

УДК 574.583 (28) + 581.526.325

П.Д. КЛОЧЕНКО, д. б. н., проф.,
зав. відділу, Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: pklochenko@ukr.net

Т.Ф. ШЕВЧЕНКО, к. б. н.,
ст. наук. співроб., Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

Г.Г. ЛІЛЦЬКА,
наук. співроб., Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01004, Україна

О.П. БІЛОУС, к. б. н.,
в. о. ст. наук. співроб., Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

І.М. НЕЗБРИЦЬКА, к. б. н.,
наук. співроб., Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

З.Н. ГОРБУНОВА,
мол. наук. співроб., Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

ФІТОПЛАНКТОН ВОДОЙМ ІЗ РІЗНИМ СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Наведено дані щодо розподілу фітопланктону в ставках дендрологічного парку «Олександрія», які значно відрізняються за вмістом у воді неорганічних сполук азоту і фосфору, а також хлоридів і органічних речовин. Встановлено, що видове багатство, таксономічна структура, видовий склад, комплекс домінуючих видів і кількісні показники розвитку фітопланктону в досліджених ставках суттєво відрізнялись. Максимальні значення чисельності на порядок, а біомаси — на два порядки перевищували їхні мінімальні значення. Середня величина коефіцієнта флористичної спільності Серенсена складала 32 %. Неоднорідність розподілу фітопланктону в досліджених ставках зумовлена значними відмінностями в хімічному складі води, яка надходить у водойми із різних джерел, включаючи забруднені ґрунтові води і джерела з чистою водою з глибоких водоносних горизонтів.

Ключові слова: фітопланктон, видовий склад, чисельність, біомаса, домінуючий комплекс, забруднення, ставки, дендрологічний парк «Олександрія».

У сучасний період інтенсивна діяльність людини спричиняє потужний вплив на стан водних об'єктів. Варто зазначити, що наслідки антропо-

Ц и т у в а н н я: Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Ліліцька Г.Г., Білоус О.П., Незбрицька І.М., Горбунова З.Н. Фітопланктон водойм із різним ступенем антропогенного забруднення. *Гідробіол. журн.* 2020. № 1 (331). С. 15—32.

ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2020. № 1 (331)

погенного пресу, який викликає радикальні перебудови у водних екосистемах, спостерігаються не тільки у звичайних природних водоймах [29], але й в об'єктах територій, що охороняються [23, 25, 28]. Це свідчить про глобальний характер процесу забруднення водойм неорганічними і органічними речовинами. Тому оцінка наслідків антропогенного впливу на водні екосистеми є важливим завданням гідроекології.

Специфіка сучасного підходу до оцінки екологічного стану водних об'єктів полягає у пріоритетному значенні біоти [18, 19, 21 та ін.]. Її головною автотрофною складовою є фітопланктон. Він досить чутливий до змін абіотичних і біотичних чинників середовища [22] та досить чітко реагує на різний антропогенний вплив. Так, встановлено, що при підвищенні трофічного рівня водойм відбувається збільшення сумарної біомаси фітопланктону і ценотичного різноманіття, а також спостерігається трансформація розмірної структури планктонних водоростей у бік збільшення частки малорозмірних видів [7, 20]. Вираженими є і зміни індексу Шенона, який зазвичай зменшується в районі забруднення [5]. Зниження чисельності, біомаси і видового різноманіття фітопланктону спостерігали при хімічному забрудненні Аргазинського водосховища [4]. При цьому відмічено зниження відносної біомаси діатомових. Однією з причин високого різноманіття в р. Москві євгленофітових водоростей, які часто відносять до мешканців забруднених вод, були постійні локальні стоки із різних населених пунктів і сільськогосподарських угідь [11]. Відомо, що види родів *Trachelomonas* Ehrenb., *Euglena* Ehrenb., *Strombomonas* Deflandre, *Phacus* Duj., *Lepocinclis* Perty інтенсивно розвиваються у водоймах з алохтонним органічним забрудненням і чутливі до наявності у воді біогенних речовин [3]. Встановлено прямі лінійні зв'язки їхньої біомаси з рН, кольоровістю, вмістом $N_{\text{заг}}$, NH_4^+ , NH_4^+/NO_3^- і жорсткістю води [6]. В цілому, за дії антропогенного впливу формується комплекс гідробіонтів, пристосованих до життя в умовах постійного забруднення водойм.

Особлива увага до дендрологічного парку «Олександрія» обумовлена тим, що більшість ставків, розташованих на його території, зазнають сильного антропогенного впливу. Так, зокрема, в ставках Західної балки парку відмічено екстремально високу концентрацію неорганічних сполук азоту [8, 13].

Літературні дані щодо фітопланктону водойм дендрологічного парку «Олександрія» стосуються в основному ставків Західної балки [10, 26, 27]. Результати досліджень видового складу планктонних водоростей інших водойм парку наведено у роботі [2], в якій, однак, відсутні відомості щодо їхнього кількісного розвитку. Особливості продукційно-деструкційних процесів у товщі води ставків дендропарку за участі водоростей висвітлені у роботі [24].

Мета роботи полягала у вивченні видового складу фітопланктону, кількісних показників його розвитку і комплексу домінуючих видів у ставках дендрологічного парку «Олександрія», які відрізняються за ступенем антропогенного забруднення.

