



УДК 582.26/27 (282.247.322)

DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2022-1-1-5>

Особливості формування і функціонування фітопланктону малої річки Глибочок (басейн Дніпра)

Юлія Шелюк¹, Олена Житова², Анастасія Жуковська¹

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, Україна

²Поліський національний університет, Житомир, Україна

Адреса для листування: Shelyuk_Yulya@ukr.net

Отримано: 03.04.22; прийнято до друку: 15.06.22; опубліковано: 30.06.22

Резюме. На основі аналізу таксономічного складу, інформаційного різноманіття, кількісних показників розвитку водоростевих угруповань планктону, первинної продукції й деструкції органічної речовини, їх часової та просторової динаміки встановлені особливості структури і функціонування фітопланктону малої річки на прикладі р. Глибочок (басейн Дніпра), представлено оцінку якості вод за індикаторними видами водоростей та біотичними індексами. Уперше у складі фітопланктону р. Глибочок ідентифіковано 74 види водоростей, представлених 85 внутрішньовидовими таксонами, включно з номенклатурним типом виду. Фітопланктон р. Глибочок за числом видових і внутрішньовидових таксонів, а також складом провідних родів характеризувався як зелено-евглено-діатомовий. Уперше ідентифіковано 9 видів (11 в.в.т.) – нових для Українського Полісся.

У структурі фітопланктону водотоку провідна роль належала планктонним формам, олігоглобам-індиферентам за відношенням до галобності, індиферентам за відношенням до рН та реофільності вод і насичення їх киснем. У водоточі відзначено переважання індикаторів сапробності, які відповідають III класу якості вод, проте статистично значущими є й індикатори II класу.

За біомасою фітопланктону та інтенсивністю фотосинтезу р. Глибочок належить до III класу якості вод. Переважання продукційних процесів над деструкційними у річці вказує на автотрофну направленість продукційно-деструкційних процесів і свідчить про процеси самозабруднення річкової екосистеми внаслідок інтенсивної вегетації водоростей.

Ключові слова: фітопланктон, річка Глибочок, чисельність, біомаса, первинна продукція.

Features of formation and functioning of phytoplankton of a small river Hlybochok (Dnieper basin)

Iulia Sheliuk¹, Olena Zhytova², Anastasia Zhukovska¹

¹Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

²Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine

Correspondence: Shelyuk_Yulya@ukr.net

Abstract. Based on the analysis of taxonomic composition, information diversity, quantitative indicators of algae groups of plankton, primary products and destruction of organic matter, their temporal and spatial dynamics, the structure and functioning of phytoplankton of a small river are established. by indicator species of algae and biotic indices. For the first time, 74 species of algae, represented by 85 intraspecific taxa, including the nomenclature type of the species, were identified in the phytoplankton of the Hlybochok River.

Phytoplankton of the Hlybochok River was characterized as green-eugleno-diatomaceous by the number of species and intraspecific taxa, as well as the composition of the leading genera. For the first time, 9 species (11 v.v.t.) were identified - new for Ukrainian Polissya.

In the structure of the phytoplankton of the watercourse, the leading role belonged to planktonic forms, oligoglobals-indifferent in relation to halo, indifferent in relation to pH and rheophilicity of waters and their oxygen saturation. The predominance of saprobity indicators corresponding to class III water quality was noted in the watercourse, but class II indicators are also statistically significant.

The frequency of occurrence in the phytoplankton of the Hlybochok River was dominated by blue-green (average frequency reached 13.6%), green (7.7%), diatoms (6.2%) and euglenae algae (4.8%). The maximum frequency of occurrence were: *Chlamydomonas globosa* Snow (67%), *Oscillatoria amphibia* Ag. ex Gom. (55%), *Oscillatoria planctonica* Wolosz. (41%), *Aphanizomenon flos-aquae* (Lyngb.) Breb. (31%), *Trachelomonas volvocina* Ehrb. (33%).

The average biomass during 2019–2020 was $2,17 \pm 0,15$ mg / dm³, the number was $56,15 \pm 1,30$ million cells / dm³. Structural departments in the formation of biomass in the spring were – Dinophyta (32%), Chlorophyta (26%), Cyanoprokaryota (24%), in the summer – Cyanoprokaryota (80%), Chlorophyta (10%), in autumn – Cyanoprokaryota (78%), Chlorophyta (10%).

