

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 574.5 (28): [546.17: 581.526.325]

doi:10.25128/2078-2357.19.1.5

О. В. КРАВЦОВА, В. І. ЩЕРБАК, М. І. ЛІНЧУК

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210
e-mail: Shcherbak.V@nas.gov.ua

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ

У роботі проаналізована сезонна динаміка концентрації біогенних елементів у вигляді неорганічних сполук азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ΣN), розчиненого фосфору, органічної речовини і зв'язок з розвитком фітопланктону у водоймах з високим вмістом сумарного неорганічного азоту (від 23,31 до 102,65 мг N/дм³) та його сполук (амонійного – від 8,42 до 76,60, нітратного – від 4,94 до 15,93, нітритного – від 0,077 до 4,35 мг N/дм³) та органічної речовини (від 8,00 до 21,92 мгО/дм³ по величинам перманганатної окиснюваності та від 58,46 до 265,2 мгО/дм³ по біхроматній окиснюваності). Особливістю гідрохімічного режиму водойм були феноменально високі співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (133,54 – 12152,86) упродовж вегетаційних сезонів. Встановлено, що відгуком водоростевих угруповань планктону на такі особливості гідрохімічного режиму є спрощення їх структури внаслідок переважання представників відділів Euglenophyta, Chlorophyta та Bacillariophyta, тоді як Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta та Cryptophyta були представлені 1–3 видами. Відгуком фітопланктону на підвищений вміст сполук неорганічного азоту є зростання чисельності та біомаси зелених водоростей, а органічної речовини – евгленових водоростей.

Ключові слова: біогенні елементи, неорганічний азот, розчинений фосфор, фітопланктон, видове різноманіття, чисельність, біомаса, сезонна динаміка, антропогенне навантаження

Вміст біогенних елементів у природній воді є одним з факторів, що визначають різноманітність і розвиток водоростевих угруповань водних екосистем. Найбільш важливі з них – азот і фосфор. Їх вміст у воді характеризується сезонною динамікою і залежить як від внутрішніх процесів у водоймі, так і, в значній мірі, від надходження завдяки іншим джерелам, у першу чергу антропогенного навантаження.

Особливий інтерес представляють водойми, де концентрації неорганічних сполук азоту та фосфору в кілька разів перевищують загальновідомі концентрації у водоймах [2, 3, 8, 10]. Виникає актуальна необхідність оцінки змін показників якісних і кількісних характеристик фітопланктону як його реакції на різні концентрації біогенних елементів і, у першу чергу, на підвищений вміст сполук неорганічного азоту.

Мета роботи – оцінити структурно-функціональну організацію фітопланктону за різних концентрацій біогенних елементів та органічної речовини.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалами роботи були проби фітопланктону каскаду водойм дендрологічного парку «Олександрія» (м. Біла Церква, Україна), які відбирали двічі на місяць¹ на стаціонарних станціях протягом вегетаційних сезонів 2016–2017 рр. Проби фітопланктону фіксували, концентрували й камерально обробляли загальноприйнятими в гідробіології методами [11]. Схема каскаду трьох водойм із зазначеними 5 станціями відбору альгологічних та гідрохімічних проб, гідроморфологічна характеристика їх, а також ретроспективний аналіз вмісту сполук неорганічного азоту, фосфору та органічної речовини були представлені нами раніше [16]. Вміст неорганічних сполук азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ΣN), розчиненого фосфору та органічної речовини визначали згідно методики О. Алекіна [1]. Виділення домінуючого комплексу видів проводили на основі розрахунку індексу значущості [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Характеристика вмісту біогенів у воді водойм. Результати ретроспективного аналізу гідрохімічного складу водойм дендропарку «Олександрія», а також результати наших сучасних досліджень показують, що вміст розчиненого фосфору у воді коливався в межах 0,005–0,015 мг P/дм³ [7], а також від 0 до 0,065 мг P/дм³ [16].

Вміст у воді неорганічних сполук азоту, починаючи з 1995 р., залишається високим [5, 7, 9, 12].

Отримані впродовж 2016–2017 рр. результати показали, що концентрація амонійного азоту у водоймах була від 8,42 до 76,60, нітратного – від 4,94 до 15,93, нітритного – від 0,077 до 4,35 мг N/дм³ та сумарного азоту від 23,31 до 102,65 мг N/дм³. Особливістю каскаду водойм є те, що найбільш забрудненим є водойма №2, що пов'язано з наявністю точкового джерела забруднення. Розглядаючи досліджені водойми в ракурсі зростання азотного навантаження (№2–№1–№3) спостерігаємо зменшення частки амонійного й нітритного азоту та збільшення нітратного (рис. 1).