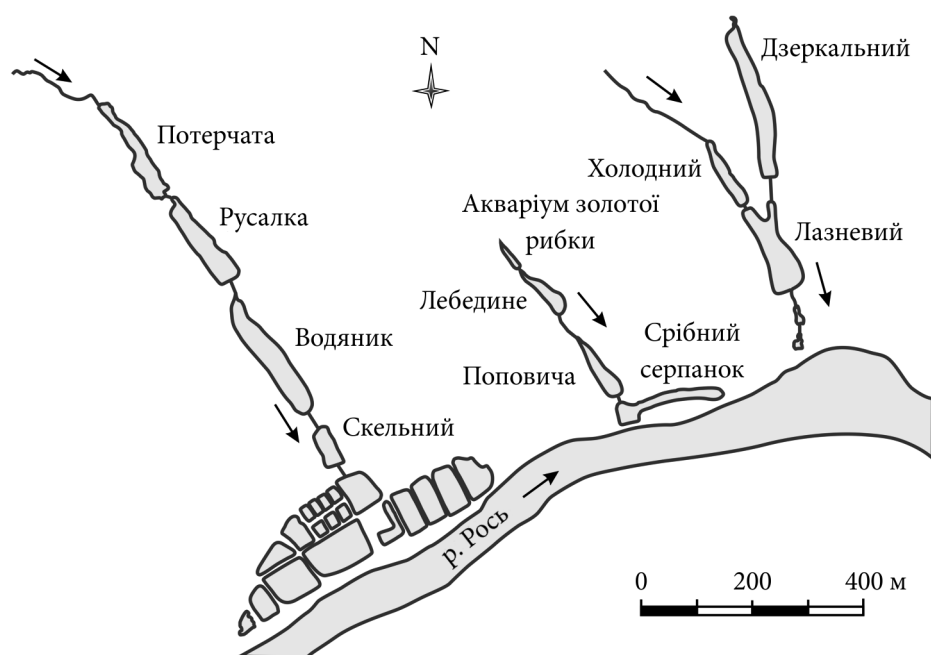


Рис. 1. Карта-схема ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили влітку 2016 р. на території дендрологічного парку «Олександрія», що включає три каскади декоративних штучних ставків, які розташовані у безпосередній близькості один до одного (на відстані 350—400 м) і наповнюються за рахунок джерел (рис. 1). Їхній докладний опис наведено в нашій попередній роботі [24].

В 1990-ті роки західна частина парку, включно із ґрунтовими і поверхневими водами, була сильно забруднена. З плином часу вміст політантів у воді продовжував зростати. Геохімічні дослідження, проведені на території парку, показали, що можливим джерелом забруднення можуть бути добрива, які зберігались на складах «Агрохімоб'єднання» і селекційної станції [9]. Ставки, розташовані в Західній балці (Потерчата, Русалка, Водяник і Скельний), досі характеризуються високим вмістом амонійного азоту, нітратів, нітритів, хлоридів і органічних речовин (табл. 1). Помірне забруднення відзначається в ставках Східної балки (Холодний, Дзеркальний і Лазневий) і найменше — в ставках Середньої балки (Акваріум Золотої Рибки, Лебединий, Поповича і Срібний Серпанок). Варто зазначити, що на березі деяких ставків (Водяник, Поповича і Холодний) розташовані джерела з чистою водою з глибоких водоносних горизонтів, яка постійно стікає у ці водойми. У той же час на поверхню лівого берега ставка Русалка виступають забруднені ґрунтові води, які у вигляді струмків стікають у водойму. Необхідно підкреслити, що якщо в

Таблиця 1
Гідрохімічні показники і температура води ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Показники	Ставки										
	Західна балка			Середня балка				Східна балка			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	103,0	75,8	31,0	22,8	0,32	0,26	0,10	0,18	0,04	0,10	0,16
NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	1,130	1,746	1,330	0,730	0,067	0,055	0,022	0,014	0,018	0,042	0,056
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	68,8	59,9	35,5	27,5	1,58	0,58	2,40	0,09	2,03	6,19	3,04
P _{неорг} , мг /дм ³	0,200	0,094	0,150	0,272	0,470	0,135	0,075	0,062	0,215	0,080	0,070
Cl ⁻ , мг/дм ³	795,7	580,5	308,4	287,1	39,4	38,7	34,5	33,7	80,2	79,3	80,6
PO ₄ , мг O/дм ³	10,36	11,23	8,84	6,8	4,84	5,9	6,8	6,5	4,2	4,56	6,09
BO ₃ , мг O/дм ³	97,0	72,0	33,0	19,0	16,0	16,0	26,0	16,0	12,0	27,0	47,0
pH	8,02	8,20	8,28	8,26	7,80	8,23	8,07	8,29	8,27	7,89	8,02
T, °C	23,0	24,0	25,0	23,6	19,3	20,8	21,0	22,0	19,2	19,0	21,8

Примітка. Тут і в табл. 2—5 і на рис. 2 ставки: 1 — Потерчата, 2 — Русалка, 3 — Водяник, 4 — Скельний, 5 — Акваріум Золотої Рибки, 6 — Лебедий, 7 — Поповича, 8 — Срібний Серпанок, 9 — Холодний, 10 — Дзеркальний, 11 — Лазневий.

чистій джерельній воді концентрація неорганічних сполук азоту низька (NH_4^+ — 0,06 мг N/дм³, NO_2^- — 0,002 мг N/дм³, NO_3^- — 5,60 мг N/дм³), то в забруднених ґрунтових водах вона досягає досить високих значень (NH_4^+ — 164,0 мг N/дм³, NO_2^- — 2,340 мг N/дм³, NO_3^- — 45,0 мг N/дм³).