According to the phytoplankton biomass and the intensity of photosynthesis, the Hlybochok River belongs to the III class of water quality. The predominance of production processes over destructive ones in the river indicates the autotrophic direction of production-destructive processes and testifies to the processes of self-pollution of the river ecosystem due to intensive vegetation of algae.

Keywords: phytoplankton, Hlybochok river, population, biomass, primary products.

ВСТУП

В Україні шкідливого впливу діяльності суспільства зазнали й продовжують зазнавати екосистеми малих річок. Часто йдеться вже не стільки про непридатність водотоків як джерел води, але й навіть про неможливість використання їх ландшафтів для потреб рекреації [1, 2].

В останні десятиріччя основну увагу приділяли українські дослідники автотрофній ланці великих водосховищ і річок, а також водойм мегаполісів. Так, у літературі наявні численні відомості щодо таксономічного складу, кількісних показників, сезонної динаміки фітопланктону екосистем головних водних артерій України – Дніпра, Дністра і Південного Бугу, зроблена та впроваджена методологія оцінки їхнього екологічного стану [3–5]. Досі питання, які стосуються малих польських водотоків, практично не вирішені, що зі свого боку унеможливило оцінку якості їхніх вод, виявлення і прогнозування природоохоронних проблем.

Мета роботи – з'ясувати особливості формування й функціонування фітопланктону малих річок (на прикладі р. Глибочок (басейн Дніпра)).

МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Річка Глибочок – права притока Тетерева (басейн Дніпра). Протікає на території Житомирської області України. Протяжність водотоку близько 21 км, площа басейну – 92,8 км², а похил – 2,4 м/км.

Матеріалом роботи слугували альгологічні проби, зібрані протягом вегетаційних сезонів 2019–2020 рр. у

середній та нижній течії річки (поблизу сіл Глибочок і Буки Житомирського району).

Біоіндикаційний аналіз проведено з урахуванням індикаторних характеристик водоростей, наведених у відповідній монографії [6] і статтях [7–9]. Оцінку якості вод за індикаторними видами водоростей робили згідно [10].

Первинну продукцію фітопланктону та деструкцію органічної речовини визначали кисневою модифікацією склянькового методу на горизонті 0,1 і 0,5 м. Паралельно вимірювали прозорість води за диском Секкі. Розрахунок інтегральної продукції $\sum A$ під $1 \text{ м}^2 \sum R$ і деструкції проводили відповідно до раніше описаних підходів [11].

Виділення вагомої частини фітопланктону на рівні порядків та родин проводили, застосовуючи наступний методичний підхід: на кривій видового розподілу видового складу водоростей за порядками флористично вагому частину вирізняли шляхом розрахунку середньоквадратичного відхилення σ . Цей показник, відкладений на осі ординат, дозволяє провести паралельну осі абсцис лінію, яка відсікає верхню частину кривої з вагомою групою таксонів.

Домінуючими вважали види, біомаса яких дорівнювала або перевищувала 10% біомаси фітопланктону проби [10]. Інформаційне різноманіття (за біомасою фітопланктону) оцінювали за індексом Шеннона [12].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Загалом за період досліджень у р. Глибочок виявлено 74 види водоростей, представлених 85 внутрішньовидовими таксонами, включно з тими, що містять номенклатурний тип виду (табл. 1).

Таблиця 1

Таксономічний склад фітопланктону річки Глибочок (за результатами досліджень 2019–2020 рр.)

Відділи	Число таксонів, од.						Родовий коефіцієнт
	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид	В.в.т.	
Суанопрокарйота	2	3	7	6	12	12	2,0
Euglenophyta	1	1	1	4	14	20	3,5
Chrysophyta	1	1	2	2	2	2	1,0
Bacillariophyta	3	9	10	12	16	18	1,3
Dinophyta	1	3	3	3	6	7	2,0
Cryptophyta	1	1	1	1	1	1	1,0
Chlorophyta	3	5	9	16	23	25	1,4
Усього	12	23	33	44	74	85	1,7

Примітка. В. в. т. – внутрішньовидовий таксон включно з номенклатурним типом виду

За числом видових і внутрішньовидових таксонів, а також складом провідних родів фітопланктону р. Глибочок характеризувався як зелено-евглено-діатомовий. Пропорція флор становить: 1: 1,3 : 2,2 : 2,6.

