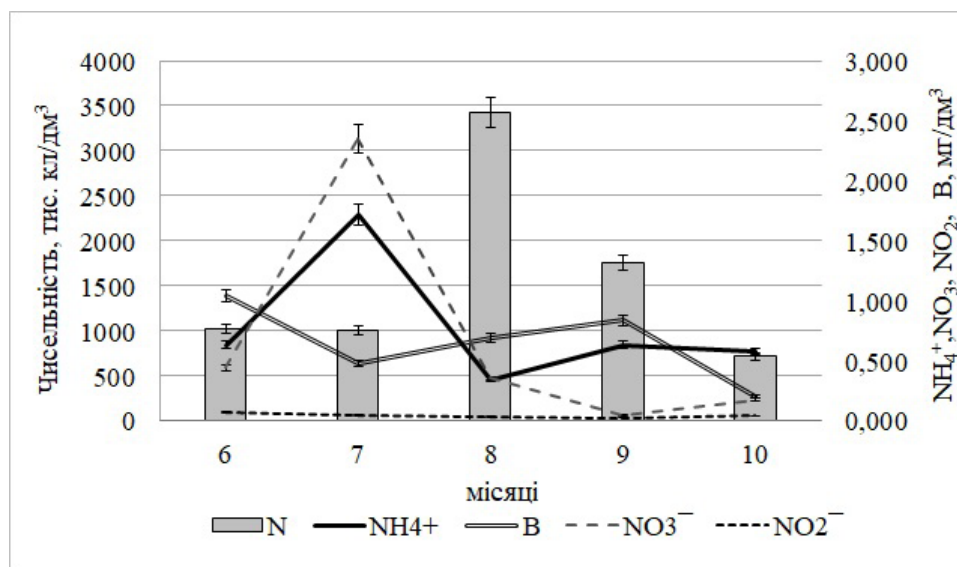
Домінуючий комплекс фітопланктону р. Стубелка за чисельністю та біомасою, %

Види	місяці				
	6	7	8	9	10
Cyanobacteria					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	–	–	–	–	<u>12,2</u> 1,5
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák	–	<u>51,7</u> 2,6	<u>29,9</u> 3,5	<u>10,9</u> 0,6	<u>35,8</u> 3,0
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	–	–	–	<u>23,9</u> 0,2	–
<i>Microcystis pulvereae</i> (H.C.Wood) Forti	–	–	<u>25,7</u> 0,5	–	–
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont	<u>19,5</u> 0,9	–	–	–	–
Chlorophyta					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	<u>10,1</u> 0,7	–	–	–	–
Euglenozoa					
<i>Euglena</i> sp.	+	–	–	+	<u>0,8</u> 11,1
Bacillariophyta					
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	<u>4,1</u> 10,9	+	+	+	+
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	+	<u>1,0</u> 13,4	+	+	–
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	+	+	–	<u>0,8</u> 14,4	–
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	+	+	<u>7,8</u> 15,2
Miozoa					
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin	–	–	<u>0,4</u> 30,3	<u>0,3</u> 25,4	–

Примітка: чисельник – чисельність, знаменник – біомаса; – – види не зафіксовано; + – види зафіксовано, але вони не входять до складу домінантів або є субдомінантами

Вміст сполук Нітрогену у воді р. Стубелка та їхнє співвідношення

Місяці	Сполуки Нітрогену, мг/дм ³						Співвідношення [NH ₄ ⁺] : [NO ₂ ⁻] : [NO ₃ ⁻]
	NH ₄ ⁺	%	NO ₂ ⁻	%	NO ₃ ⁻	%	
червень	0,630	20,3	0,072	2,3	2,392	77,3	1 : 0,11 : 3,80
липень	1,722	21,5	0,049	0,6	6,246	77,9	1 : 0,03 : 3,63
серпень	0,347	30,5	0,036	3,2	0,753	66,3	1 : 0,10 : 2,17
вересень	0,630	80,3	0,026	3,4	0,128	16,4	1 : 0,04 : 0,20
жовтень	0,578	56,7	0,043	4,2	0,399	39,1	1 : 0,07 : 0,69