Проби фітопланктону відбирали батометром Рутнера в 11 ставках, розташованих у Західній, Середній і Східній балках (див. рис. 1). Деякі проби продивлились у живому стані, а інші фіксували 40%-ним розчином формальдегіду. Чисельність водоростей визначали методом прямого підрахунку в камері Нажотта об'ємом 0,02 см³, а біомасу — об'ємно-розрахунковим методом [15]. Чисельність водоростей виражали в тис. кл/дм³, а біомасу — в мг/дм³. До числа домінантів відносили види, частка яких в загальній чисельності і біомасі фітопланктону складала $\geq 10\%$. Проби вивчали при збільшенні $\times 200$, $\times 400$, $\times 1000$ під світловим мікроскопом Zeiss Axio Imager-A1 (Німеччина) і скануючим електронним мікроскопом (SEM) JSM-6060LA (Японія). Латинські назви і об'єм таксонів водоростей наведено відповідно до класифікаційних систем [30—32]. Видовий склад водоростей, знайдених у різних водоймах, порівнювали за допомогою коефіцієнта флористичної спільності (КФС) Серенсена [12]. Кластерний аналіз угруповань планктонних водоростей проведений з використанням програми PAST. Статистичне опрацювання отриманих даних проведено за допомогою програми MS Excel 2010.

Концентрацію неорганічних сполук азоту і фосфору визначали колориметричним методом, хлоридів — методом Мора, а розчинених органічних речовин — за перманганатною та біхроматною окиснюваністю [14]. Величину рН вимірювали за допомогою приладу рН-150 МИ.

Результати досліджень

Всього за період досліджень у товщі води обстежених ставків знайдено 124 види водоростей, представлених 125 внутрішньовидовими таксонами, включно з тими, що містять номенклатурний тип виду, із семи відділів. Основу видового багатства планктонних водоростей складали Chlorophyta, Bacillariophyta та Euglenophyta (86,4 % загальної кількості знайдених видів) (табл. 2).

У ставках, розташованих в Західній балці, видове багатство планктонних водоростей збільшувалось із зниженням концентрації забруднювальних речовин — в напрямку від першого ставка (21 вид) до четвертого (27 видів). В усіх чотирьох ставках основу видового багатства складали Chlorophyta, Euglenophyta і Bacillariophyta. Однак співвідношення між цими відділами було різним. При цьому кількість евгленофітових водоростей знижувалась із зменшенням концентрації забруднювальних речовин, а кількість видів зелених водоростей, навпаки, збільшувалась (див. табл. 2).

Характерною рисою водойм першої системи є висока чисельність планктонних водоростей (20 188—90 102 тис. кл/дм³). У перших трьох ставках її основу складали зелені (89,3—99,3 % загальної чисельності), а в

Таблиця 2

Видове багатство фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Відділи	Ставки											В цілому
	Західна балка			Середня балка				Східна балка			11	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Суанопрокарyota	1 4,8	—	1 4,2	2 7,4	—	1 2,9	—	2 4,6	2 6,9	1 2,2	—	5 4,0
Euglenophyta	8 38,0	7 31,8	5 20,8	3 11,1	—	4 11,4	5 13,9	1 2,3	2 6,9	4 8,9	5 13,5	20 16,1
Chrysophyta	1 4,8	—	—	—	—	1 2,9	1 2,8	—	4 13,8	1 2,2	1 2,7	5 4,0
Xanthophyta	—	—	—	—	—	1 2,9	—	1 2,3	—	—	—	2 1,6
Bacillariophyta	6 28,6	5 22,7	4 16,7	6 22,2	10 41,7	9 25,7	13 36,1	10 23,3	9 31,0	14 31,1	6 16,2	36 29,1
Dinophyta	—	—	—	—	1 4,1	2 5,7	5 13,9	2 4,7	—	—	—	5 4,0
Chlorophyta	5 23,8	10 45,5	14 58,3	16 59,3	13 54,2	17 48,5	12 33,3	27(28) 62,8	12 41,4	25 55,6	25 67,6	51(52) 41,2
Всього:	21 100	22 100	24 100	27 100	24 100	35 100	36 100	43(44) 100	29 100	45 100	37 100	124(125) 100

Примітка. Над рискою кількість видів в одиницях, під рискою — те ж, %.

четвертому ставку — зелені і діатомові водорості (відповідно 49,2 і 46,6 %). При цьому чисельність діатомових водоростей збільшувалась із віддаленням від джерел забруднення, а чисельність евгленофітових — зменшувалась (табл. 3).

Важливо зазначити, що біомаса планктонних водоростей в перших трьох ставках, навпаки, була низькою (3,871—8,753 мг/дм³) і різко зростала (на порядок) лише у четвертому ставку (до 39,673 мг/дм³). У перших двох найбільш забруднених ставках її основу складали зелені і евгленофітові, в третьому ставку — діатомові і зелені, а в четвертому — діатомові водорості. При цьому біомаса діатомових збільшувалась із віддаленням від джерел забруднення, а біомаса евгленофітових водоростей — зменшувалась (табл. 4).

У перших двох ставках домінували представники зелених і евгленофітових водоростей, у третьому — зелені і діатомові, а у четвертому — тільки діатомові водорості (табл. 5).

У ставках другої системи, розташованих в Середній балці, видове багатство планктонних водоростей було значно більшим. Кількість їхніх видів зростала від першого ставка — Акваріум Золотої Рибки (24 види) до четвертого ставка — Срібний Серпанок (43 види). У першому і четвертому ставках основу їхнього видового багатства складали зелені і діатомові водорості, у ставку Лебединому — Chlorophyta, Bacillariophyta і Euglenophyta, а у ставку Поповича — Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta і Dinophyta (див. табл. 2).