Найбільшим числом видів і внутрішньовидових таксонів у фітопланктоні річки були представлені класи: Euglenophyceae – 14 видів (20 в.в.т.), що становить – 24,0% від загального числа водоростей, Chlorophyceae – 18 видів (19 в.в.т.) – 22,3% Меншу видову насиченість мали Hormogoniophyceae,

Coscinodiscophyceae, Fragillariophyceae, Dinophyceae – по 7 таксонів рангом нижче роду, що становить 8,2%.

Ядро альгофлори річки Глибочок формували 5 вагомих порядків, видове багатство яких у сумі складає 58% від загального числа водоростей (рис. 1). Домінуючими порядками були: Euglenales – 23,6%, Sphaeropterales – 13,0%, Chlamydomonadales – 8,2%, Fragilariales – 7,1%, Chroococcales – 6,0%.

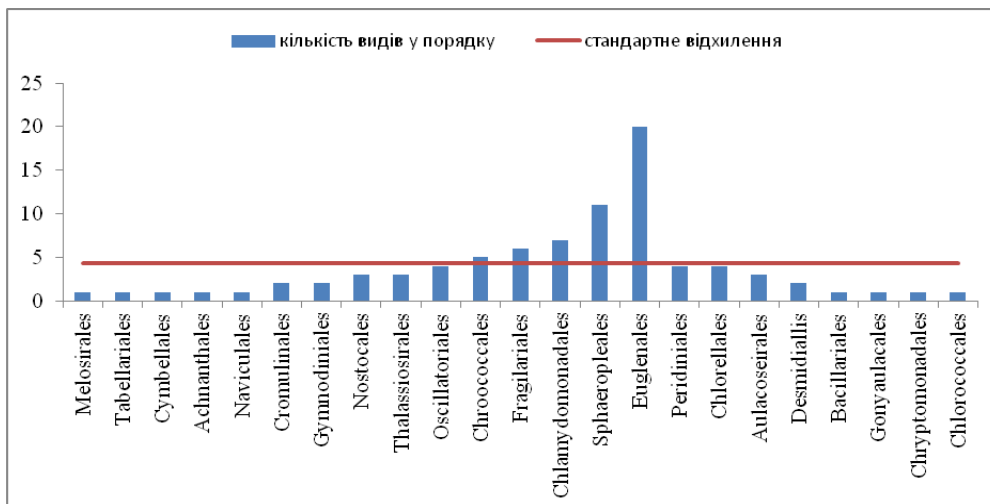


Рис. 1. Вагомі порядки фітопланктону річки Глибочок

До статистично значущих родин належали 6, частка яких сягала 53% від загального числа водоростей (рис. 2).

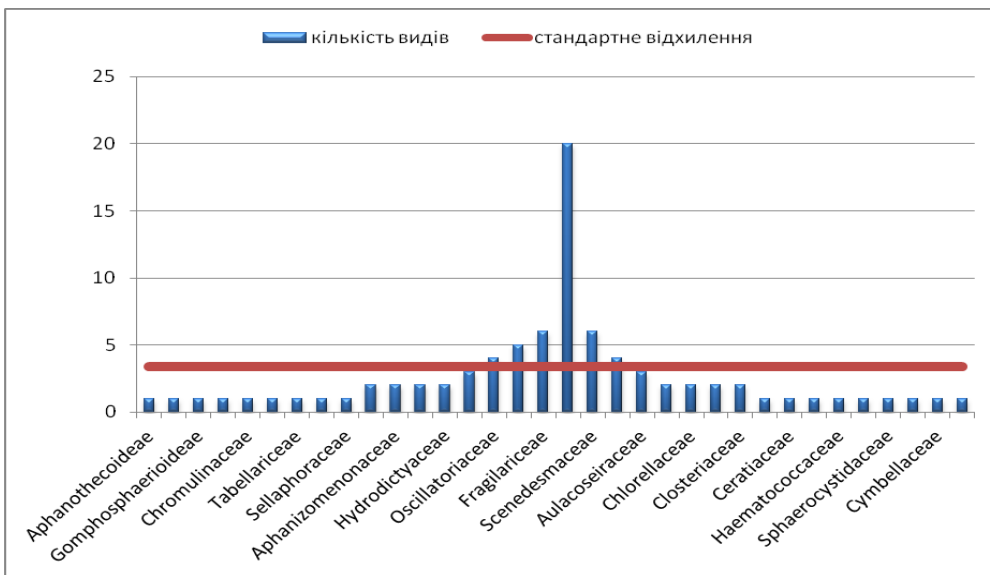


Рис. 2. Вагомі родини фітопланктону річки Глибочок

Розподіл водоростей за домінуючими родинами засвідчує наступне: переважають Euglenaceae – до цієї родини належало 23,6% видів водоростей водотоку, меншою часткою представлені Fragilariaceae і Scenedesmales – по 7,05%, Oscillatoriaceae і Peridiniaceae – трохи більше, ніж по 4% (рис. 3).

