



УДК 582.26/.27:504.61:355.01](282)(477.41)
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.2>

ФІТОПЛАНКТОН МАЛОЇ РІЧКИ ЯК ПОКАЗНИК ЯКОСТІ ВОД В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ ТА ВОЄННИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Ю. С. Шелюк¹, Д. С. Махневич², О. С. Солонько³

У роботі обговорюються деякі актуальні питання оцінки якості вод малих водотоків в умовах змін клімату та воєнних дій на території України на прикладі р. Таль (Київська область, Бородянський та Іванківський райони). Отримані впродовж вегетаційних сезонів 2023–2024 рр. дані щодо структурно-функціональних та індикаторних характеристик водоростей водотоку порівнювали з відомостями за 2004–2005 рр., опублікованими Ю. С. Шелюк за результатами експедиційних досліджень. На сучасному етапі функціонування річкової екосистеми у фітопланктоні р. Таль виявлено 42 види та внутрішньовидові таксони водоростей із номенклатурним типом виду включно з 9 відділів. За складом провідних таксонів він є зелено-діатомово-евгленовий. Встановлено збіднення видового складу річкового фітопланктону за останні 10 років, у першу чергу за рахунок помітного зниження частки діатомових водоростей (із 27 видів до 9). Збіднення, найімовірніше, зумовлене посиленням негативного антропогенного впливу, а також кліматичними змінами. Встановлено й спрощення таксономічної структури фітопланктону, на що вказує зменшення родового коефіцієнту у часі.

У структурі фітопланктону річки провідна роль належала планктонно-бентосним мешканцям, меншу представленість у складі водоростевих угруповань мали планктонні, бентосні і ґрунтові форми. Наявність значної частки бентосних видів у складі планктону зумовлено особливостями мілководних ділянок малих річок, яким властиве вітрове перемішування і як наслідок – відрив бентосних і ґрунтових форм. За температурною приуроченістю більшість індикаторних видів належали до евритермних, помітною була й частка теплолюбних, що, вірогідно, є результатом глобальних змін клімату. За реофільністю переважали стоячо-текучі (малорухливі) види – індикатори вод середньозабезпечених киснем, 33% належали до стоячих форм із порівняно низькою

¹ доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри ботаніки, біоресурсів і збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: Shelyuk_Yulya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6429-1028

² заступник директора з навчально-виховної роботи,
вчитель біології та хімії
(Середня загальноосвітня школа №205 Святошинського району, м. Київ)
e-mail: maxnevichcompany@gmail.com
ORCID: 0009-0005-8524-2379

³ учень 11-А класу
(Середня загальноосвітня школа №205 Святошинського району, м. Київ)
e-mail: solonkooleksandr87@gmail.com
ORCID: 0009-0004-3069-598X

насиченістю киснем, що відповідає місцю існування фітопланктону – мілководна річка із низькою інтенсивністю фотосинтетичної аерації. Більшість видів планктонних водоростей р. Таль є прісноводними формами. Присутність солюбних форм (олігогалобів-галофілів, мезогалобів) є результатом зростання мінералізації унаслідок осушення, що призводить до зміни різноманіття водоростей і є одним із кліматичних чинників, який впливає на формування альгофлори Українського Полісся. За приуроченістю до рН у р. Таль переважали індиференти, водночас помітною була й частка ацидофілів (13%), що вказує на помірний вплив ацидофікації і процеси незначного закиснення. З'ясовано, що переважна більшість водоростей водотоку за сапробністю належить до III класу якості вод – «вода задовільної якості».

Ключові слова: фітопланктон, річка, якість води, сапробність, біомоніторинг, індикаторні види.

PHYTOPLANKTON OF A SMALL RIVER AS AN INDICATOR OF WATER QUALITY IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE AND MILITARY ACTIONS ON THE TERRITORY OF UKRAINE

Yu. S. Sheliuk, D. S. Makhnevych, O. S. Solonko

The work discusses some topical issues of water quality assessment of small watercourses under the conditions of climate change and military operations on the territory of Ukraine, using the example of the Tal River (Kyiv region, Borodyanskyi and Ivankivskyi districts). The data obtained during the growing seasons of 2023–2024 regarding the structural-functional and indicator characteristics of watercourse algae were compared with the information obtained in 2004–2005. At the current stage of functioning of the river ecosystem in the phytoplankton of the Tal River, 42 species and intraspecific taxa of algae with the nomenclatural type of the species, including 9 divisions, were found. According to the composition of the leading taxa, it is green-diatom-euglenous. Impoverishment of the species composition of river phytoplankton over the past 10 years was established, primarily due to a noticeable decrease in the share of diatoms (from 27 species to 9). The impoverishment is most likely due to the increase of negative anthropogenic influence, as well as climatic changes. A simplification of the taxonomic structure of phytoplankton was also established, as indicated by a decrease in the genus coefficient over time.