Чисельність планктонних водоростей була нижчою, ніж в ставках Західної балки і коливалась у широких межах — від 3344 до 45 098 тис. кл/дм³. У першому і четвертому ставках переважали зелені водорості, у другому ставку — зелені і діатомові водорості. У ставку Поповича основу чисельності фітопланктону складали Chlorophyta, Dinophyta і Chrysophyta. Як загальна чисельність фітопланктону, так і чисельність зелених водоростей збільшувались від першого до четвертого ставка (див. табл. 3).

У ставках Середньої балки відмічені як найбільш низькі (1,421 мг/дм³), так і найбільш високі (126,537 мг/дм³) значення біомаси фітопланктону. У першому, другому і четвертому ставках цієї системи її основу складали діатомові і зелені водорості. Досить помітно вирізнявся за структурою біомаси ставок Поповича, де переважали динофітові водорості (94,9 %) (див. табл. 4).

У першому, другому і четвертому ставках домінували зелені і діатомові, а в третьому — зелені і динофітові водорості (див. табл. 5).

У ставках третьої системи, розташованих в Східній балці, видове багатство фітопланктону також було високим. При цьому кількість видів варіювала від 29 до 45. В усіх водоймах основу видового багатства планктонних водоростей складали зелені і діатомові водорості. У ставку Холодному більшою кількістю, ніж в інших водоймах, представлені золотисті, а в ставку Лазневому — евгленофітові водорості (див. табл. 2).

Таблиця 3
Чисельність фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Відділи	Ставки										
	Західна балка					Середня балка					Східна балка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Суанорпрокагута	1068 1,7	—	492 2,4	3534 4,1	—	180 0,9	—	1856 4,0	992 3,1	1824 4,6	—
Euglenophyta	480 0,8	466 0,5	96 0,5	84 0,1	—	54 0,3	220 1,0	16 0,1	32 0,1	178 0,4	56 0,1
Chrysophyta	18 0,1	—	—	—	—	90 0,5	3340 15,4	—	3248 10,0	3556 8,9	256 0,4
Xanthophyta	—	—	—	—	—	48 0,2	—	16 0,1	—	—	—
Bacillariophyta	250 0,4	158 0,2	1572 7,8	40 084 46,6	352 10,5	9113 45,9	560 2,6	5904 13,1	1152 3,5	3372 8,4	424 0,7
Dinophyta	—	—	—	—	8 0,3	18 0,1	5240 24,1	32 0,1	—	—	—
Chlorophyta	60 162 97,0	89 478 99,3	18 028 89,3	42 319 49,2	2984 89,2	10 328 52,1	12 340 56,9	37 274 82,6	27 232 83,3	31 185 77,7	60 494 98,7
Всього:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Примітка. Над рискою чисельність клітин, тис/дм³, під рискою — те ж, %.

Таблиця 4

Біомаса фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Відділи	Ставки										
	Західна балка			Середня балка			Східна балка				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Суаноргарюта	0,011 0,2	—	0,039 1,0	0,210 0,5	—	0,004 0,1	—	0,052 0,1	0,034 0,4	0,036 0,2	—
Euglenophyta	2,810 44,2	3,160 36,1	0,381 9,9	0,531 1,4	—	0,512 4,0	1,260 1,0	0,045 0,1	0,054 0,7	0,838 5,3	0,373 2,0
Chrysophyta	0,004 0,1	—	—	—	—	0,135 1,0	3,660 2,9	—	3,490 42,5	4,197 26,6	0,384 2,1
Xanthophyta	—	—	—	—	—	0,062 0,5	—	0,008 0,1	—	—	—
Bacillariophyta	0,112 1,7	0,064 0,7	2,413 62,3	35,278 88,9	0,596 41,9	8,870 69,0	0,848 0,7	22,824 64,6	1,735 21,1	2,539 16,1	0,519 2,7
Dinophyta	—	—	—	—	0,245 17,3	0,234 1,8	120,128 94,9	0,555 1,6	—	—	—
Chlorophyta	3,420 53,8	5,529 63,2	1,038 26,8	3,654 9,2	0,580 40,8	3,026 23,6	0,641 0,5	11,837 33,5	2,903 35,3	8,197 51,8	17,363 93,2
Всього:	6,357 100	8,753 100	3,871 100	39,673 100	1,421 100	12,843 100	126,537 100	35,321 100	8,216 100	15,807 100	18,639 100

Примітка. Над рискою біомаса, мг/дм³, під рискою — те ж, %.

Таблиця 5

Домінуючий комплекс фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія»

Таксони	Ставки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Chlorophyta											
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	d	d	d	+	+	d	—	—	d	d	d	d
<i>Chlamydomonas ehrenbergii</i> Gorozh.	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) West et G.S. West	—	—	+	+	d	+	d	+	—	+	+	+
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E. Hengew.	+	+	+	+	+	+	d	+	+	+	+	+
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E. Hengew.	—	—	—	—	+	—	d	—	—	+	+	+
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard	—	d	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárk.-Legn.	—	—	+	—	d	d	+	+	+	+	+	+
<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punčoch.	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	d
<i>Oocystis marsonii</i> Lemmerm.	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	d
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müll.) Bory	—	+	—	—	—	—	—	—	+	d	+	+