У результаті рангової оцінки родового складу водоростей планктонних угруповань виявили

12 провідних за таксономічною значимістю родів. Із них до роду *Trachelomonas* Ehr. належить 20% усього видового і внутрішньовидового багатства фітопланктону річки, *Chlamydomonas* Ehrenb. – 5,8%, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont – 4,7%, *Fragilaria* Lyngb., *Peridinium* Ehrenb. – по 3,5%, *Microcystis* Kütz., *Aphanizomenon* Komarek et Anagn., *Cyclotella* Kütz., *Aulacoseira* Hass., *Monoraphidium* Komárk.,

Coelastrum Nageli., *Dictyosphaerium* Nageli. – по 2,3%. У сезонному розподілі водоростей планктону р. Глибочок спостерігали зростання числа видів від

весни до літа та його зменшення від літа до осені та від осені до зими (табл. 2).

Таблиця 2

Сезонна динаміка видового складу фітопланктону р. Глибочок (2019–2020 рр.)

Відділи	Сезони			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Суанопrocaryota	6 (6)	8 (8)	1 (1)	8 (8)
Euglenophyta	7 (8)	7 (9)	2 (3)	10 (15)
Cryptophyta	0 (0)	1 (1)	0 (0)	1 (1)
Chrysophyta	1 (1)	1 (1)	0 (0)	2 (2)
Bacillariophyta	12 (13)	8 (9)	5 (6)	9 (11)
Dinophyta	5 (6)	2 (2)	0	3 (3)
Chlorophyta	13 (13)	12 (14)	1 (1)	14 (15)
Усього	44 (47)	39 (44)	9 (11)	47 (55)

За частотою трапляння у фітопланктоні річки Глибочок переважали синьозелені (середня частота трапляння сягала 13,6%), зелені (7,7%), діатомові (6,2%) та евгленові водорості (4,8%). Максимальну частоту трапляння мали: *Chlamydomonas globosa* Snow (67%), *Oscillatoria amphibia* Ag. ex Gom. (55%), *Oscillatoria planctonica* Wolosz. (41%), *Aphanizomenon flos-aquae* (Lyngb.) Breb. (31%), *Trachelomonas volvocina* Ehrb. (33%). Ранжування видів водоростей за класами частоти трапляння показало, що в досліджуваній малій річці переважали види (89%), які траплялися «зрідка» (0–4% проб) і «нечасто» (у 5–20% проб). Значно меншу частку мали види, що траплялися «часто» (3,5%) – (у 21–50% проб), «досить часто» (2,4%) – (у 51–80% проб), а тих, які належать до класу «дуже часто» (понад 80% проб) взагалі не знайдено. Це свідчить про те, що на сучасному етапі розвитку річкової екосистеми

сукцесія її фітопланктону протікає за умов переважання природного чинника.

Біоіндикаційний аналіз, проведений із урахуванням індикаторних характеристик водоростей за відношенням до місцеперебування, показав, що загалом у досліджуваній малій річці переважають планктонні (47% від загального числа видів-індикаторів місця існування) й планктонно-бентосні форми (36%). Порівняно з великими річками [13] виявляємо досить високу частку бентосних (12%) і ґрунтових (5%) форм, що зумовлено специфікою малих річок зі значними площами мілководь.

Сапробіологічний аналіз якості води р. Глибочок, проведений на основі співвідношення видів-індикаторів, які визначають різний стан органічного забруднення водної товщі, показав, що у фітопланктоні водотоку переважають β -мезосапроби (рис. 3).