Рис. 2. Зміни чисельності та біомаси за різної концентрації сполук нітрогену (NH₄⁺, NO₂⁻ і NO₃⁻) у воді р. Стубелка

(ГДКрибгосп.=0,08 мг/дм³). У липні та серпні вміст нітритів знижується до 0,049 мг/дм³ та 0,026 мг/дм³. Концентрація нітритів у жовтні становить 0,043 мг/дм³. Перевищень ГДК нітритів у воді не зафіксовано. За вмістом нітритів якість води р. Стубелка змінюється від III класу (вересень) до IV класу (листопад). Виявлено тісний кореляційний зв'язок між нітритами та нітратами ($r=0,45$), температурою води ($r=0,62$), чисельністю ($r=-0,46$), індексом Шеннона за біомасою та чисельністю ($r=0,50$, $r=0,85$), сапробністю ($r=0,54$), кількістю видів ($r=0,50$), чисельністю відділів *Chlorophyta* ($r=-0,53$), *Bacillariophyta* ($r=0,89$), *Cyanobacteria* ($r=-0,48$), *Euglenozoa* ($r=0,62$), біомасою відділів *Chlorophyta* ($r=-0,43$), *Bacillariophyta* ($r=0,76$) та *Euglenozoa* ($r=0,58$).

У червні концентрація нітратів у воді р. Стубелка становить 2,392 мг/дм³, проте, у липні зростає у декілька разів до 6,246 мг/дм³. Вміст нітратів у серпні складає 0,753 мг/дм³, а вже у вересні суттєво знижується до 0,128 мг/дм³. У жовтні концентрація нітратів знову підвищується, у порівнянні з попереднім місяцем, і становить 0,399 мг/дм³. Перевищень ГДК нітратів у воді р. Стубелка не виявлено (ГДКрибгосп.=40 мг/дм³). За вмістом нітратів якість води р. Стубелка змінюється від II класу

(вересень) до III класу (липень). Встановлено тісну залежність між нітратами та вмістом розчиненого кисню ($r=0,50$), індексом Шеннона за біомасою ($r=0,84$), сапробністю ($r=0,55$), чисельністю відділів *Chlorophyta* ($r=-0,47$) та *Bacillariophyta* ($r=0,44$).

Чисельність фітопланктону р. Стубелка змінюється від 714 тис. кл/дм³ (жовтень) до 3424 тис. кл/дм³ (серпень), а біомаса від 0,21 мг/дм³ (жовтень) до 1,04 мг/дм³ (червень). Найвищої чисельності досягають види в серпні, що свідчить про активне поглинання фітопланктоном нітрогену амонійного та нітратів, що зумовлює різке зниження їхньої концентрації у воді. Зростання біомаси у червні також зумовлює зниження вмісту нітрогену амонійного та нітратів внаслідок їхнього споживання різними відділами фітопланктону. Водночас у вересні, за низької концентрації нітратів і нітритів, зростає біомаса та знижується чисельність у порівнянні з попереднім місяцем (рис. 2).

У воді р. Стубелка зафіксовано зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітратами в бік нітратів впродовж літа (червень–серпень) та амонію восени (вересень, жовтень). Максимальні відношення NO₃⁻/NH₄⁺ виявлено у червні (3,80) та липні (3,63), а NO₂⁻/NH₄⁺ – у червні (0,11) (табл. 3). Чинники над-

ходження нітрогену амонійного, нітратів та нітри-тів у дуже різноманітні. Насамперед потрапляння їх у водойму відбувається внаслідок внутрішньо-водоємних процесів (розвитку і відмирання біоти), повітряного перенесення і випадіння з атмосферними опадами, вимивання з водозбірних площ, потрапляння стічних вод тваринницьких комплексів, нераціонального використання добрив тощо. Впродовж літніх місяців виконується умова $\text{NH}_4^+ < \text{NO}_3^-$, що свідчить про переважання надходження сполук Нітрогену з дифузних джерел. Зокрема, вимиванням з водозбірної площі та сільськогосподарських угідь, що розміщені поблизу берегів р. Стубелка. В осінні місяці концентрація нітрогену амонійного вища, ніж нітратів ($\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$), тому надходження сполук Нітрогену з точкових джерел більш помітне.

