

УДК 502.51(282):581.5

<sup>1</sup>І. Л. СУХОДОЛЬСЬКА, <sup>2</sup>В. В. ГРУБІНКО<sup>1</sup>Рівненський державний гуманітарний університет

вул. Ст. Бандери, 12, Рівне, 33028

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ПІГМЕНТІВ У ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН У РІЧКАХ РІВНЕНЩИНИ З РІЗНИМ РІВНЕМ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

Проаналізовано вміст сполук нітрогену та пігментів вищих водних рослин у річках Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження. Встановлено перевищення гранично допустимих концентрацій для водойм рибогосподарського призначення щодо вмісту  $\text{NH}_4^+$  у воді. Виявлено, що вміст хлорофілу *a* у біомасі вищих водних рослин має вищі значення, ніж хлорофілу *b*. Найбільший вміст хлорофілів *a* і *b* та сумарний вміст хлорофілів, а також каротиноїдів виявлено у плаваючого гідрофіта – *Lemna minor* L. у річці аграрної території та зануреного гідрофіта – *Ceratophyllum demersum* L. у річці урбанізованої території. Встановлено взаємозв'язок між вмістом сполук нітрогену та пігментами вищих водних рослин в умовах антропогенного навантаження. Найвищі позитивні кореляції між вмістом сполук нітрогену та концентрацією пігментів виявлено у *Lemna minor* L. ( $r = 0,87$ ), *Elodea canadensis* Mich. ( $r = 0,92$ ), *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = 0,91$ ), *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,89$ ), *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,78$ ) та *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,74$ ).

*Ключові слова:* вищі водні рослини, хлорофіл, каротиноїди, антропогенний вплив, сполуки нітрогену

Пігменти вищих рослин забезпечують протікання в клітинах світлових реакцій фотосинтезу. Основна частина пігментів (хлорофіли) включена до складу світлозбиральних комплексів, що забезпечує поглинання та передачу світлової енергії до реакційних центрів, в яких відбуваються фотосинтетичні реакції. Каротиноїди відіграють роль світлозбирання та виконують функцію захисту фотосинтетичного апарату від фотопошкодження [8, 23].

Вміст фотосинтетичних пігментів та їх зміна протягом вегетативного періоду є одним з показників фізіологічного стану, фотосинтетичної здатності та продукційного процесу рослин [5, 18].

Фотосинтетична здатність вищих водних рослин залежить від цілого комплексу внутрішніх та зовнішніх факторів. Внутрішній фактор обумовлений генетичним потенціалом рослини, а головні зовнішні – це світло, температура і наявність у середовищі речовин, що визначають енергетичні та конструктивні процеси рослин [2, 4, 21]. На вміст фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу істотно впливають елементи мінерального живлення. Найважливішим з них вважають нітроген та його сполуки ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ). Нітроген входить до складу хлорофілу та бере безпосередню участь у фотосинтезі. За низького вмісту нітрогену хлоропласти мають слабкий розвиток ламелярної системи, невелику кількість гран, розірвані міжгранні ламели, а також периферійні оболонки [1, 8, 20]. Такі хлоропласти дуже гіпертрофовані й можуть збільшуватись у 2-3 рази порівняно з хлоропластами рослин, які зростають за оптимальних умов живлення. Подібна модифікація тонкої структури пластид перешкоджає необхідному обміну фотохімічними фондами й субстратами, що значно знижує їх активність. Отже, дефіцит нітрогену порушує структуру хлоропластів, змінює активний стан фотосинтетичного апарату і як наслідок обумовлює різке зниження ефективності використання сонячної енергії [10, 18].

З огляду на зазначене, метою дослідження є встановлення взаємозв'язку між вмістом сполук нітрогену та пігментів у вищих водних рослин з річок Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження.

**Матеріал і методи досліджень**

Під час дослідження на території Рівненської області виділено 4 типи територій, що відрізняються за рівнем антропогенного навантаження: рекреаційна (РТ), аграрна (АТ), урбанізована (УТ) та техногеннотрансформована (ТТ). До рекреаційної території віднесено Зарічненський район, оскільки у ньому розташований важливий об'єкт природно-заповідного фонду Рівненщини – регіональний ландшафтний парк «Прип'ять-Стохід». На даній території досліджували річку Простир. За аграрну територію обрано один із розорених південних районів області – Дубенський. Досліджували річку Іква. До урбанізованої території включено місто Рівне, до техногеннотрансформованої – Здолбунівський район, в якому зосереджено найбільші підприємства Рівненщини (ТОВ «Укрцемремонт» і ВАТ «Здолбунівський механічний завод»). На цих територіях досліджували річку Устя [13].