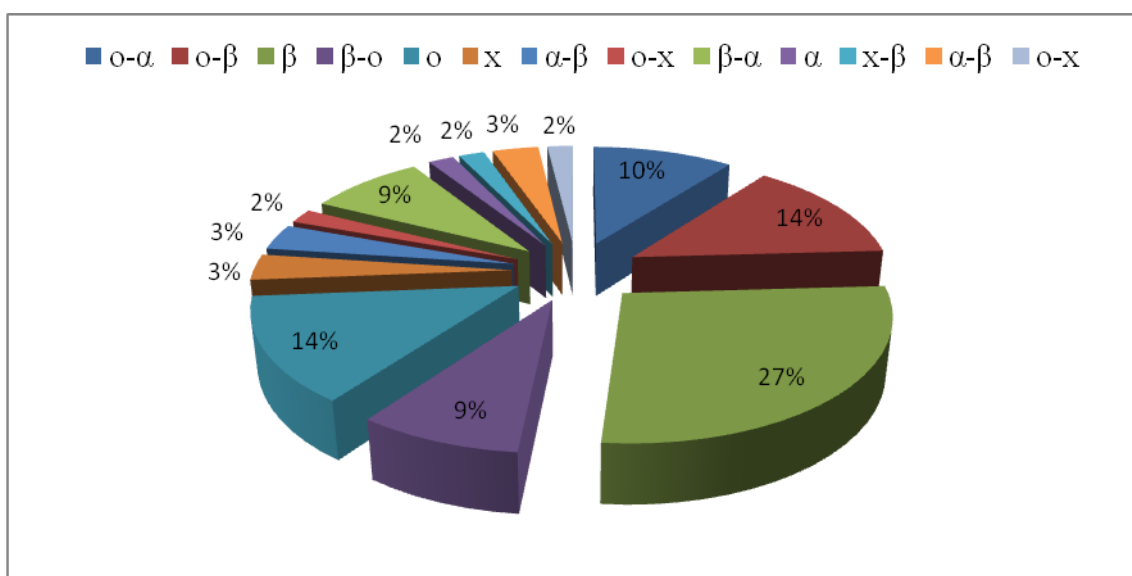


Рис. 3. Розподіл фітопланктону за сапробністю у р. Глибочок (за результатами досліджень 2019–2020 рр.)

Крім того, для оцінки ступеня органічного забруднення річки було використано систему Пантле-Бук в модифікації Сладечека з урахуванням таких зон самоочищення як ксеносапробна, олігосапробна, α і β -мезосапробна та полісапробна. Індикаторні види водоростей розділилися між 5-ма класами якості вод. Відзначено переважання індикаторів III класу (50,2%), проте статистично значущими є й індикатори II класу (36,5%).

Серед індикаторів галобності суттєву перевагу мали олігогалоби-індиференти (63% від загального числа видів-індикаторів солоності вод). Частка олігогалобів-галофілів складала 15%, олігогалобів-галофобів – 12%, мезогалобів – 10%.

За відношенням до ацидифікації у річці Глибочок більшість форм водоростей належать до індиферентів – 64% від числа видів, для яких знайдено літературні відомості, до алкаліфілів – 28%, до алкалібіонтів та ацидофілів – по 4%.

Індикація умов реофільності та насичення вод киснем указала на переважання індиферентів (73%). Помітною була частка водоростей, приурочених до стоячих вод і незначного вмісту кисню (25%), і низькою – видів, властивих текучим водам із високим вмістом кисню (3%), а також аерофілів (менше 1%).

Кількісні показники розвитку фітопланктону р. Глибочок упродовж 2019–2020 рр. коливалися в широких межах (біомаса змінювалася від 0,10 до 9,38 мг/дм³, чисельність – від 0,80 до 151,01 млн. кл/дм³). Середня біомаса упродовж 2019–2020 рр. становила $2,17 \pm 0,15$ мг/дм³, чисельність – $56,15 \pm 1,30$ млн. кл/дм³. Середня біомаса фітопланктону весною сягала $1,00 \pm 0,24$ мг/дм³, чисельність – $4,90 \pm 0,70$ млн. кл/дм³, влітку – $3,27 \pm 0,71$ мг/дм³ та $104,20 \pm 8,2$ млн. кл/дм³, восени – $2,57 \pm 0,27$ мг/дм³, та $93,83 \pm 2,19$ млн. кл/дм³. Оцінка якості вод річкової

екосистеми за біомасою фітопланктону засвідчила належність її до III класу якості вод.

Структуруючими відділами у формуванні біомаси весною були – Dinophyta (32%), Chlorophyta (26%), Cyanoprokaryota (24%), влітку – Cyanoprokaryota (80%), Chlorophyta (10%), восени – Cyanoprokaryota (78%), Chlorophyta (10%).

Структуруючим відділом у формуванні чисельності впродовж усіх сезонів був відділ Cyanoprokaryota, частка якого сягала навесні 92% від загальної чисельності весняного фітопланктону, влітку – 98%, восени – 99%.