In the structure of phytoplankton of the river, the leading role belonged to planktonic and benthic inhabitants, planktonic, benthic and soil forms had a smaller representation in the composition of algal communities. The presence of a significant share of benthic species in the composition of plankton is due to the peculiarities of shallow areas of small rivers, which are characterized by wind mixing and, as a result, separation of benthic and soil forms. The presence of a significant share of benthic species in the composition of plankton is due to the peculiarities of shallow areas of small rivers, which are characterized by wind mixing and, as a result, separation of benthic and soil forms. According to the temperature limitation, most of the indicator species belonged to eurythermic species, the share of thermophilic species was also noticeable, which is probably the result of global climate changes. In terms of rheophilicity, stagnant-flowing (slowly mobile) species prevailed – indicators of moderately oxygenated waters, 33% belonged to stagnant forms with relatively low oxygen saturation, which corresponds to the place of phytoplankton existence – a shallow river with a low intensity of photosynthetic aeration. Most species of planktonic algae r. Thallus are freshwater forms. The presence of salt-loving forms (halophilic oligohalobes, mesohalobes) is the result of increased mineralization as a result of drying, which leads to a change in the diversity of algae and is one of the climatic factors that affects the formation of the algoflora of the Ukrainian Polissia. In relation to pH, indifferents prevailed in the Tal River, while the proportion of acidophiles (13%) was also noticeable, which indicates a moderate effect of acidification and slight acidification processes. It was found that the vast majority of watercourse algae according to saprobicity belong to the III class of water quality – «water of satisfactory quality».

Key words: phytoplankton, river, water quality, saprobity, biomonitoring, indicator species.

Вступ

У зв'язку з глобальним антропогенним впливом на річкові екосистеми, обумовленим ростом міських агломерацій, гідротехнічним будівництвом, потраплянням полютантів

різної природи зі стічними водами, кліматичними змінами актуальною проблемою сьогодення є оцінка якості води річок і їх біомоніторинг (Терміни ..., 2015; Афанасьєв, 2018; Постанова ..., 2018; Проект ..., 2018).

Із початку повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України посилюються екологічні ризики щодо забруднення водних екосистем як внаслідок прямого потрапляння у них полютантів через згорання пропеленту, нафтопродуктів, так і непрямого впливу руйнування мостів, гребель берегової лінії. Водні екосистеми України зазнали патологічного впливу на їх біорізноманіття, який зумовив загибель риб, порушення міграційних циклів водних птахів, послаблення потенціалу гідроекосистем до природного відновлення. Основними агентами самоочищення річок є фотоавтотрофи, у першу чергу фітопланктон, оскільки ця група організмів формує структурно-функціональні зв'язки на різних рівнях їх організації: популяційно-видовому та ценотичному (Deng et al., 2016; Shelyuk & Shcherbak, 2018).

На сьогодні вивченню водоростевих угруповань планктону річок в умовах змін клімату та воєнних дій на території України не приділяється достатньої уваги, тому вивчення цих груп гідробіонтів є особливо актуальним.

Саме тому дослідження різноманіття фітопланктону р. Таль та оцінка якості води за індикаторними видами водоростей є актуальними.

Мета: з'ясувати основні тенденції змін структурно-функціональних та індикаторних характеристик фітопланктону малої річки в умовах змін клімату та воєнних дій на території України.

Матеріал і методи

Річка Таль – права притока Тетерева (басейн Дніпра), має довжину 51 км, площу водозбірного басейну 357 км², похил – 0,9 м/км. Протікає в межах Іванківського й Бородянського районів Київської області. Долина пласка, завширшки 2,5 км, має глибину до 15 м. Стік річки в середній течії зарегульований. Річище слабо звивисте (Географічна ..., 1989).