Види різних відділів фітопланктону засвоюють усі форми сполук Нітрогену, однак, перевагу надають нітрогену амонійному, який швидше поглинається та засвоюється ніж нітрати чи нітроти. Проте при нейтральному рН краще поглинається нітро-

ген амонійний, а при кислому – нітрати та нітроти. Швидкість поглинання сполук Нітрогену залежить від присутніх у водоймі видів відділів фітопланктону. Найкраще зв'язують амоній зелені водорості. Відповідно поглинання *Chlorophyta* нітрогену амонійного у липні зумовлює зниження його концентрації у серпні та зростання біомаси і чисельності видів цього відділу. Найгірше зв'язують амоній види відділу *Cyanobacteria*, тому їхня біомаса та чисельність значно зростає у серпні при найнижчій концентрації нітрогену амонійного та високої температури води (22 °C) (рис. 3, рис. 4).

Найвищі показники чисельності та біомаси відділів *Euglenozoa* та *Bacillariophyta* зафіксовано у червні, а *Cyanobacteria* та *Chlorophyta* у серпні.

Максимальну чисельність фітопланктону виявлено при температурі води 22 °C (серпень), а мінімальну – при температурі 11 °C (жовтень) (рис. 5).

Максимальну біомасу фітопланктону зафіксовано при температурі води 24 °C (червень), а мінімальну – при температурі 11 °C (жовтень). Відомо,

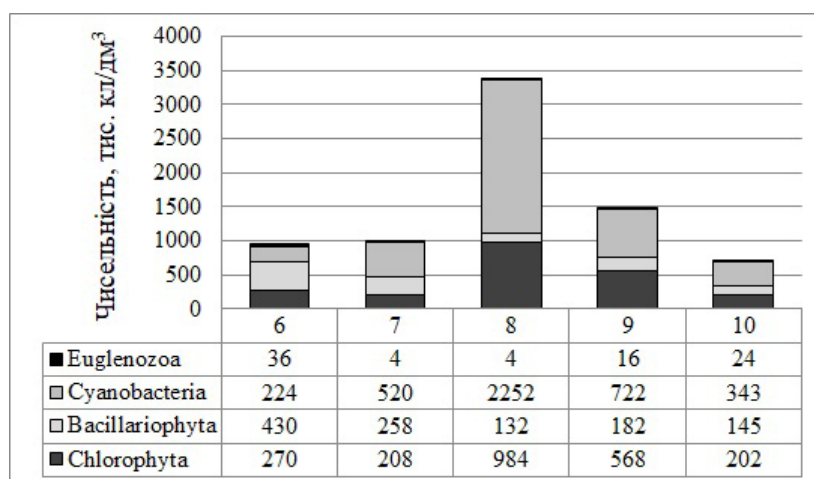


Рис. 3. Чисельність відділів *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Euglenozoa* (червень–жовтень)

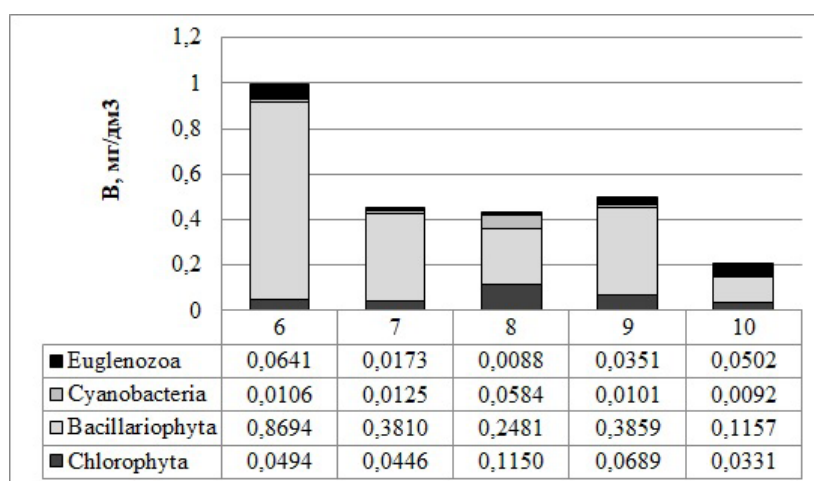


Рис. 4. Біомаса відділів *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Euglenozoa* (червень–жовтень)