За досліджуваний період у фітопланктоні р. Глибочок було виявлено 36 видів-домінантів, а отже, трохи менше половини складу планктонної флори річки у різні сезони виступала в якості структурного організатора ценозів. Протягом усіх сезонів до домінуючих за біомасою фітопланктону належали *Trachelomonas volvocina* Ehrb, *Oscillatoria amphibia* Ag.ex Gom.

Досліджуваній річці властива досить висока первинна продуктивність. Інтенсивність фотосинтезу в одиниці об'єму становила $6,64 \pm 0,84$ мг O₂/(дм³·добу). Швидкість деструкції в одиниці об'єму води (R) у середньому сягала $3,15 \pm 0,21$ мг O₂/(дм³·добу). Переважання продукційних процесів над деструкційними у водотоці вказує на автотрофну направленість продукційно-деструкційних процесів і свідчить про процеси самозабруднення річкової екосистеми внаслідок інтенсивної вегетації водоростей (табл. 3). Погіршення якості води, на що вказувало зростання A/R, спостерігали в осінній період внаслідок сповільнення процесів самоочищення, а також за рахунок вторинного забруднення автохтонною органічною речовиною.

Таблиця 3

Граничні та середні $X \pm m_x$ показники первинної продукції та деструкції органічної речовини, P/B-, A/R - коефіцієнти р. Глибочок (за даними досліджень 2019–2020 рр.)

$\sum A$, г O ₂ /(м ² ·добу)	$\sum R$, г O ₂ /(м ² ·добу)	A/R	A_{max} мг O ₂ /(м ³ ·добу)	R, мг O ₂ /(м ³ ·добу)	P/B
$\frac{2,43-11,48}{3,42 \pm 0,67}$	$\frac{0,83-4,08}{1,61 \pm 0,22}$	$\frac{1,28-4,78}{2,27 \pm 0,14}$	$\frac{2,7-11,72}{6,64 \pm 0,84}$	$\frac{1,63-8,16}{3,15 \pm 0,21}$	$\frac{0,26-6,71}{2,42 \pm 0,32}$

Примітка. Над рискою наведено граничні, під рискою – середні значення досліджуваних показників.

Значення інтегральної продукції під $m^2 \sum A$, яка характеризує загальну біологічну продуктивність водних екосистем, повторює тенденції часових і просторових змін первинної продукції в одиниці об'єму A_{max} (продукції на горизонті оптимального фотосинтезу). Величини добових P/B-коефіцієнтів суттєво змінювалися впродовж вегетаційного сезону, середнє значення цього показника вказує на високу функціональну активність водоростей.

Трофічний статус р. Глибочок, оцінений за інтенсивністю фотосинтезу, відповідає евтрофному типу, а якість води – III класу якості вод.

Оцінка інформаційного різноманіття, зроблена за індексом Шеннона, розрахованим за біомасою водоростей, засвідчує переважання олігодомінантної структури фітопланктону впродовж вегетаційного сезону (середнє значення індексу Шеннона в р. Глибочок складало $1,69 \pm 0,09$ біт/г). Це підтверджує раніше

встановлену тенденцію до зменшення інформаційного різноманіття у поліських річках через зменшення їхньої площі басейну [14].

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Альгофлористичними дослідженнями з середини минулого століття були охоплені різні регіони світу [15–18]. Проте маловивченими в цьому плані залишаються малі річки Українського Полісся, незважаючи на те, що поліський регіон – один із найпотужніших в Україні природних накопичувачів прісної води, яку використовує майже половина всього населення країни. Водозбірні площі Полісся зазнають впливу інтенсивного антропогенного навантаження, оскільки є важливим складником багатогалузевої господарської системи України зі значною концентрацією промислового і сільськогосподарського виробництва. Проведена в минулому столітті меліорація регіону, зарегулювання річок, антропогенне забруднення, в тому числі аварія на ЧАЕС, за останні декілька десятирок викликали серйозні екологічні наслідки. В останні десятиріччя посилюється вплив змін клімату на гідробіотів. Відповідно до представлених експертами даних, за останні роки саме територія Полісся зазнає найпомітнішого, навіть порівняно з південними регіонами, підвищення температури [19].