Встановлено надзвичайно високе співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (від 133,54 до 12152,86), що є характерною особливістю гідрохімічного режиму досліджуваних водойм. У літературі є різні точки зору щодо $\Sigma\text{N}:\text{P}$. Вважають, що біомаса фітопланктону лімітується вмістом фосфору при $\Sigma\text{N}:\text{P} > 17$, азоту, коли $\Sigma\text{N}:\text{P} < 10$ і вмістом азоту і фосфору при N: P в межах 10–17 [13, 15]. Однак інші дослідники вказують на те, що правило співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ не підходить для високоевтрофних водойм, коли вміст N і P перевищує асиміляційну здатність фітопланктону і не може використовуватися як критерій для класифікації водойм, лімітуючим елементом яких є N або P [13, 14].

У науковій літературі нами не було знайдено інформації щодо високих співвідношень $\Sigma\text{N}:\text{P}$, тому вважаємо, що встановлене нами $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (134–12153) є феноменом, характерним для досліджених водойм.

Найвищий вміст неорганічного азоту, його сполук та розчиненого фосфору в сухій речовині водоростей планктону був характерний для найбільш забрудненої водойми. Звичайно, зі зростанням біомаси фітопланктону розрахований вміст загального азоту в сухій речовині зменшувався до 11,27, однак усе одно в десятки разів перевищував відомі з наукових джерел для інших водойм (табл. 1).

Стехіометричні співвідношення фосфору до сухої біомаси фітопланктону виявились фактично такими ж, як і в інших водоймах, наведених у джерелах [4, 13].

¹ Автори висловлюють вдячність д. б. н., зав. відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАНУ Потрохову О. С., к. б. н., п. н. с. Зінковському О. Г. та к.б.н. Водяницькому О. М. за допомогу у відборі проб

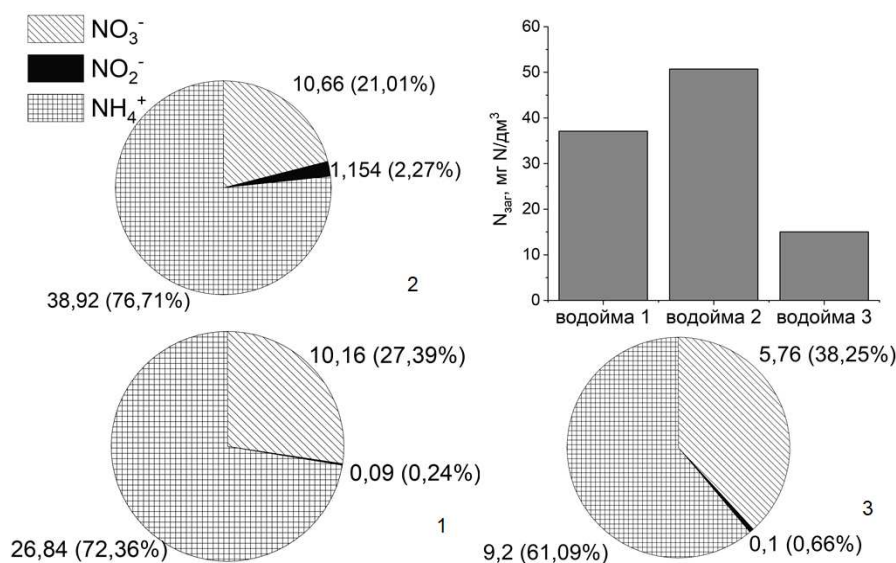


Рис. 1. Вміст загального неорганічного азоту і співвідношення його сполук у водоймах (1, 2, 3) дендропарку «Олександрія»

Особливості сезонної динаміки біогенів. Сезонна динаміка вмісту неорганічного фосфору характеризувалася вираженою сезонною динамікою: зниженням від весни до літа і підвищенням від літа до осені. Для досліджених екосистем максимальні показники були відзначені в травні і вересні: відповідно 0,65 і 0,09 мг P/дм³ (рис. 2).