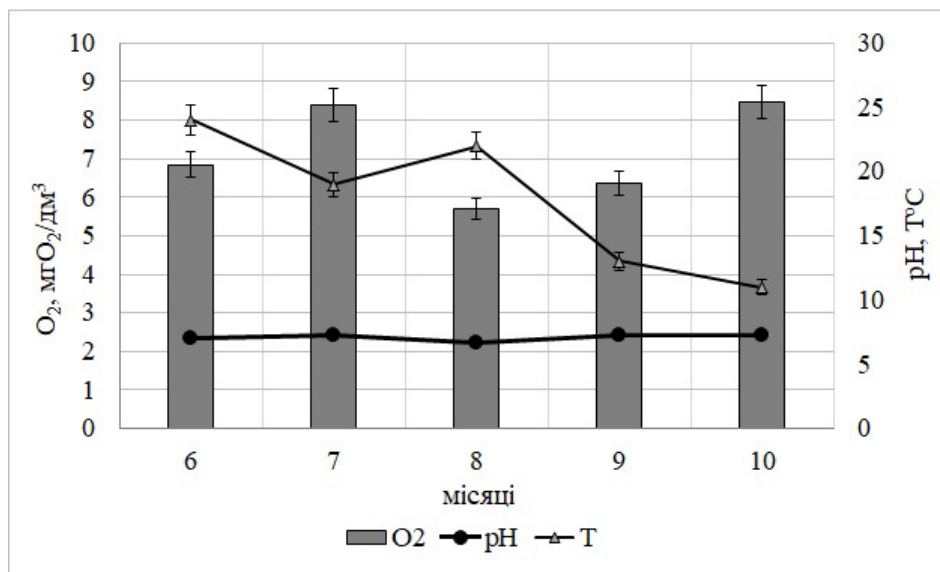


Рис. 5. Зміна концентрації розчиненого кисню, рН та температури у воді р. Стубелка

що на розвиток фітопланктону впливає рН та вміст у воді розчиненого кисню. рН у воді р. Стубелка змінюється від 6,6 (серпень) до 7,3 (липень), а вміст розчиненого кисню від 5,70 мг O₂/дм³ (серпень) до 8,47 мг O₂/дм³ (жовтень). Встановлено тісну залежність між температурою води та рН ($r=-0,65$), вмістом розчиненого кисню ($r=-0,42$), біомасою фітопланктону ($r=0,63$), індексом Шеннона за біомасою ($r=0,69$), кількістю видів ($r=0,78$), чисельністю відділу *Bacillariophyta* ($r=0,61$), біомасою відділів *Chlorophyta* ($r=0,40$), *Bacillariophyta* ($r=0,66$) та *Cyanobacteria* ($r=0,45$). Виявлено тісну залежність між рН та вмістом розчиненого кисню ($r=0,81$), біомасою ($r=-0,42$), чисельністю ($r=-0,88$), сапробністю ($r=0,72$), кількістю видів ($r=-0,40$), чисельністю відділу *Chlorophyta* ($r=-0,84$), *Cyanobacteria* ($r=-0,84$), біомасою відділів *Chlorophyta* ($r=-0,89$), *Cyanobacteria* ($r=-0,91$). Встановлено залежність між вмістом розчиненого кисню та біомасою ($r=-0,71$), чисельністю ($r=-0,83$), сапробністю ($r=0,51$), кількістю видів ($r=-0,57$), чисельністю відділів *Chlorophyta* ($r=-0,87$), *Cyanobacteria* ($r=-0,69$), біомасою відділів *Chlorophyta* ($r=-0,87$), *Cyanobacteria* ($r=-0,65$, $p<0,05$).