Продовження табл. 5

Таксоны	Ставки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pteromonas armata</i> Korschikov	—	—	—	—	—	d	—	—	—	—	—
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	—	—	+	+	d	+	—	+	—	+	+
Euglenophyta											
<i>Euglena viridis</i> Ehrenb.	d	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Phacus caudatus</i> Hübner	+	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Phacus pleuronectes</i> (Ehrenb.) Dujard.	d	d	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Bacillariophyta											
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen	—	—	—	—	+	d	+	d	—	+	—
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	+	+	d	d	d	+	—	+	+	+	—
<i>Cyclotella medusae</i> Germain	—	—	—	d	—	—	—	—	—	—	—
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	—	—	—	—	d	+	—	+	—	—	+
<i>Synedra acus</i> Kütz.	—	—	—	+	+	d	—	—	+	+	+
Chrysophyta											
<i>Synura petersenii</i> Korschikov	—	—	—	—	—	+	+	—	d	d	+
Dinophyta											
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müll.) Bergh	—	—	—	—	+	+	d	+	—	—	—

Примітка. d — домінуючий вид; «+» — вид не є домінуючим; «—» — вид не знайдено.

Чисельність фітопланктону в цілому була вищою, ніж у водоймах другої системи, але нижчою, ніж у водоймах першої системи, розташованих у Західній балці, і коливалась в більш вузьких межах — від 32 656 до 61 230 тис. кл/дм³. У всіх ставках її основу складали зелені водорості (77,7—98,7 %). В ставку Холодному досить помітним був внесок золотистих водоростей (10,0 %). Як загальна чисельність, так і чисельність зелених водоростей збільшувались від першого до третього ставка (див. табл. 3).

Біомаса планктонних водоростей складала 8,216—18,639 мг/дм³. Її максимальні значення були нижчими, ніж в інших водоймах. У першому і другому ставках її основу складали зелені, золотисті і діатомові, а в третьому — тільки зелені водорості (93,2 %) (див. табл. 4).

Варто зазначити і той факт, що до складу домінантів, представлених п'ятьма видами, входили тільки зелені і золотисті водорості (див. табл. 5).

Обговорення результатів досліджень

В результаті проведених досліджень встановлено, що розподіл планктонних водоростей у ставках з різним ступенем антропогенного забруднення нерівномірний. Максимальна кількість видів (45) перевищувала мінімальну (21) більш ніж у два рази. Найменша кількість видів (21 і 22) знайдена в найбільш забруднених ставках Західної балки. В інших ставках їхня кількість коливалася від 24 до 45 (див. табл. 2).

У водоймах з різним ступенем забруднення флористичні спектри фітопланктону відрізнялись. У ставках Середньої та Східної балок, у також в ставку Скельний, найбільшою кількістю видів представлені Chlorophyta (33,3—67,6 %) і Bacillariophyta (16,2—41,7 %) і тільки у найбільш забруднених перших трьох ставках Західної балки, поряд із зеленими і діатомовими, значною була частка евгленофітових водоростей (20,8—38,0 %) (див. табл. 2).

Встановлена достовірна зворотня залежність між концентрацією неорганічних сполук азоту і фосфору, хлоридів і органічних речовин та загальною кількістю видів планктонних водоростей і кількістю видів Chlorophyta, а також між концентрацією неорганічних сполук азоту, хлоридів і органічних речовин та кількістю видів Bacillariophyta. В той же час достовірна пряма залежність встановлена між концентрацією неорганічних сполук азоту, хлоридів і органічних речовин та кількістю видів Euglenophyta (табл. 6).

Видовий склад планктонних водоростей, знайдених у ставках із різним ступенем забруднення, як правило, сильно відрізнявся (середнє значення КФС становило 32 %). Дендрограма подібності видового складу фітопланктону за коефіцієнтом Серенсена розділилась на декілька кластерів: в перший кластер увійшли найбільш забруднені ставки Західної балки — Потерчата і Русалка (рівень подібності становив 68 %), в другий кластер — другий і третій ставки Східної балки — Дзеркальний і Лазневий (62 %), в третій кластер — третій і четвертий ставки Західної балки —

Водяник і Скельний (47 %) і в четвертий кластер — перший і другий ставки Середньої балки — Акваріум Золотої Рибки і Лебедий (46 %). Рівень подібності видового складу фітопланктону ставків Поповича, Срібний Серпанок і Холодний, порівняно з іншими водоймами (окрім перших двох ставків Західної балки), складав 32—45 %, що свідчить про своєрідність видового складу фітопланктону в досліджуваних водоймах. Найменшу подібність (22 %) відмічено між кластером найбільш забруднених ставків Західної балки — Потерчата і Русалка та іншими кластерами, що свідчить про значну трансформацію видового складу фітопланктону в цих водоймах за дії комплексного забруднення (рис. 2).

Розподіл кількісних показників розвитку фітопланктону в досліджених ставках був також досить нерівномірним. Максимальні значення чисельності водоростей на порядок перевищували мінімальні і змінювались від 3344 до 90 102 тис. кл/дм³. Максимальні значення біомаси фітопланктону на два порядки перевищували мінімальні і коливались від 1,421 до 126,537 мг/дм³. (див. табл. 3, 4). При цьому найбільша чисельність планктонних водоростей (90 102 тис. кл/дм³) відмічена в сильно забрудненому ставку Русалка, а їхня найбільша біомаса (126,537 мг/дм³) — у ставку Поповича.