Таблиця 1

Стехіометричні співвідношення для фітопланктону² за власними та літературними даними

Показники	NH ₄ ⁺ /сух. реч.	NO ₂ ⁻ /сух. реч.	NO ₃ ⁻ /сух. реч.	N _{заг.} /сух. реч.	PO ₄ ³⁻ /сух. реч.
<i>Натурні дані</i>					
<i>Водойма №1</i>	<u>60,18 – 67,79</u> 63,98±3,80	<u>0,21 – 1,60</u> 0,91±0,70	<u>22,82 – 25,63</u> 24,22±1,41	<u>83,21 – 93,64</u> 88,42±5,22	<u>0 – 0,048</u> 0,024±0,024
<i>Водойма №2</i>	<u>9,98 – 347,65</u> 108,66±31,02	<u>0,18 – 7,94</u> 1,45±0,63	<u>0,92 – 270,34</u> 67,68±24,89	<u>11,27 – 509,09</u> 178,05±50,92	<u>0,003 – 0,858</u> 0,148±0,07
<i>Водойма №3</i>	<u>56,65 – 70,17</u> 63,41±3,90	<u>0,13 – 0,52</u> 0,32±0,11	<u>37,33 – 41,17</u> 39,25±1,11	<u>94,55 – 112,09</u> 103,32±5,07	-
<i>Літературні дані</i>					
[4]	-	-	-	0,44-0,1	0,4-2,5
Евтрофні міські озера, Китай [13]	0,06	-	-	0,14	0,014

Концентрація амонійного та загального азоту характеризувалася максимальними показниками в весняний і літній сезони, причому вміст амонійного поступово збільшувався від весни до середини літа, потім знижувався і до осені знову підвищувався, однак концентрація була нижчою, ніж навесні (рис. 2). Вміст нітратного азоту знижувався від весни до літа і зростав до осені, тоді як нітритного поступово знижувався від весни до осені.

² Маса сухої речовини рівна 20% біомаси водоростей

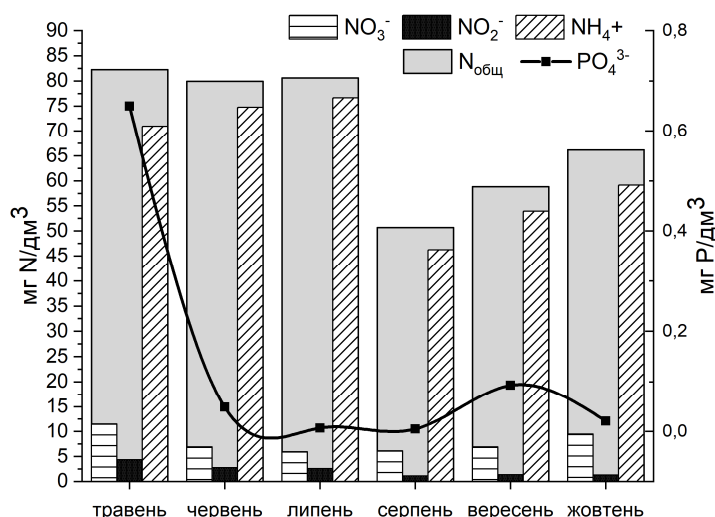


Рис. 2. Динаміка вмісту сполук неорганічного азоту й розчиненого фосфору ставка № 2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Співвідношення неорганічного азоту й фосфору характеризувалося вираженим максимумом у середині літа, тоді як навесні і восени було в десятки разів менше (рис. 3). У цей же час максимуми чисельності й біомаси фітопланктону спостерігалися на початку літнього та осіннього сезонів.

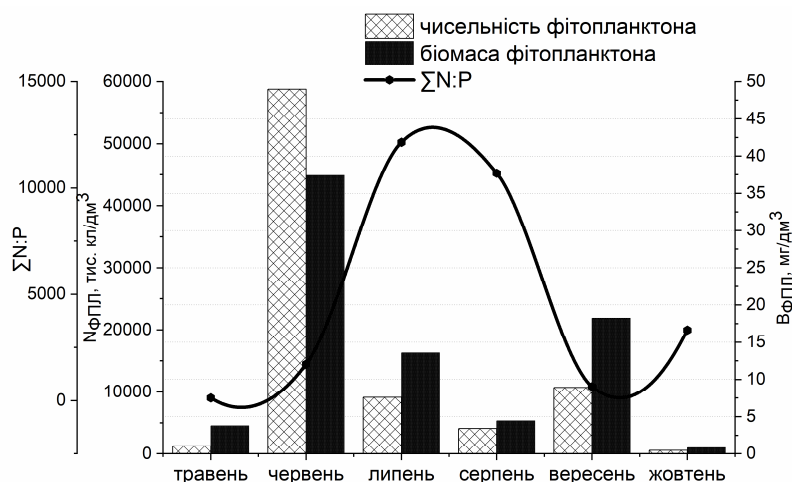


Рис. 3. Сезонна динаміка чисельності та біомаси фітопланктону і $\Sigma N:P$ у воді ставу № 2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Важливою особливістю гідрохімічного режиму водойм є високий вміст органічної речовини (від 8,00 до 21,92 мг О/дм³ по величинах перманганатної і від 58,46 до 265,2 мг О/дм³ по біхроматній окиснюваності).