Загалом досить високе видове багатство малої річки Глибочок, як і інших евтрофованих річок зони помірного клімату, ймовірно, зумовлене оптимальним співвідношенням зовнішніх порушень структури угруповань та ресурсного забезпечення продукційного процесу за відсутності факторів, що обумовлюють «суворість середовища» (низькі pH , екстремальні температури, недостатній вміст біогенів, висока мутність) [15]. Високе видове багатство евгленових водоростей у р. Глибочок (вони займають друге місце за багатством видового складу) зумовлене органічним забрудненням водотоку. На прикладі досліджуваної малої річки підтверджено встановлене для великих річок Європи, які зазнають впливу антропогенного забруднення, переважання олігодомінантної структури фітопланктону [3, 5, 15]. Співвідношення інтегральних показників первинної продукції і деструкції органічної речовини у р. Глибочок, як і в більшості поліських річок, перевищували 1, що вказує на позитивну направленість балансу органічної речовини, властиву водним екосистемам із високою продуктивністю, а також на процеси самозабруднення. Крім того, автотрофна направленість функціонування відносно неглибоких річок пояснюється інтенсивним прогрівом мілководь, великою оптичною глибиною цих водних об'єктів, оскільки переважаючі мілководні зони є повністю евфотними [20].

Останнім часом зросла увага дослідників до інвазійних видів, їхнє проникнення, поширення і натуралізації у невластиві їм місця існування. Відомо, що посилення біологічного забруднення може зумовлювати порушення різноманіття аборигенної флори і фауни, трофічних взаємодій їхніх компонентів, та, як

наслідок, призвести до змін продуктивності водних екосистем. Деякі автори вказують на появу солонувато-водних видів, які раніше не траплялися у фітопланктоні незарегульованих річок Європи [21, 22] і на сьогодні визначають структуру планктонних альгоценозів водних екосистем. Нашими дослідженнями встановлена поява у малій р. Глибочок 11 видових і внутрішньовидових таксонів водоростей, які раніше не траплялися на території Українського Полісся, згідно з наявними зведеннями альгофлори України [23–26].

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу таксономічного складу, інформаційного різноманіття, кількісних показників розвитку водоростевих угруповань планктону, первинної продукції й деструкції органічної речовини, їх часової та просторової динаміки встановлені особливості структури і функціонування фітопланктону малої річки на прикладі р. Глибочок (басейн Дніпра).

2. Уперше у складі фітопланктону р. Глибочок ідентифіковано 74 види водоростей, представлених 85 внутрішньовидовими таксонами, включно з номенклатурним типом виду. Фітопланктон р. Глибочок за числом видових і внутрішньовидових таксонів, а також складом провідних родів характеризувався як зелено-евглено-діатомовий.

3. Вперше ідентифіковано 9 видів (11 в.в.т.) – нових для Українського Полісся: *Gloeothece linearis* Nageli, *Trachelomonas volvocina* var. *papillatopunctata* Skvortzov, *Chlamydomonas oblonga* E. G. Pringsh, *Ch. parallelistriata* Korshikov, *Cromulina rossanofii* (Woron.) Bütschli, *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (Grun.) Lange-Bert, *Fragilaria nanana* Lange-Bert, *Cryptomonas pseudoboloba* H. Ettl, *Elakatothrix acuta* Pascher.

4. У структурі фітопланктону водотоку провідна роль належала планктонним формам (47% від загальної кількості водоростей-індикаторів місця перебування), олігогалобам-індиферентам за відношенням до галобності (63%), індиферентам за відношенням до pH (64%) та реофільності вод і насичення їх киснем (73%). У водотоці відзначено переважання індикаторів сапробності, які відповідають III класу якості вод, проте статистично значущими є й індикатори II класу.

5. Екосистемі р. Глибочок властива олігодомінантна структура фітопланктону ($N_B=1,69 \pm 0,09$ біт/екз).

6. Досліджуваній річці властива досить висока інтенсивність первинної продукції. Інтенсивність фотосинтезу в одиниці об'єму становила $6,64 \pm 0,84$ мг $O_2/(m^3 \cdot \text{добу})$, швидкість деструкції в одиниці об'єму води (R) у середньому сягала $3,15 \pm 0,21$ мг $O_2/(m^3 \cdot \text{добу})$. Переважання продукційних процесів над деструкційними у річці вказує на автотрофну спрямованість продукційно-деструкційних процесів і свідчить про процеси самозабруднення річкової екосистеми внаслідок інтенсивної вегетації водоростей.