Проаналізовано 36 проб вищих водних рослин, відібраних з річок у червні: *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L. *Typha angustifolia* L. *Ceratophyllum demersum* L., *Sagittaria saggitifolia* L., *Lemna minor* L. та *Elodea canadensis* Mich.

Вищі водні рослини відбирали у нативному стані з річок і відмивали від осаджень та перифітонних організмів [7]. Вміст хлорофілів *a* і *b* та загальну кількість каротиноїдів визначали екстрактним методом спектрофотометрично за максимумами поглинання при відповідних довжинах хвиль і розраховували за відповідними формулами [12].

Вміст амонію визначали фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Несслера при довжині хвилі 420 нм. Вміст нітритів визначали діазотуванням реактивом Грісса з утворенням з 1-нафтиламіном діазосполуки червоно-фіолетового кольору, яку фотометрували при довжині хвилі 520 нм. Вміст нітратів у воді річок досліджуваних територій визначали фотометрично з фенолдисульфокислотою з утворенням нітровмісного фенолу жовтого кольору при довжині хвилі 520 нм [11, 17].

Результати досліджень оброблено статистичними методами.

**Результати досліджень та їх обговорення**

Рослини з різних біотопів, що відрізняються умовами зростання в однотипних умовах відрізняються певними особливостями будови вегетативних, генеративних органів, інтенсивністю і спрямуванням метаболізму та вмістом пігментів. Концентрація і загальна кількість пігментів є важливим фізіологічним параметром, який характеризує потенційну потужність фотосинтетичного апарату рослин та визначає реакцію на дію різних факторів впливу та можливості адаптації до них. Найбільша ефективність фотосинтетичного апарату забезпечується за таким співвідношенням пігментів: хлорофілів *a* – близько 50%, *b* – 30%, каротиноїдів – 20%, оскільки основну функцію у складі світлозбирального комплексу виконує хлорофіл *a*, а хлорофіл *b* та каротиноїди є додатковими та захисними пігментами [24, 25]. Результати дослідження вмісту пігментів у біомасі вищих водних рослин з різним рівнем антропогенного навантаження наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст пігментів у вищих водних рослин з річок з різним рівнем антропогенного навантаження ( $M \pm m, n = 3$ )

Пігменти Рослини	Вміст хлорофілу, мкг/мг сухої маси		Хл <i>a+b</i>	Каротиноїди, мкгSPU/мг сухої маси
	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>		
Рекреаційна територія				
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	22,85±1,75	8,22±0,47	31,07	5,79±0,51
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	24,50±1,56	8,93±0,48	33,44	1,51±0,085
<i>Typha angustifolia</i> L.	14,50±1,12	5,16±0,32	19,66	2,63±0,25
Урбанізована територія				
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	14,45±1,06	4,87±0,31	19,32	2,69±0,11
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	26,73±2,56	10,57±0,26	37,30	7,55±0,44

продовження таблиці 1				
<i>Typha angustifolia</i> L.	10,41±0,98	1,80±0,012	12,21	0,79±0,06
Аграрна територія				
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	6,80±0,42	2,49±0,20	9,29	1,50±0,09
<i>Lemna minor</i> L.	30,55±1,25	10,05±0,32	40,60	7,51±0,12
<i>Typha angustifolia</i> L.	12,10±1,10	4,39±0,16	16,49	2,40±0,12
Техногеннотрансформована територія				
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	10,05±0,95	4,06±0,10	14,11	2,31±0,06
<i>Elodea canadensis</i> Mich.	17,00±1,23	4,52±0,11	21,52	2,21±0,18
<i>Typha angustifolia</i> L.	14,35±1,34	5,16±0,22	19,51	3,37±0,10

Вміст хлорофіла *a* у біомасі вищих водних рослин з річки рекреаційної території змінюється від 14,50 мкг/мг сухої маси (*Typha angustifolia* L.) до 24,50 мкг/мг сухої маси (*Potamogeton perfoliatus* L.), а хлорофілу *b* – 5,16 мкг/мг сухої маси (*Typha angustifolia* L.) до 8,93 мкг/мг сухої маси (*Potamogeton perfoliatus* L.).