На прикладі ставу №2 показано, що впродовж вегетаційного сезону (рис. 4) величини перманганатної окиснюваності істотно не змінювалися, характерно було лише незначне зниження від весни до літа й зростання до осені, що відповідає загальновідомим закономірностям [16].

Величини біхроматної окиснюваності найбільш високими були в осінній сезон, трохи нижчими в літній і весняний (рис. 4). Відзначимо, що особливості вмісту органічної речовини були схожі зі сполуками неорганічного азоту, тобто найбільш високі концентрації були в ставках №2 і №1 (відповідно величини перманганатної окиснюваності були 16,76 і 11,2, а біхроматної – 133,84 і 265,2 мг О/дм³).

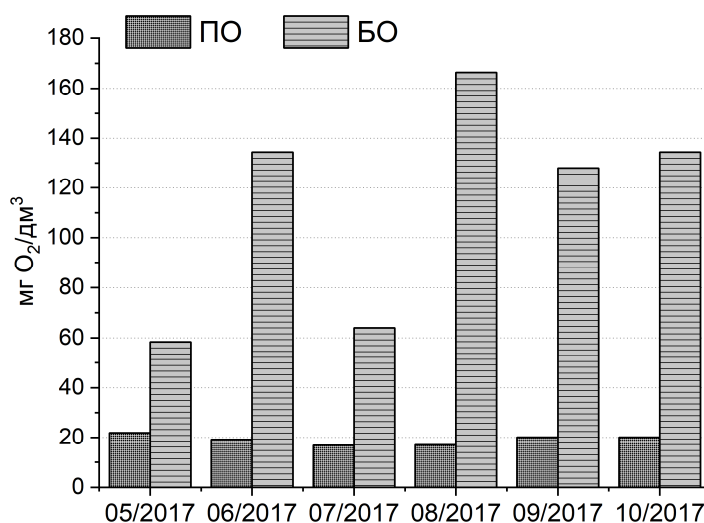


Рис. 4. Сезонна динаміка вмісту органічної речовини по величинах перманганатної (ПО) та біхроматної (БО) окиснюваності в водоймі №2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Структурно-функціональні характеристики фітопланктону

Фітопланктон досліджуваного каскаду водойм №1–3 був представлений 156 видами водоростей (166 внутрішньовидовими таксонами (в.в.т.) з 9 систематичних відділів).

Провідними відділами водоростевих угруповань планктону водойм були Euglenophyta, Chlorophyta та Bacillariophyta. У той же час відділи Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta та Cryptophyta були представлені 1–3 видами.

Найвищим видовим та таксономічним різноманіттям характеризувалась водойма №3 (121 в.в.т), найнижчим – найбільш забруднені водойми №1 і №2 (78 в.в.т).

Сезонна динаміка видового різноманіття характеризувалася збільшенням кількості видів від весни до літа і зниженням восени.

Кількісні показники розвитку фітопланктону коливалися в широких межах: чисельність – від 0,22 до 58,79 млн. кл/дм³, біомаса – від 0,05 до 89,24 мг/дм³.

Установлено, що найвищі значення були притаманні водоймі №2. Максимуми біомаси фіксувалися в літній та осінній сезони. Літні піки (37,41 мг/дм³) були обумовлені масовим розвитком зелених водоростей (*Chlamydomonas globosa* J. Snow), а пізньолітні та осінні (18,24–57,44 мг/дм³) – евгленовими *Lepocinclis ovum* var. *discifera* M. A. Conrad, *Trachelomonas oblonga* Lemmerm.).

Основу чисельності та біомаси фітопланктону водойм формували Chlorophyta та Euglenophyta, тобто водорості, які адаптувалися до підвищеного вмісту у воді неорганічних сполук азоту та органічної речовини. При чому представники вищезазначених відділів водоростей значну частку мали в найбільш забрудненому водоймі (став №2). Структура чисельності фітопланктону водойм приведена в табл. 2.

Домінуючий комплекс фітопланктону водойм складала зелені та евгленові водорості. Найбільш високий індекс домінування впродовж всього періоду досліджень мали *Chl. globosa* (8–17%), *Chl. monadina* (6–7%), *Phacus acuminatus* (2–3%), при цьому значимість їх у біомасі фітопланктону була найбільш високою у водоймах з найвищим вмістом сполук неорганічного азоту.

Крім зазначених вище, домінуючими видами планктону водойми з високим вмістом сполук неорганічного азоту та органічної речовини були *Ch. reinhardtii*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Phacus pleuronectes* var. *hamelii*, *Ph. pleuronectes* var. *pleuronectes*, *Lepocinclis ovum* var. *dimidio-minor*, *Sellaphora pupula* var. *capitata*, *Ph. pyrum*, *Gomphonema parvulum* var. *subellipticum*, *Oscillatoria tenuis*, *Navicula diluviana*. У цілому провідними видами (індекс домінування більше 1%) було 18% загального видового різноманіття.