Матеріалом даної роботи слугували 40 альгологічних проб планктону, зібрані протягом 2023–2024 рр. на р. Таль (50°56'11" пн. ш. 29°56'34" сх. д.). Відібраний матеріал вивчався у фіксованому (40%-й розчин формаліну) стані. Для обліку чисельності водоростей застосовували камеру Нажотта об'ємом 0,5 см³ та світловий мікроскоп ОМО АУ – 12 (Методи..., 2006; Ignatiades, 2020). Визначення систематичного (видового) складу водоростей проводили згідно загальноприйнятих пра-

вил за традиційними в альгології вітчизняними визначниками та іноземними посібниками з урахуванням флористичних зведень (Tsarenko et al., 2006; 2009; 2011) відповідно до міжнародного електронного каталогу AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2020). Чисельність, біомасу фітопланктону та частоту трапляння видів розраховували за стандартними методиками (Методи ..., 2006), описаними у попередній публікації (Shelyuk, 2024). Індекс сапробності розраховано за системою Пантле-Бук у модифікації Сладечека на основі індивідуальних індексів сапробності ідентифікованих видів-індикаторів (Pantle & Buck, 1955). Біоіндикаційний аналіз (Мальцев та ін., 2011) проведено з урахуванням індикаторних характеристик водоростей (Barynova et al., 2006). Отримані дані сапробіологічного аналізу за індикаторними видами водоростей були співставлені з класами якості вод відповідно до (Методи ..., 2006). При проведенні біоіндикаційного аналізу отримані результати представляли за допомогою графіків Excel. Там групи водоростей, що є індикаторами, розмістили в порядку зростання їх індикаторного значення. Це дало можливість побудувати поліноміальні лінії тренда. Такий розподіл за своєю формою наближається до кривої Гауса, саме тому використання поліноміальних трендів було найдоцільнішим, і дозволило встановити екологічні оптимуми за параметрами зовнішнього оточення в угрупованнях, які аналізувалися.

Результати

Упродовж вегетаційного сезону 2023–2024 рр. у планктоні р. Таль виявлено 42 види та внутрішньовидові таксони водоростей із номенклатурним типом виду включно з 9 відділів (рис. 1) за провідної ролі зелених, діатомових й евгленід.

Максимальну частоту трапляння мали: *Euglena proxima* Dang. (55%), *Trachelomonas volvocina* Ehr. (53%), *Chlamydomonas globosa* Snow. (43%), *Phacotus coccifer* Korsch. (41%). Поява у складі «провідних» евгленових водоростей засвідчує помітний вміст органічних речовин як природного, так і антропогенного походження.

Кількісні показники розвитку фітопланктону р. Таль упродовж 2023–2024 рр. коливалися у широких межах (біомаса змінювалася від 0,009 до 6,38 г/м³, чисельність – від 14 тис. до 2 млн. кл/дм³. Середня біомаса упродовж вегетаційного сезону становила 0,34±0,01 г/м³, чисельність – 59,18±1,26 тис. кл/дм³. Середня

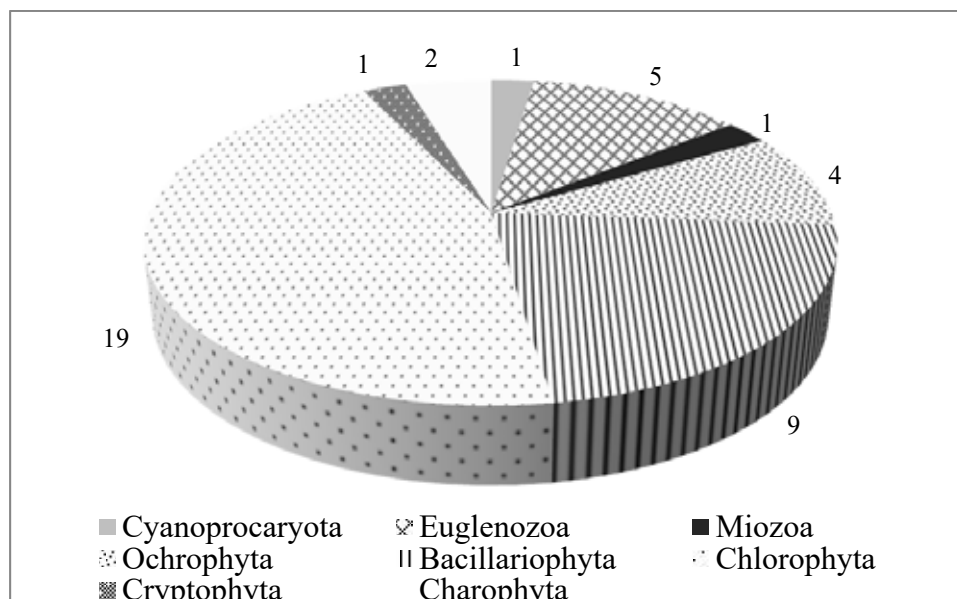


Рис. 1. Таксономічний склад фітопланктону р. Таль (за результатами досліджень 2023–2024 рр.)