Структура чисельності та біомаси фітопланктону в досліджених ставках сильно відрізнялась. В усіх водоймах перше місце за чисельністю посідали зелені водорості (49,2—99,3 %). У шести ставках друге місце належало діатомовим (0,7—46,6 %), в одному ставку — динофітовим (24,1 %), у двох ставках — золотистим (8,9 і 10,0 %) і у двох найсильніше забруднених водоймах Західної балки — евгленофітовим водоростям (0,5 і 0,8 %) (див. табл. 3). Основу біомаси у п'ятьох ставках складала діатомові

Таблиця 6

Коефіцієнти кореляції між гідрохімічними показниками та кількістю видів планктонних водоростей ставків дендрологічного парку «Олександрія» ($n = 33$)

Показники	Кількість видів				
	загальна	Суан	Eug	Вас	Chl
NH ₄ ⁺	-0,68	-0,11	0,75	-0,59	-0,66
NO ₂ ⁻	-0,72	-0,12	0,65	-0,74	-0,55
NO ₃ ⁻	-0,71	-0,09	0,74	-0,65	-0,63
P _{неорг.}	-0,56	-0,01	-0,47	-0,09	-0,41
Cl ⁻	-0,69	-0,06	0,74	-0,62	-0,64
ПО	-0,58	-0,24	0,77	-0,65	-0,52
БО	-0,47	-0,35	0,85	-0,48	-0,50

Примітка. Тут і в табл. 7: Суан — Cyanoprokaryota, Eugl — Euglenophyta, Вас — Bacillariophyta, Chl — Chlorophyta. Жирним шрифтом виділені коефіцієнти кореляції, достовірні при $p < 0,05$.

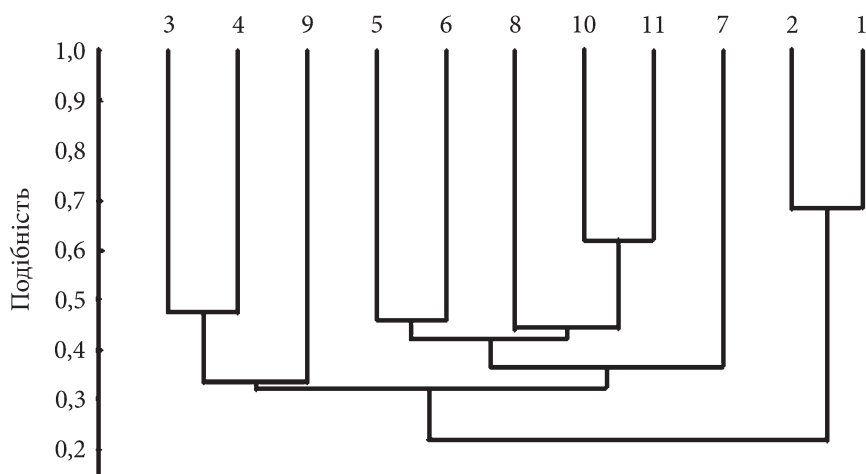


Рис. 2. Дендродіаграма подібності видового складу фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія»

(41,9—88,9 %), у двох — зелені (51,8 і 93,2 %), в одному — золотисті (42,5 %), в одному — динофітові (94,9 %) і у двох найсильніше забруднених водоймах Західної балки — евгленофітові водорості (36,1 і 44,2 %) (див. табл. 4). Переважання представників Euglenophyta в планктоні при підвищеному вмісті нітратів було відмічено і в Лисьвенському водосховищі (басейн р. Ками), в якому спостерігали «цвітіння» води, зумовлене масовим розвитком водоростей родів *Trachelomonas* і *Phacus* [1]. На прикладі р. Дністер в межах Молдови показано, що евгленофітові водорості інтенсивніше розвивались при високому вмісті у воді амонійного азоту і підвищеній концентрації органічних речовин [17].

Встановлена достовірна позитивна залежність між концентрацією неорганічних сполук азоту, хлоридів і органічних речовин та загальною чисельністю фітопланктону, а також чисельністю Chlorophyta і чисельністю та біомасою Euglenophyta (табл. 7). Прямолинійний зв'язок між біомасою евгленофітових водоростей і концентрацією неорганічних сполук азоту у воді був відмічений і для озер Дарвінського державного заповідника (Вологодська обл., РФ) [6].

Домінуючий комплекс представлений 23 видами водоростей, з яких 13 видів належали до Chlorophyta, 5 — Bacillariophyta, 3 — Euglenophyta, 1 — Chrysophyta і 1 вид — до Dinophyta (див. табл. 5). Найчастіше домінувала *Chlorella vulgaris* — в 7 із 11 водойм. Переважання в планктоні водоростей р. *Chlorella* Beijer. у ставку Русалка (дендрологічний парк «Олександрія») при екстремально високому вмісті неорганічних сполук азоту відмічали й інші дослідники [26]. Масовий розвиток водоростей р. *Chlorella* спостерігали в р. Глотиха (басейн р. Ками), яка приймає стоки очисних споруд Солікамського целюлозно-паперового комбінату [1]. У ставку

Поповича домінував *Ceratium hirundinella*, масовий розвиток якого є свідченням евтрофування водойм [16].

У більшості випадків видовий склад домінуючого комплексу сильно відрізнявся, значення КФС змінювались від 0 до 33 %. Найбільша подібність спостерігалась тільки при порівнянні домінуючого комплексу першого і другого ставків Західної балки (КФС = 67 %), а також першого і другого ставків Східної балки (КФС = 80 %). Найбільш своєрідним виявився домінуючий комплекс ставка Срібний Серпанок з найменшою концентрацією забруднювальних речовин, а також ставка Поповича.