Чисельність (тис. кл/дм³) фітопланктону водойм №1–3 дендропарку «Олександрія» (2016–2017 рр.)

Відділи	Став №1	Став №2	Став №3
Cyanophyta	$\frac{0 - 30920}{1947 (36\%)}$	$\frac{0 - 7504}{672 (9\%)}$	$\frac{0 - 37450}{3456 (46\%)}$
Euglenophyta	$\frac{0 - 1275}{0,66 (5\%)}$	$\frac{14 - 16575}{1787 (24\%)}$	$\frac{15 - 1638}{309 (4\%)}$
Chrysophyta	$\frac{0 - 12}{0,85 (<1\%)}$	$\frac{0 - 21}{0,91 (<1\%)}$	$\frac{0 - 13}{<1\%}$
Xanthophyta	не виявлено	не виявлено	$\frac{0 - 53}{3 (<1\%)}$
Cryptophyta	$\frac{0 - 32}{1,40 (<1\%)}$	не виявлено	$\frac{0 - 3,46}{0,37 (9\%)}$
Bacillariophyta	$\frac{0 - 870}{203 (4\%)}$	$\frac{0 - 556}{58 (<1\%)}$	$\frac{0 - 1160}{244 (3\%)}$
Dinophyta	$\frac{0 - 14}{<1\%}$	не виявлено	$\frac{0 - 23}{<1\%}$
Chlorophyta	$\frac{4 - 20729}{2968 (55\%)}$	$\frac{0 - 58538}{5046 (67\%)}$	$\frac{259 - 16924}{3565 (47\%)}$
Charophyta	$\frac{0 - 154}{<1\%}$	не виявлено	не виявлено
Всього:	$\frac{86 - 32896}{5407 (100\%)}$	$\frac{550 - 58791}{7563 (100\%)}$	$\frac{1577 - 38649}{7579 (100\%)}$

Примітки: Чисельник – межі коливань, знаменник – середнє значення; у дужках – частка в загальній чисельності (у %)

Структура домінуючого комплексу водойми з найвищим навантаженням біогенними елементами та органічними речовинами була відмінною від приведеної для водойми з нижчим навантаженням. Так, переважали *Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Trachelomonas oblonga* var. *oblonga*, *Trachelomonas intermedia* f. *intermedia*, *Acutodesmus obliquus*, *Ch. reinhardtii*, *T. hispida* var. *hispida*.

У водоймі, яка характеризувалась найнижчим навантаженням сполуками неорганічного азоту та органічними речовинами, окрім представників Euglenophyta (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Phacus acuminatus* var. *acuminatus*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. oblonga* var. *oblonga*) та Chlorophyta (*Acutodesmus obliquus*, *A. pectinatus*), домінували Bacillariophyta (*Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *S. hantzschii*) і Cyanophyta (*Aph. flos-aquae*).

Вважаємо, що основним чинником, який визначав різноманіття фітопланктону досліджуваних водойм, була різниця в концентраціях сполук неорганічного азоту в воді. Це в свою чергу сприяло деяким сезонним особливостям домінуючого комплексу фітопланктону.

Навесні переважали водорості відділів Chlorophyta (*Ch. globosa*, *Monoraphidium griffithii*, *Ch. monadina*, *Acutodesmus pectinatus*) і Euglenophyta (*Phacus acuminatus*, *Phacus pyrum*, *Euglena granulata* var. *granulata*, *Lepocinclis ovum* var. *ovum*, *Euglena pascheri*, *E. polymorpha*).

Улітку домінуючий комплекс найбільш забрудненої водойми формували зелені (*Ch. globosa*, *Ch. monadina*, *Eudorina elegans*, *Acutodesmus obliquus*, *Pandorina morum*, *P. charkowiensis*) та евгленові (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *L. ovum* var. *dimidio-minor*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. oblonga* var. *oblonga*, *T. hispida* var. *hispida*). У фітопланктоні водойми з дещо нижчим вмістом у воді сполук неорганічного азоту домінантами виступали евгленові (*Lepocinclis ovum* var. *dimidio-minor*, *Phacus acuminatus*, *Ph. pleuronectes* var. *hamelii*, *Ph. pleuronectes*), діатомові (*Gomphonema parvulum* var. *subellipticum*, *Sellaphora pupula* var. *capitata*, *N. diluviana*) і в меншій мірі зелені (*Ch. globosa*, *Ch. monadina*, *A. falcatus*).