біомаса фітопланктону весною становила $0,28 \pm 0,03$ г/м³, чисельність – $22,84 \pm 0,22$ тис. кл/дм³, влітку – $0,59 \pm 0,03$ г/м³ та $175 \pm 0,10$ тис. кл/дм³, восени – $0,31 \pm 0,02$ г/м³, та $47,56 \pm 0,07$ тис. кл/дм³.

На основі встановленого видового складу планктонних водоростей проведено біоіндикаційний аналіз (рис. 2). Ідентифіковані водорості є індикаторами якості вод за такими показниками як: приуроченість до субстрату (місцезростання), рН, солоність, реофільність та насичення води киснем, органічне забруднення (сапробність), трофність, температура води. Найчастіше кожен із виявлених видів був індикатором декількох показників (див. рис. 2).

У структурі фітопланктону річки Таль провідна роль належала планктонно-бентосним (13) мешканцям, меншу представленість у складі водоростевих угруповань планктону мали планктонні (10), бентосні (9) і ґрунтові форми (2). Наявність значної частки бентосних форм у складі планктону зумовлена особливостями мілководних ділянок малих річок, яким властиве вітрове перемішування і як наслідок – відрив бентосних і ґрунтових видів.

За температурною приуроченістю більшість видових і внутрішньовидових таксонів належить до евритермних – 60% від загального числа видів-індикаторів температурного режиму. Помітною є й частка теплолюбних форм, що, вірогідно, є результатом глобальних змін клі-

мату, оскільки саме територія Полісся в останнє десятиріччя зазнає найпомітнішого, навіть у порівнянні з південними регіонами, підвищення рівня температури (Бабіченко та ін., 2007). Загалом, не дивлячись на те, що оцінка температурного інтервалу за біоіндикацією розвинена ще недостатньо, встановлений інтервал помірних температур, як регіональну кліматичну норму.

За реофільністю 63% видів належать до стоячо-текучих (малорухливих) вод середньо-забезпечених киснем, 33% – до стоячих форм із порівняно низькою насиченістю киснем, 4% – до текучих форм. Це відповідає місцю існування фітопланктону – мілководна річка із низькою фотосинтетичною аерацією.

Більшість видів планктонних водоростей р. Таль є прісноводними формами – 24–64% від числа форм. Присутність солюбних форм (олігогалобів-галофілів 20% – 8, мезогалобів 4% – 2) є результатом зростання мінералізації внаслідок осушення, що призводить до зміни різноманіття водоростей і є одним із кліматичних чинників, який впливає на формування альгофлори. Зміління малих річок в Україні має катастрофічний характер, прогнозовано, частина малих водотоків можуть взагалі зникнути.

За приуроченістю до рН середовища у р. Таль переважали групи індиферентів (71%) та алкаліфілів (11%), водночас помітною була й частка ацидофілів (13%). Це вка-