Головні висновки. Видовий склад водоростей р. Стубелка представлений 109 видами водоростей, 111 внутрішньовидовими таксонами (ввт) з номенклатурним типом виду включно, які належать до 75 родів, 43 родин, 32 порядків, 14 класів, 8 відділів. За видовим багатством найбільш представлені

Bacillariophyta (51 видів, 52 ввт, 46,8%), *Chlorophyta* (30 видів, 31 ввт, 27,9%), *Cyanobacteria* (9 видів, 8,1%) та *Euglenozoa* (9 видів, 8,1%). Чисельність фітопланктону змінюється від 714 тис. кл/дм³ (жовтень) до 3424 тис. кл/дм³ (серпень), а біомаса від 0,21 мг/дм³ (жовтень) до 1,04 мг/дм³ (червень). Індекс Шеннона за чисельністю варіює від 3,15 біт/екз до 4,74 біт/екз, а за біомасою – від 3,97 біт/мг до 4,80 біт/мг. Індекс сапробності змінюється від 2,04 (червень) до 1,55 (серпень).

Вміст нітрогену амонійного у воді р. Стубелка варіює від 0,347 мг/дм³ до 1,722 мг/дм³, що перевищує ГДК в 1,15–3,44. Концентрація нітритів змінюється в межах 0,026–0,072 мг/дм³, а нітратів – 0,128–6,246 мг/дм³. Температура води р. Стубелка влітку становить 19–24 °C, а восени – 11–13 °C. Концентрація рН у воді р. Стубелка варіює в межах 6,6–7,3, а вміст розчиненого кисню змінюється від 5,70 мг O₂/дм³ до 8,47 мг O₂/дм³. Відгуком водоростевих угруповань на різну концентрації сполук Нітрогену та зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітрифікації (влітку) та амоніфікації (восени) є зростання, чи навпаки, зниження розвитку відділів фітопланктону.

Перспективи використання результатів дослідження. Врахування впливу вмісту сполук Нітрогену у воді р. Стубелка на фітопланктон дозволяє прогнозувати розвиток видів за різних концентрацій елементів у воді та оцінити стан водної екосистеми.

Література

1. Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Харченко Г.В. Структурно-функціональна організація фітопланктону в зарослях і на открытых участках озер г. Киева. *Гидробиологический журнал*. 2015. Т. 51. № 1. С. 49–65.
2. Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В., Титаренко А.В., Иванов С.В. Визначення нових аспектів зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкту. *Комунальне господарство міст*. 2022. Том 3. Вип. 170. С. 53–61. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-53-6>

3. Коротун І.М., Коротун Л.К. Географія Рівненської області: природа, населення, господарство, екологія: навч. підручник. Рівне: 1996. 380 с.
4. Кравцова О.В., Щербак В.І., Лінчук М.І. Закономірності формування фітопланктону за різних концентрацій біогенних елементів та органічної речовини. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія : Біологія. 2019. № 1. С. 43–51. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.19.1.5>
5. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. К.: Наукова думка, 2007. 456 с.
6. Суходольська І.Л., Басараба І.В. Вплив сполук Нітрогену на формування угруповань фітопланктону озера Засвітське. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. Київ, 2023. Вип. 2(47). С. 73–82. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.есо.2-47.12>
7. Шелюк Ю.С. Фітопланктон річкових екосистем Українського Полісся. *Algologia*. 2022. 32(1). С. 35–52. <https://doi.org/10.15407/alg32.01.035>
8. Щербак В.І. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2002. С. 41–48.
9. Щербак В.І., Кравцова О.В., Лінчук М.І. Оцінка впливу підвищених концентрацій сполук азоту на різноманіття фітопланктону ставів дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква, Україна). *Гідробіологічний журнал*. 2017. Т. 53, № 5. С. 19–32.
10. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. 2023. <https://www.algaebase.org> (дата звернення: 15.01.2023).