У домінуючому комплексі найменш забрудненої водойми, окрім зелених (*Chlamydomonas globosa*, *Ch. monadina*) та евгленових (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Phacus*

acuminatus), як в попередніх водоймах, були ще синьозелені (*Aph. flos-aquae*) і діатомові водорості (*A. granulata* var. *granulata*, *S. hantzschii*).

Домінуючий комплекс осіннього фітопланктону водойм з високим вмістом сполук неорганічного азоту та органічної речовини становили синьозелені (*Oscillatoria tenuis* f. *tenuis*), евгленові родів *Lepocinclis* (*L. ovum* var. *ovum*, *L. ovum* var. *dimidio-minor*, *L. ovum* var. *discifera*) і *Phacus* (*Ph. acuminatus*, *Ph. ankylonoton*, *Ph. granum*, *Ph. mirabilis*, *Ph. pyrum*, *Ph. parvulus*, *Ph. pleuronectes* var. *hamelii*), тоді як у менш забрудненій водоймі ще й діатомові *S. hantzschii*, *Cyclotella stelligera*.

Висновки

Встановлено, що особливістю досліджених водойм були високі концентрації неорганічного азоту (до 86,80 мг N/дм³) та його сполук (амонійного – до 76,60, нітратного – до 15,93, нітритного – до 4,35 мг N/дм³). Вміст розчиненого фосфору сягав 0,65 мг P/дм³. Концентрація органічної речовини сягала 21,92 мг O/дм³ по перманганатній окиснюваності та 265,20 мг O/дм³ по біхроматній, що в кілька разів перевищувало еколого-санітарні критерії.

Вміст біогенних елементів та органічної речовини характеризується вираженою сезонною динамікою. Максимуми амонійного та загального азоту характерні для весни і літа зі зниженням восени. Концентрація нітратного азоту знижувалася від весни до літа й зростала до осені, а нітритного поступово знижувалася від весни до осені. Максимальні концентрації розчиненого у воді фосфору спостерігалися навесні й восени.

Встановлене для водойм співвідношення $\Sigma N:P$ в межах 134–12153 вважаємо феноменом, характерним для водойм з локальною дією антропогенного чинника, зокрема надходження значної кількості сполук неорганічного азоту.

Вважаємо, що основним чинником, який визначав різноманіття фітопланктону досліджуваних водойм, була різниця в концентраціях сполук неорганічного азоту у воді. Це в свою чергу сприяло деяким сезонним особливостям домінуючого комплексу фітопланктону. А саме домінуванням евгленових (в осінній сезон) і дрібноклітинних зелених водоростей (переважно в літній сезон) у водоймах з вищим навантаженням сполуками азоту та органічними речовинами та наявністю у домінуючому комплексі діатомових водоростей у фітопланктоні менш забрудненої водойми.

Встановлено, що відгуком фітопланктону на підвищений вміст сполук неорганічного азоту є зростання чисельності та біомаси зелених водоростей, а органічної речовини – евгленових водоростей.

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин — Л.: Гидрохимиздат, 1970. — 442 с.
2. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / Денисова А. И. — К: Наук. думка, 1979. — 290 с.
3. Екологічний стан київських водойм / О.А. Афанасьев, Т.С. Багацька, І.В. Небогаткін [та ін.]. — К.: Фітосоціоцентр, 2010. — 256 с.
4. Йоргенсен С.Э. Управление озерными экосистемами / С. Э. Йоргенсен. — М.: Агропромиздат, 1985.
5. Киризий Т.Я. Динамика содержания минерального азота в водоймах дендропарка «Александрія» (г. Белая Церковь) / Т. Я. Киризий, Г. Б. Бабич, Т. Д. Самойлова // Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2005. — № 3 (26). — С. 195—197.
6. Кожова О. М. Экология *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smidt (Bacillariophyta) в озере Байкал / О. М. Кожова, Л. А. Имболджина, И. К. Бокова // Альгология. — 1998. — Т. 8, № 2. — С. 132—139.
7. Крот Ю.Г. Динаміка гідрохімічного режиму каскаду водойм дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква) при надходженні неорганічних форм азоту з джерельними водами / Ю. Г. Крот, Т.Я. Киризий, Г.Б. Бабич, Т. І. Леконцева // Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2005. — № 1-4 (25). — С. 102—108.
8. Линник П.М. Гідрохімічний режим озер системи Опечень (м. Київ) / П. М. Линник, В. А. Жежеря, Т. П. Жежеря, Я. С. Иванченко, І. І. Ігнатенко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. — 2016. — Вип. 269. — С. 59—69.
9. Плескач Л. Я. Забруднення водойм дендропарку «Олександрія» та його вплив на стан рослинності / Л. Я. Плескач // Інтродукція рослин. — 2004. — № 2. — С. 80—87.
10. Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / Під ред. В. І. Щербака. — К.: Фітосоціоцентр. — 2011. — 164 с.