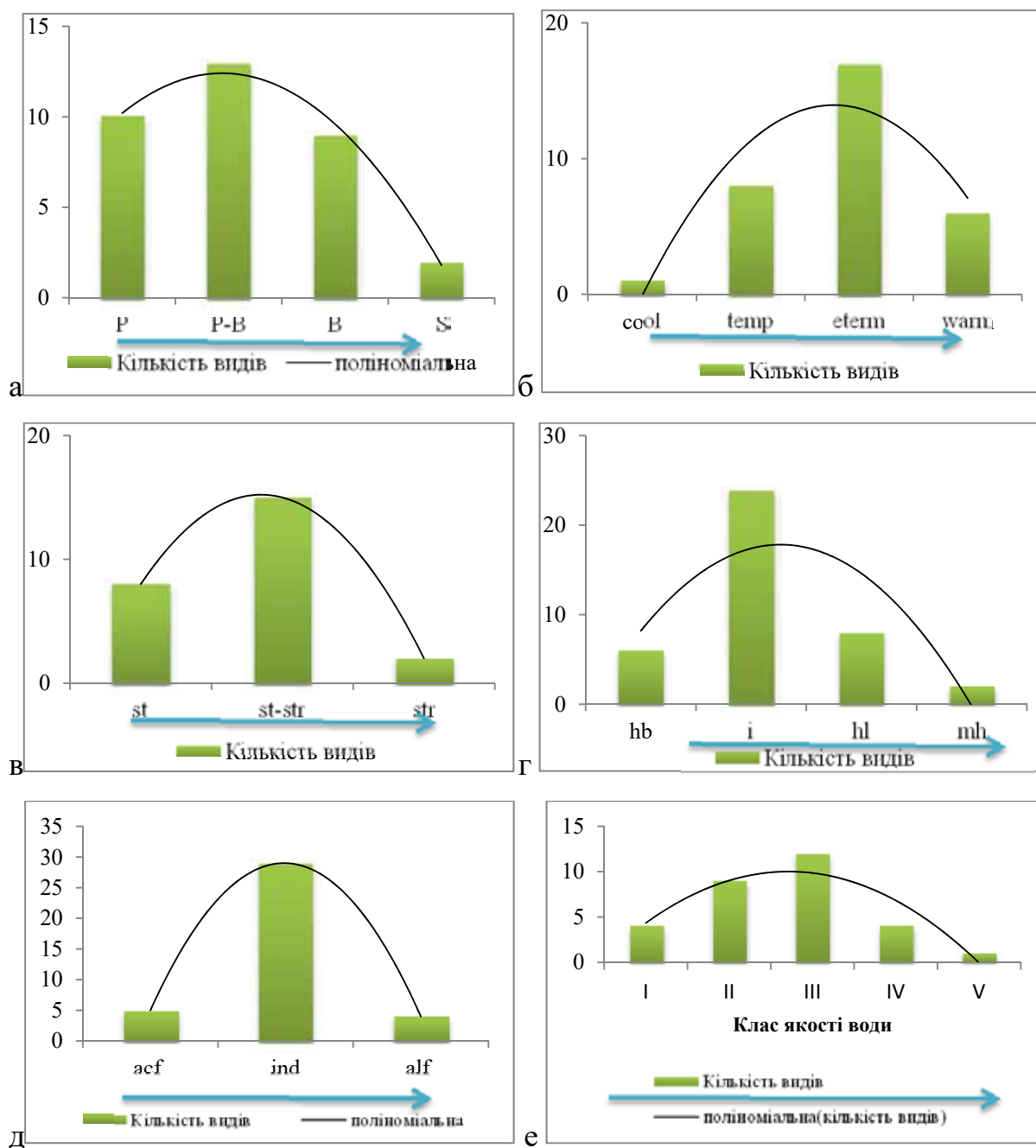


Рис. 2. Співвідношення водоростей-індикаторів екологічних умов у р. Таль

Примітка. А – Співвідношення індикаторів місця існування (В – бентосні; P-B – планктонно-бентосні; P – планктонні; S – ґрунтові); Б – температурних умов (warm – теплолюбні; cool – холодолюбні; temp – помірною діапазону та/або індиференти; etern – евритермні); В – насиченості вод киснем та реофільності (st – стоячі, st-str – повільно текучі та / або індиференти, str – швидко текучі); Г – індикаторів солоності (mh – мезогалоби; i – олігалоби-галофіли; hl – олігогалоби-галофіли; hb – олігогалоби-галофоби); Д – рН середовища (ind – індиференти; alf-алкаліфіли; acf – ацидофіли); Е – співвідношення кількості індикаторів класів якості води. Стрілка на графіках А-Д позначає напрям посилення дії чинника середовища, а на Е – напрям посилення органічного забруднення.

зує на помірний вплив ацидофікації і процеси незначного закислення.

Сапробіологічна характеристика якості води р. Таль представлена на основі співвід-

ношення видів-індикаторів, які визначають різний стан органічного забруднення водної екосистеми. У фітопланктоні річки переважали β-мезосапроби – 36% видів, різновидів

та форм водоростей, β - α -мезосапроби – 12%, α - β -мезосапроби – 9%. Частка оліго- α -мезосапробів складала 17%; оліго- β -мезосапробів – 13%, β -олігосапробів – 9%, частка олігосапробів, α -сапробіонтів, ксено-олігосапробів та оліго-ксеносапробіонтів, складала по 2% – 1 (1).

Загалом індикаторні види водоростей розділилися між 5-ма класами якості вод. Переважна їх більшість належить до III класу якості вод – «вода задовільної якості» (див. рис. 2). Йому відповідають представники β -олігосапробіонтів, β -мезосапробіонтів, α - β -сапробіонтів. Однак, вершина лінії тренда на графіку знаходиться між II і III класами якості вод.

Щодо географічної характеристики, то переважна більшість видів досліджуваного водотоку належить до космополітів. Також у складі альгофлори річки ідентифіковано голарктичні форми, аркто-арктичні, альпійські, голарктично-палеотропічні і циркумбореальні.