Висновки

Вперше проведено порівняльний аналіз структури фітопланктону ставків із різним ступенем антропогенного забруднення, розташованих на території дендрологічного парку «Олександрія». Результати оригінальних досліджень свідчать про те, що навіть поруч розташовані (на відстані 350—400 м один від одного) і з'єднані між собою водойми значно відрізнялись за видовим багатством і таксономічною структурою фітопланктону, за його видовим складом і кількісними показниками, а також за складом домінуючого комплексу.

Вперше показано, що до основних факторів, які впливають на структуру фітопланктону ставків дендрологічного парку, належить не тільки вміст неорганічних сполук азоту і фосфору, а також хлоридів та органічних речовин у воді.

Встановлено достовірну обернену залежність між концентрацією неорганічних сполук азоту і фосфору, хлоридів і органічних речовин та загальною кількістю видів планктонних водоростей та кількістю видів Chlorophyta, а також між вмістом неорганічних сполук азоту, хлоридів і органічних речовин та кількістю видів Bacillariophyta. В той же час до-

Таблиця 7

Коефіцієнти кореляції між гідрохімічними показниками і чисельністю та біомасою фітопланктону ставків дендрологічного парку «Олександрія» ($n = 33$)

Показники	Чисельність					Біомаса				
	загальна	Суан	Eugl	Вас	Chl	загальна	Суан	Eugl	Вас	Chl
NH ₄ ⁺	0,55	-0,01	0,88	-0,08	0,66	-0,27	-0,05	0,87	-0,17	-0,18
NO ₂ ⁻	0,53	-0,02	0,69	0,04	0,59	-0,32	0,10	0,70	-0,08	-0,24
NO ₃ ⁻	0,59	0,05	0,84	0,01	0,66	-0,30	0,06	0,83	-0,11	-0,21
P _{неорг.}	-0,27	0,07	-0,25	0,22	-0,34	-0,32	0,20	-0,24	0,07	-0,51
Cl ⁻	0,59	0,06	0,85	-0,01	0,67	-0,29	0,04	0,84	-0,12	-0,17
ПО	0,53	-0,15	0,81	-0,09	0,65	-0,07	-0,08	0,82	-0,11	-0,11
БО	0,54	-0,21	0,87	-0,30	0,74	-0,20	-0,29	0,88	-0,38	0,11

стовірною позитивною залежністю встановлена між концентрацією неорганічних сполук азоту, хлоридів і органічних речовин та загальною чисельністю фітопланктону, чисельністю Chlorophyta, а також чисельністю, біомасою та кількістю видів Euglenophyta.

Неоднорідний розподіл фітопланктону в обстежених ставках зумовлений значними відмінностями у хімічному складі води, що надходить у водойми з різних джерел, включаючи ґрунтові води з високою концентрацією неорганічних сполук азоту та хлоридів, а також джерела з чистою водою із глибоких водоносних горизонтів.

Список використаної літератури

1. Беляева П.Г., Галямина В.В., Саралов А.И. Структурно-функциональная роль фототрофных альго-бактериальных сообществ перифитона и планктона водотоков Камского бассейна. Перифитон и обрастание: теория и практика: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (22—25 окт. 2008 г., Санкт-Петербург). СПб., 2008. С. 18—21.
2. Березовська В.Ю. Особливості видового складу водоростей водойм дендропарку «Олександрія». *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія*. 2016, № 3—4 (67). С. 14—24.
3. Ветрова З.И. Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР: Эвгленовитовые водоросли. Выпуск 1. Часть 1. Киев: Наук. думка, 1986. 348 с.
4. Еремкина Т.В., Ярушина М.И. Фитопланктон как показатель загрязнения водоемов Среднего и Южного Урала. Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Тез. докл. II Междунар. конф. (10—14 окт. 2011 г., Санкт-Петербург). СПб., 2011. С. 69.
5. Зеленева Н.А. Биоиндикация вод приустьевых участка реки Самара по фитопланктону. Там же. С. 73.
6. Корнева Л.Г. Экология фитофлагеллят в слабоминерализованных мелководных озерах в градиенте абиотических ресурсов. Озерные экосистемы: Биологические процессы, атропогенная трансформация, качество воды: Материалы III Междунар. науч. конф. (17—22 сент. 2007 г., Минск — Нарочь). Минск: Изд. центр Белорус. ун-та, 2007. С. 22.
7. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Под ред. А.И. Копылова. Кострома: Костром. печат. дом, 2015. 284 с.
8. Крот Ю.Г., Киризий Т.Я., Бабіч Г.Б., Леконцева Т.І. Динаміка гідрохімічного режиму каскаду водойм дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква) при надходженні неорганічних форм азоту з джерельними водами. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія*. 2005. № 12 (25). С. 102—109.
9. Кулик С.М. Динаміка розповсюдження техногенного забруднення у біокосних системах території державного дендропарку «Олександрія». *Пошукова та екологічна геохімія*. 2003. № 2/3. С. 58—61.
10. Курейшев А.В., Яровий О.О., Мантурова О.В. Вплив екстремально високих концентрацій неорганічного азоту на продукційні характеристики фітопланктону. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія*. 2017. № 3 (70). С. 94—100.
11. Малащенко Д.В., Ростанец Д.В., Недосекін А.Г. Эвгленовые водоросли как показатели качества воды в речных условиях. Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Тез. докл. II Междунар. конф. (10—14 окт. 2011 г., Санкт-Петербург). СПб., 2011. С. 116.
12. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В.Д. Романенка. К.: Логос, 2006. 408 с.
13. Плескач А.Я. Забруднення водойм дендропарку «Олександрія» та його вплив на стан рослинності. *Інтродукція рослин*. 2004. № 2. С. 80—87.

14. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с.
15. *Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли Украинской ССР: учебное пособие. Киев: Вища шк., 1984. 334 с.
16. *Трифонов И.С., Афанасьева А.Л., Макарецва Е.С., Бардинский Д.С.* Соотношение фито- и зоопланктона в различных озерах Карельского перешейка. *Изв. Самар. науч. центра РАН*. 2016. Т. 18, № 2 (2). С. 515—519.
17. *Унгурияну Л.Н., Шаларь В.М., Туманова Д.С., Унгурияну Г.Т.* Эвгленовые водоросли реки Днестр в пределах Республики Молдова. Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. IV Междунар. конф. (23—25 мая 2012 г., Киев). Киев, 2012. С. 308.
18. *Afanasyev S.A.* Problems and progress of investigations of hydroecosystems' ecological state in view of implementation of environmental directives in Ukraine. *Hydrobiol. J.* 2019. Vol. 55, N 2. P. 3—18.
19. *Barinova S.S., Klochenko P.D., Bilous E.P.* Algae as indicators of the ecological state of water bodies: methods and prospects. *Ibid.* 2015. Vol. 51, N 6. P. 3—21.
20. *Bondarenko N.A., Logacheva N.F.* Structural changes in phytoplankton of the littoral zone of Lake Baikal. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 2. P. 16—24.
21. *Klochenko P.D., Shevchenko T.F.* Phytoepiphyton as bioindicator of the state of the upper cascade Dnieper reservoirs. *Ibid.* 2019. Vol. 55, N 4. P. 26—37.
22. *Klochenko P.D., Shevchenko T.F., Kharchenko G.V.* Structural and functional organization of phytoplankton in the thickets and in the sections free of vegetation in the lakes of Kiev. *Ibid.* 2015. Vol. 51, N 3. P. 45—60.
23. *Klochenko P. D., Shevchenko T.F., Lilitskaya G.G.* Bioindication of the ecological state of water bodies of the Goloseyevo National Natural Park. *Ibid.* 2018. Vol. 54, N 5. P. 17—27.
24. *Klochenko P.D., Shevchenko T. F., Nezbyrskaya I.N. et al.* Phytoplankton production and decomposition characteristics in water bodies differing in the degree of their contamination by inorganic compounds of nitrogen and phosphorus. *Ibid.* 2019. Vol. 55, N 3. P. 31—47.
25. *Lilitskaya G.G., Klochenko P.D., Shevchenko T.F.* First record of *Chrysococcus rufescens* Klebs f. *tripora* J.W.G. Lund (Chrysochyta) in Ukraine. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 3. P. 44—51.
26. *Romanenko V.D., Krot Yu.G., Lekontseva T.I., Podrugina A.B.* Peculiarities of phyto- and zooplankton structural organization at an extremely high content of inorganic compounds of nitrogen in water. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 5. P. 314.
27. *Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I.* Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandrya National Park (the town of Bila Tserkva, Ukraine). *Ibid.* 2018. Vol. 54, N 1. P. 19—32.
28. *Shevchenko T. F., Klochenko P.D., Bilous O.P.* Response of epiphytic algae to heavy pollution of water bodies. *Water Environ. Res.* 2018. Vol. 90, N 8. P. 706—718.
29. *Shevchenko T.F., Klochenko P.D., Timchenko V.M., Dubnyak S.S.* Epiphyton of a cascade plain reservoir under different hydrodynamic conditions. *Ecohydrol. & Hydrobiol.* 2019. Vol. 19, Iss. 3. P. 407—416.
30. *Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E.* Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysochyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, Rhodophyta. (Vol. 1). Ruggell: Gantner Verlag, 2006. 713 p.
31. *Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E.* Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Bacillariophyta. (Vol. 2). Ruggell: Gantner Verlag, 2009. 413 p.

32. *Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E.* Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Chlorophyta. (Vol. 3). Ruggell: Gantner Verlag, 2011. 511 p.

Надійшла 11.03.19

P.D. Klochenko, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Head of the Department
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: pklochenko@ukr.net

T.F. Shevchenko, PhD (Biol.), Senior Researcher, Senior Researcher
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

G.G. Lilitska, Researcher

M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine,
2 Tereshchenkivska St., Kyiv, 01004, Ukraine

O.P. Bilous, PhD (Biol.), Senior Researcher
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

I.M. Nezbrjytska, PhD (Biol.), Researcher
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

Z.N. Gorbunova, Junior Researcher
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

PHYTOPLANKTON OF WATER BODIES DIFFERENTIATING IN THE DEGREE OF ANTHROPOGENIC POLLUTION

Data on the distribution of phytoplankton in the ponds of the «Oleksandriya» Dendrological Park significantly differing in the content of inorganic compounds of nitrogen and phosphorus, and also in the content of chloride and organic matter in the water, are given in the paper. It has been found that the species richness, taxonomic structure, species composition, and complex of dominant species of phytoplankton, and also the quantitative indices of its development, in the studied ponds significantly differed. The maximal values of cell numbers were one order, whereas those of biomass — two orders of magnitude higher than their minimal values. The average value of the Serensen coefficient of community similarity was 32%. Non-uniform distribution of phytoplankton in the studied ponds was conditioned by significant difference in the chemical composition of the water incoming into the ponds from different sources, including heavily polluted soil waters and springs with clean drinking water from deep water-bearing layers.

Keywords: *phytoplankton, species composition, cell numbers, biomass, complex of dominant species, pollution, ponds, the «Oleksandriya» Dendrological Park.*