11. Щербак В.І. Методи визначення характеристик головних угруповань гідробіонтів водних екосистем. 1. Фітопланктон // Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. — НАН України: Ін-т гідробіології. — К.: ЛОГОС, 2006. — С. 8—27.
12. Яровий О. О. Продукционные характеристики фитопланктона в водоемах с экстремально высокими концентрациями растворенных соединений азота // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів III науково-практичної конференції для молодих вчених. — Київ, 2016. — С. 62—64.
13. Jin Lv. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China / Jin Lv Hongjuan Wu, Mengqiu Chen // *Limnologica*. — 2011. — 41 (1). P. 48—56.
14. Paerl H.W. Harmful freshwater algal Blooms with an emphasis on cyanobacterial / H.W. Paerl, R.S. Fulton, P.H. Moisander, J. Dyble // *Scientific World Journal*. — 2001. — Apr 4;1. — P. 76—113.
15. Sakamoto M.. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth / Sakamoto M. // *Arch. Hydrobiol.* — 1966. — 62. — P. 1—28.
16. Shcherbak V.I. Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandriya natural park (the town of Bila Tserkva, Ukraine) / Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I. // *Hydrobiol. Journ.* — 2017. — Vol. 53, N 5. — P. 19—32.

References

1. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* / O.A. Alekin — L.: Gidrokhimioizdat, 1970. — 442 s. (in Russian).
2. Denisova A.I. *Formirovanie gidrokhimicheskogo rezhima vodokhranilishch Dnepra i metody ego prognozirovaniia* / Denisova A. I. — K: Nauk. dumka, 1979. — 290 s. (in Russian).
3. *Ekolohichnyy stan kyivs'kykh vodoym* / O.A. Afanas'ev, T.S. Bahats'ka, I.V. Nebohatkin [ta in.]. — K.: Fitosotsiotsentr, 2010. — 256 s. (in Ukrainian).
4. Yorgensen S.E. *Upravlenie ozernymi ekosistemami* / S. E. Yorgensen. — M.: Agropromizdat, 1985. (in Russian).
5. Kiriziy T.Ia. *Dinamika sodержaniia mineral'nogo azota v vodoymakh dendroparka «Aleksandriia» (g. Belaia Tserkov')* / T. Ia. Kiriziy, G. B. Babich, T. D. Samoylova // *Nauk. zapiski Ternopil'skogo ped. un-tu im. V. Gnatiuka. Serii: Biologiia*. — 2005. — No 3 (26). — S. 195—197. (in Russian).
6. Kozhova O. M. *Ekologiia Dididmosphenia geminata (Lyngb.) M. Smidt (Bacillariophyta) v ozere Baykal* / O. M. Kozhova, L. A. Imboldzhina, I. K. Bokova // *Al'gologiia*. — 1998. — T. 8, No 2. — S. 132—139. (in Russian).
7. Krot Yu.H. *Dynamika hidrokhimichnogo rezhymu kaskadu vodoym dendroparku «Oleksandriia» (m. Bila Tserkva) pry nakhodzhenni neorhanichnykh form azotu z dzherel'nykh vodamy* / Yu. H. Krot, T.Ya. Kyryziy, H.B. Babych, T. I. Lekontseva // *Nauk. zapysky Ternopil'skoho ped. un-tu im. V. Hnatiuka. Serii: Biologiia*. — 2005. — No 1-4 (25). — S. 102—108. (in Ukrainian).
8. Lynnyk P.M. *Hidrokhimichnyy rezhym ozer systemy Opechen' (m. Kyiv)* / P. M. Lynnyk, V. A. Zhezheria, T. P. Zhezheria, Ya. S. Ivanechko, I. I. Ihnatenko // *Naukovi pratsi Ukrain's'koho naukovy-doslidnoho hidrometeorolohichnogo instytutu*. — 2016. — Vyp. 269. — S. 59—69. (in Ukrainian).
9. Pleskach L. Ya. *Zabrudnennia vodoym dendroparku «Oleksandriia» ta yoho vplyv na stan roslynosti* / L. Ya. Pleskach // *Introduktsiia roslyn*. — 2004. — No 2. — S. 80—87. (in Ukrainian).
10. *Riznomanittia al'hoflory i hidrokhimichna kharakterystyka akvalandshaftiv* / Pid red. V. I. Shcherbaka. — K.: Fitosotsiotsentr. — 2011. — 164 s. (in Ukrainian).
11. Shcherbak V.I. *Metody vyznachenniia kharakterystyk holovnykh uhrupovan' hidrobiontiv vodnykh ekosystem. 1. Fitoplankton* // *Metody hidroeolohichnykh doslidzhen' poverkhnevnykh vod* / Za red. V.D. Romanenka. — NAN Ukrainy: In-t hidrobiolohii. — K.: LOHOS, 2006. — S. 8—27. (in Ukrainian).
12. Iaroviy O. O. *Produktsionnye kharakteristiki fitoplanktona v vodoymakh s ekstremal'no visokimi kontsentratsiiami rastvorenykh soedineniy azota* // *Suchasna gidroeologiia: mistse naukovikh doslidzhen' u virishenni aktual'nykh problem: zbirnik materialiv III naukovy-praktichnoi konferentsii dlia molodikh vchenikh*. — Kyiv, 2016. — S. 62—64. (in Russian).
13. Jin Lv. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China / Jin Lv Hongjuan Wu, Mengqiu Chen // *Limnologica*. — 2011. — 41 (1). P. 48—56.
14. Paerl H.W. Harmful freshwater algal Blooms with an emphasis on cyanobacterial / H.W. Paerl, R.S. Fulton, P.H. Moisander, J. Dyble // *Scientific World Journal*. — 2001. — Apr 4;1. — P. 76—113.
15. Sakamoto M.. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth / Sakamoto M. // *Arch. Hydrobiol.* — 1966. — 62. — P. 1—28.