Обговорення

Наявні літературні дані щодо автотрофної ланки р. Таль датуються 2004–2005 рр. (Кузьмінчук, 2005). Фітопланктон водотоку за загальним числом видів у відділах характеризувався як діатомово-зелено-евгленовий. Значна частка Euglenozoa (третє місце за видовим багатством) була обумовлена значним умістом органічних сполук як природного, так і антропогенного походження, що є типовим для малих поліських річок із площею басейну менше 1000 км². Загалом у р. Таль було визначено 53 види водоростей, представлених 55 внутрішньовидовими таксонами. Розподіл видів, різновидів і форм водоростей за відділами був таким: Bacillariophyta – 27, Chlorophyta – 14, Euglenozoa – 5, Cyanoprocarota – 4, Miozoa – 2, Ochrophyta – 3. Значною кількістю видів характеризувався весняний планктон річки Таль – 34 види, представлені 35 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом виду включно. Провідну роль у формуванні видового багатства водотоку відігравали діатомові водорості (57% від загального їх числа), зелені (17%), евгленові та синьозелені (по 6%). Улітку фітопланктон досліджуваної акваторії р. Таль у межах Бородянського й Іванівського районів був бідним і нараховував лише 15 видів (16 внутрішньовидових таксонів), які належали до відділів Bacillariophyta (56%), Chlorophyta (32%), Euglenozoa і Cyanoprocarota (по 6%). Ще меншу кількість видів було іденти-

фіковано впродовж осіннього періоду – 6. У видовому багатстві водотоку домінували Chlorophyta (по 50% загальної кількості видових та внутрішньовидових таксонів). Упродовж вегетаційних сезонів згаданого періоду найбільшу біомасу фітопланктону мали: Bacillariophyta – 40%, Chlorophyta, Ochrophyta – 14% та Miozoa – 13%. До видів-домінантів належала охрофітова водорість *Synura lapponica* Skuja (0,03 г/м³) і вид, що належить до відділу Miozoa, – *Peridinium aciculiferum* Lemm. (0,02 г/м³).

Порівняння отриманих даних за 2023–2024 рр. із літературними відомостями за 2004–2005 рр. (Кузьмінчук, 2005) засвідчує зниження видового багатства річкового фітопланктону, у першу чергу за рахунок помітного зниження частки діатомових водоростей (із 27 видів до 9). Збіднення, найімовірніше, зумовлене посиленням негативного антропогенного впливу воєнних дій, а також кліматичними змінами.

Родовий коефіцієнт (відношення числа видів до числа родів) на сучасному етапі функціонування річкової екосистеми склав 1,84. Такі порівняно низькі значення родового коефіцієнта вказують на те, що водотік зазнає хронічного негативного антропогенного впливу. Цей показник у 2004–2005 рр. становив 2,01. Отже, відмічається тенденція до деякого спрощення структури фітопланктону малої річки і домінування одновидових родів.

Отримані результати біоіндикаційного аналізу за індикаторними видами фітопланктону р. Таль можуть бути використані для подальшого моніторингу якості вод річкової екосистеми.

Висновки

Упродовж 2023–2024 рр. у фітопланктоні р. Таль виявлено 42 види та внутрішньовидові таксони водоростей із номенклатурним типом виду включно з 9 відділів. За складом провідних таксонів він є зелено-діатомово-евгленовий.

Порівняння отриманих даних із літературними відомостями за 2004–2005 рр. засвідчує зниження видового багатства річкового фітопланктону у першу чергу за рахунок помітного зниження частки діатомових водоростей (із 27 видів до 9). Збіднення, найімовірніше, зумовлене посиленням негативного антропогенного впливу, а також кліматичними змінами. Встановлено й спрощення таксономічної структури фітопланктону, на що вказує зменшення родового коефіцієнту.

У структурі фітопланктону річки Таль провідна роль належала і планктонно-бентосним (13) мешканцям, меншу представленість у складі водоростевих угруповань мали планктонні (10), бентосні (9) і ґрунтові форми (2). Наявність значної частки бентосних видів у складі планктону зумовлено особливостями мілководних ділянок малих річок, яким властиве вітрове перемішування і як наслідок – відрив бентосних і ґрунтових форм.

За температурною приуроченістю більшість видових і внутрішньовидових таксонів належить до евритермних – 60% від загального числа видів-індикаторів температурного режиму. Помітною є й частка теплолюбних форм, що, вірогідно, є результатом глобальних змін клімату.