7. За біомасою та інтенсивністю фотосинтезу фітопланктону екосистема р. Глибочок належить до III класу якості вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сніжко, С. І.; Сиренький, С. П. Загальна характеристика гідрохімічного режиму води річок Житомирської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*; 2000, 1, с 78–79.
2. Игошин, Н. И. *Проблемы восстановления и охраны малых рек и водоемов. Гидроэкологические аспекты*: учеб. пособ. Бурун Книга: Харьков, 2009; 240 с.
3. Щербак, В. И. *Фитопланктон Днепра и его водохранилищ. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ*. Наукова думка: Киев, 1989; с 77–84.
4. Афанасьев, С. О.; Васильчук, Т. О.; Летицька, О. М. та ін. *Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної рамкової директиви ЄС*. ТОВ «НВП «Інтерсервіс»: Київ, 2012; с 1–28.
5. Сиренко, Л. А.; Евтушенко, Н. Ю.; Комаровський, Ф. Я. *Гидробиологический режим Днестра и его водотоков / под ред. Л. П. Брагинского*. Наукова думка: Киев, 1992; с 90–147.
6. Барінова, С. С.; Медведєва, Л. А.; Анисимова, О. В. *Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды*. ВНИИ природы: Москва, 2000; 150 с.
7. Sládeček, V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*; 1973, 7, pp 1–128.
8. Watanabe, T. Biological indicator for the assessment of organic water pollution. *Japan J. of Water Pollution Research*; 1986, 19, pp 7–11.
9. Van Dam, H.; Mertens, A.; Sinkeldam, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal Aquatic Ecology*; 1994, 28, pp 117–133.
10. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка*. ЛОГОС: Київ, 2006; с 8–24.
11. Shelyuk, Yu. S. Comparative assessment of the methods of determining phytoplankton production in water bodies differing in their trophic status and water velocity. *Hydrobiol. Journal*; 2017, 53(6), pp 37–48.
12. Одум, Ю. *Экология*. Мир: Москва, 1986; 740 с.
13. Shelyuk, Yu. S. The bio-indicative analysis of species composition of phytoplankton of the Pripjat River tributaries (Ukraine). *International Journal on Algae*; 2017, 19, pp 147–162.
14. Shelyuk, Y. S.; Shcherbak, V. I. Phytoplankton structural and functional indices in the Rivers of the Pripjat and Teterev basins. *Hydrobiological Journal*; 2018, 54(3), pp 10–23.
15. Tockner, K.; Uehlinger, U.; Robinson, Ch. *Rivers of Europe*. Academic Press: Amsterdam-London, 2009; 246 p.
16. Barinova, S. *Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean*. Nova Science Publishers: New York, 2011; 278 p.
17. Polimene, L.; Brunet, C.; Butenschön, M.; Martinez-Vicente, V.; Widdicombe, C.; Torres, R.; Allen, J. Modeling a light-driven phytoplankton succession. *Journal of Plankton Research*; 2014, 36(1), pp 214–229.
18. Deng, J.; Qin, B.; Sarvala, J.; Salmaso, N.; Zhu, G.; Ventelä, A.-M.; Zhang, Yu.; 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), pp 386–396.
19. Бабіченко, В. М.; Ніколаєва, В. М.; Гущина, Л. М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століття. *Український географічний журнал*; 2007, 4, с 3–12.
20. Shelyuk, Y. S.; Astahova, L. Y. Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*; 2021, 29(2), с 119 – 128.
21. Alexandrov, B.; Boltachev, A.; Kravchenko, T.; Lyashenko, A.; Son, M.; Tsarenko, P.; Zhukinsky, V. Trends of aquatic alien species invasions in Ukraine. *Aquatic Invasions*; 2007, 2(3), с 215–242.
22. Paerl, H. W.; Huisman, J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*; 2009, 1(1), pp 27–37.
23. Tsarenko, P. M., Wasser, S. P., Nevo, E. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocarota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Gaucocystophyta, and Rhodophyta*. Ganter Verlag: Ruggell, 2006; 713 p.
24. Tsarenko, P. M.; Wasser, S. P.; Nevo, E. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta*. Ganter Verlag: Ruggell, 2009; 413 p.
25. Tsarenko, P. M.; Wasser, S. P.; Nevo, E. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta*. Ganter Verlag: Ruggell, 2011; 511 p.
26. Tsarenko, P. M.; Wasser, S. P.; Nevo, E. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 4. Charophyta*. Ganter Verlag: Ruggell, 2014; 703 p.