16. Shcherbak V.I. Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandriya natural park (the town of Bila Tserkva, Ukraine) / Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I. // *Hydrob. Journ.* — 2017. — Vol. 53, N 5. — P. 19—32.

O.V. Kravtsova, V.I. Scherbak, M. I. Linchuk
Institute of Hidrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

THE REGULARITIES OF PHYTOPLANKTON FORMATION AT VARIOS BIOGENIC ELEMENTS AND ORGANIC MATTER CONCENTRATIONS

The seasonal dynamics of the concentration of nutrients in the form of inorganic nitrogen (NH_4^+ , NO_2 , NO_3^- , ΣN), dissolved phosphorus, organic matter and the connection with the development of phytoplankton in waters with high content of total inorganic nitrogen (from 23.31 to 102.65 mg N/dm³) and its compounds (ammonia - from 8.42 to 76.60, nitrate - from 4.94 to 15.93, nitrite - from 0.077 to 4.35 mg N/dm³) and organic matter (from 8.00 to 21.92 mg O/dm³ by permanganate oxidation values and from 58.46 to 265.2 mg O/dm³ by dichromate oxidation values) were analyzed in paper. The peculiarity of the hydrochemical regime of the reservoirs was phenomenally high relations $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (133,54-12152,86) during the growing seasons. Found that response algal plankton communities such features hydrochemical regime is a simplification of the structure due to the predominance of representatives of departments Euglenophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta, while Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta and presented Cryptophyta 1-3 species. The response of phytoplankton to the high content of compounds of inorganic nitrogen is the increase in the number and biomass of green algae, and organic matter - eugenic algae.

Key words: biogenic elements, inorganic nitrogen, dissolved phosphorus, phytoplankton, species diversity, abundance, biomass, seasonal dynamics, anthropogenic load

Надійшла 03.01.2019.

УДК: 577.352.38:577.64

doi:10.25128/2078-2357.19.1.6

¹O.B. STOLIAR, L.L. ^{1,2}GNATYSHYNA, ¹V.V. KHOMA, ³G.H. SPRINĢE

¹Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

²I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University
m.Voli, 1, Ternopil, 46001, Ukraine

³University of Latvia
Miera Str. 3, Salaspils, LV, 2169, Latvia
e-mail: oksana.stolyar@gmail.com

THE APPLICATION OF THE NOVEL INTEGRATIVE INDEX OF OXIDATIVE STRESS IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON FRESHWATER MOLLUSKS

The adverse environmental impacts cause the oxidative stress response in the aquatic animals. However, depending on the severity and duration of impact, this response can be highly different. The aim of this study was the analysis of available results of the evaluation of antioxidant activities in the freshwater mollusks in the sense of the successfulness of the oxidative stress response. The recently proposed integrative index 'Preparation to the oxidative stress' (POS) was applied. Three populations of bivalve mollusks from the basin of the river Dniester were compared during three seasons, and in their ability to withstand heating (25° C and 30° C during 14 days) and exposure to ionizing radiation (14 days after the acute exposure to 2 mGy). The mussels were sampled in the low disturbed pristine