За реофільністю 63% видів досліджуваної малої річки належать до стоячо-текучих (малорухливих) вод середньо-забезпечених киснем, 33% – до стоячих форм із порівняно низькою насиченістю киснем, 4% – до теку-

чих форм. Це відповідає місцю існування фітопланктону – мілководна річка із низькою інтенсивністю фотосинтетичної аерації.

Більшість видів планктонних водоростей р. Таль є прісноводними формами – 24–64% від числа індикаторних видів за відношенням до солоності вод. Присутність солелюбних форм (олігогалобів-галофілів 20% – 8, мезогалобів 4% – 2) є результатом зростання мінералізації унаслідок осушення, що призводить до зміни різноманіття водоростей і є одним із кліматичних чинників, який впливає на формування альгофлори.

За приуроченістю до рН у р. Таль переважали групи індиферентів (71%) та алкаліфілів (11%), водночас помітною була й частка ацидофілів (13%). Це вказує на помірний вплив ацидофікації і процеси незначного закиснення.

З'ясовано, що переважна більшість водоростей водотоку за сапробністю належить до III класу якості вод – «вода задовільної якості».

Список використаної літератури

- Афанасьєв С.О. Проблеми і розвиток досліджень екологічного стану гідроекосистем України в аспекті імплементації директив ЄС в галузі довкілля. *Гідробіол. журн.* 2018. 54. № 6. С. 3–17.
- Бабіченко В.М., Николаєва В.М., Гущина Л.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століття. *Укр. геогр. журн.* 2007. № 4. С. 3–12.
- Кузьмінчук Ю.С. Фітопланктон приток р. Тетерів. *Вісник державного агроекологічного університету.* Житомир, 2005. 1 (14). С. 262–269.
- Маринич О.М. Географічна енциклопедія України. Київ : Українська радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1989. 427 с.
- Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, ІНЕКО Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.
- Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
- Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p> (дата звернення 22.10.2024).
- Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 року. Проект Закону України від 07.08.2018 № 9015 [Електронний ресурс]. URL: [UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf](https://www.un.org/development/desa/policy/undp_strategy_v06-optimized.pdf) (дата звернення 29.10.2024).
- Baraynova S.S., Medvedeva L.A., Nazimova O.V. Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel Aviv : Piles Studio, 2006. 498 p.
- Deng J., Qin B., Sarvala J., Salmaso N., Zhu G., Ventelä A.-M., Zhan Y., Gao G., Nurminen L., Kirkkala T., Tarvainen M., & Vuorio K. Phytoplankton assemblages respond differently to climate warming and eutrophication: a case study from Pyhäjärvi and Taihu. *Journal of Great Lakes Research.* 2016. 42 (2). P. 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.12.008>.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2020. [Електронний ресурс] URL: <http://www.algaebase.org> (дата звернення 30.10.2024).
- Ignatiades L. Taxonomic Diversity, Size-Functional Diversity, and Species Dominance Interrelations in Phytoplankton Communities: a Critical Analysis of Data Interpretation. *Mar. Biodivers.* 2020. № 50 (4). P. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01086-4>.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserbach*. 1955. Vol. 96. № 18. 604 p.

Shelyuk Yu.S. Peculiarities of Phytoplankton Formation and Functioning in Small Water Reservoirs. *International Journal on Algae*. 2024. № 26 (3). P. 273–284. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v26.i3.50>.

Shelyuk Y.S., Astahova L.Y. Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*. 2021. № 29 (2). P. 119–128. <https://doi.org/10.15421/012116>.

Shelyuk Yu.S., Shcherbak V.I. Phytoplankton Structural and Functional Indices in the Rivers of the Pripyat' and Teteriv Basins. *Hydrobiol. Journal*. 2018. V. 54. № 3. P. 10–23.

Sladěček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnol.* 1973. V. 7. № 1/4. P. 1–218.

Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag, 2006. Vol. 1. 713 p.

Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Bacillariophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag. 2009. Vol. 2. 413 p.

Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Chlorophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag. 2011. Vol. 3. 511 p.

References

Afanasiev, S.O. (2018). Problemy i rozvytok doslidzhen ekolohichnoho stanu hidroekosystem Ukrainy v aspekti implementatsii dyrektyv YeS v haluzi dovkillia [Problems and development of research on the ecological state of hydroecosystems of Ukraine in the aspect of implementation of EU directives in the field of environment]. *Hidrobiol. Zhurn.* [Hydrobiol. Journal], 54 (6), 3–17 [in Ukrainian].

Babichenko, V.M., Nikolaieva, V.M., & Hushchyna, L.M. (2007). Zminy temperatury povitria na terytorii Ukrainy naprykintsi KhKh ta na pochatku KhKhI stolittia [Air temperature changes in the territory of Ukraine at the end of the 20th and the beginning of the 21st century]. *Ukr. heohr. zhurn* [Ukraine geogr. journal], 4, 3–12 [in Ukrainian].

Kuz'minchuk, Yu.S. (2005). Fitoplankton pryток r. Teteriv [Phytoplankton tributary of the river Teteriv]. *Visnyk derzhavnoho ahroekolohichnoho universytetu* [Bulletin of the State Agroecological University], 1 (14), 262–269 [in Ukrainian].

Marynych, O.M. (ed.) (1989). Heohrafichna entsyklopediya Ukrayiny. [Geographical encyclopedia of Ukraine]. K. Ukrainian Soviet Encyclopedia named after M. P. Bazhana [in Ukrainian].

Maltsev, V.I., Karpova, H.O., & Zub, L.M. (2011). Vyznachennia yakosti vody metodamy bioindykatsii [Determination of water quality by bioindication methods]: naukovo-metodychnyi posibnyk. K. : Naukovi tsestr ekomonitorynhu ta bioriznomanittia mehapolisu NAN Ukrainy, Nederzhavna naukova ustanova Instytut ekolohii (INEKO) Natsionalnoho ekolohichnoho tsentru Ukrainy [in Ukrainian].

Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod [Methods of hydroecological research of surface waters] (2006). / za red. V. D. Romanenka. Kyiv : LOHOS [in Ukrainian].

Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19 veresnia 2018 r. № 758 «Pro zatverdzhennia Poriadku zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu vod» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 19, 2018 No. 758 «On Approval of the Procedure for State Water Monitoring» [Elektronic resource]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p> (access date 22.10.2024) [in Ukrainian].

Proekt Stratehii staloho rozvytku Ukrainy do 2030 roku. Proekt Zakonu Ukrayiny vid 07.08.2018 № 9015 (2018). [Project of the Sustainable Development Strategy of Ukraine until 2030. Draft Law of Ukraine dated August 7, 2018 No. 9015]. [Elektronic resource]. URL: [UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/9015-2018-p). (access date 29.10.2024) [in Ukrainian].

Barynova, S.S., Medvedeva, L.A., & Anisymova, O.V. (2006). Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel Aviv : Piles Studio [in English].

Deng, J., Qin, B., Sarvala, J., Salmaso, N., Zhu, G., Ventelä, A.-M., Zhang, Y., Gao, G., Nurminen, L., Kirkkala, T., Tarvainen, M., & Vuorio, K. (2016). Phytoplankton assemblages respond

differently to climate warming and eutrophication: a case study from Pyhäjärvi and Taihu. *Journal of Great Lakes Research*, 42 (2), 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.12.008> [in English].

Guiry, M.D., & Guiry, G.M. (2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [Electronic resource] URL: <http://www.algaebase.org>. (access date 30.10.2024) [in English].

Ignatiades, L. (2020). Taxonomic Diversity, Size-Functional Diversity, and Species Dominance Interrelations in Phytoplankton Communities: a Critical Analysis of Data Interpretation. *Mar. Biodivers*, 50 (4), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01086-4> [in English].

Pantle, R., & Buck, H. (1955). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserbach*, 96 (18) [in English].

Shelyuk, Yu.S. (2024). Peculiarities of Phytoplankton Formation and Functioning in Small Water Reservoirs. *International Journal on Algae*, 26 (3), 273–284. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v26.i3.50> [in English].

Shelyuk, Y.S., & Astahova, L.Y. (2021). Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*, 29 (2), 119–128. <https://doi.org/10.15421/012116> [in English].

Shelyuk, Yu.S., & Scherbak, V.I. (2018). Phytoplankton structural and functional indices in the rivers of the Pripyat' and Teterev basins. *Hydrobiological Journal*, 54 (3), 10–23 [in English].

Sladeček, V. (1986). Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiol. J*, 14 (5), 555–566. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v54.i3.10> [in English].

Tsarenko, P.M., Wasser, S.P., & Nevo, E. (2009). Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Bacillariophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag, 2 [in English].

Tsarenko, P.M., Wasser, S.P., & Nevo, E. (2006). Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Cyanoprocarota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag, 1 [in English].

Tsarenko, P.M., Wasser, S.P., & Nevo, E. (2011). Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Chlorophyta. Eds. Ruggell : Ganter Verlag, 3 [in English].

Отримано: 04.11.2024

Прийнято: 18.11.2024