Вміст хлорофілу *a* у вищих водних рослин з річки урбанізованої території змінюється від 10,41 мкг/мг сухої маси (*Typha angustifolia* L.) до 26,73 мкг/мг сухої маси (*Ceratophyllum demersum* L.), а хлорофілу *b* – 1,80 мкг/мг сухої маси (*Typha angustifolia* L.) до 10,57 мкг/мг сухої маси (*Ceratophyllum demersum* L.).

Вміст хлорофілу *a* у біомасі вищих водних рослин з річки аграрної території коливається від 6,80 мкг/мг сухої маси (*Sagittaria saggitifolia* L.) до 30,55 мкг/мг сухої маси (*Lemna minor* L.), а хлорофілу *b* – 2,49 мкг/мг сухої маси (*Sagittaria saggitifolia* L.) та 10,05 мкг/мг сухої маси (*Lemna minor* L.).

Вміст хлорофілу *a* у біомасі вищих водних рослин з річки техногеннотрансформованої території змінюється від 10,05 мкг/мг сухої маси (*Sagittaria saggitifolia* L.) до 17,00 мкг/мг сухої маси (*Elodea canadensis* Mich.), а хлорофілу *b* – 4,06 мкг/мг сухої маси (*Sagittaria saggitifolia* L.) до 5,16 мкг/мг сухої маси (*Typha angustifolia* L.).

Серед досліджених видів вищих водних рослин найвищий вміст хлорофілів виявлено у *Potamogeton pectinatus* L. (PT), *Potamogeton perfoliatus* L. (PT), *Ceratophyllum demersum* L.(YT) та *Lemna minor* L. (AT), а найнижчий у *Typha angustifolia* L. (YT). Високий вміст хлорофілів у *Potamogeton* та *Lemna* може бути пов'язаний з тим, що вони найбільш потенційно здатні зв'язувати аміак [3].

У всіх вищих водних рослин вміст хлорофілу *a* має вищі значення, ніж хлорофіл *b*. Суттєва різниця між вмістом пігментів спостерігається у повітряно-водної рослини – *Typha angustifolia* L (YT). Зокрема, вміст хлорофілу *b* у *Typha angustifolia* L. у 5,7 раза менший від вмісту хлорофілу *a*, у рослин відібраних з інших територій у 2,8 раза. У роботі [1, 19] зазначається, що зниження хлорофілу *b* у рослин може бути обумовлено інгібуванням ферментів синтезу хлорофілу *b*.

Сумарний вміст хлорофілів (*a+b*) в досліджених рослин знаходиться у діапазоні 12,21 – 40,60 мкг/мг сухої маси. За цим показником рослини розташовуються таким чином: рекреаційна територія – *Potamogeton perfoliatus* L. > *Potamogeton pectinatus* L. > *Typha angustifolia* L.; урбанізована територія – *Ceratophyllum demersum* L. > *Sagittaria saggitifolia* L. > *Typha angustifolia* L.; аграрна територія – *Lemna minor* L. > *Typha angustifolia* L. > *Sagittaria saggitifolia* L.; техногеннотрансформована територія – *Elodea canadensis* Mich. > *Typha angustifolia* L. > *Sagittaria saggitifolia* L.

У загальній оцінці впливу рівня антропогенного навантаження на зміну пігментного фонду рослин значний інтерес становлять як зміни вмісту хлорофілів, так і кількісні зміни каротиноїдів [5, 15]. Вважається, що каротиноїди мають високу антиоксидатну активність та запобігають фоторуйнації пігментного комплексу, акумулюючи частину світлової енергії [6]. Тому, зростання вмісту каротиноїдів розглядають як один із проявів адаптивної реакції у рослин [8, 16]. Найвищий вміст каротиноїдів виявлено у *Potamogeton pectinatus* L. (PT), *Ceratophyllum demersum* L.(YT) та *Lemna minor* L. (AT). Вміст каротиноїдів у біомасі *Typha*

*angustifolia* L. (УТ) досить низький порівняно з цими рослинами, відібраними на інших територіях.

Отже, кількість пігментів – хлорофілів і каротиноїдів у рослинах змінюються під час адаптації до умов середовища [9, 14]. Частка зелених пігментів протягом усього періоду дослідження більше, ніж каротиноїдів, що підтверджує високий рівень метаболізму і пластичного обміну рослин.

Як зазначалося, важливими чинниками, які безпосередньо впливають на пігментний комплекс вищих водних рослин є сполуки нітрогену. Вищі водні рослини неоднаково реагують на вміст сполук нітрогену в доступній у воді формі, що пов'язано з відмінністю їх поглинання [9]. Відомо, що амоній та нітрати за певних умов – рівноцінні джерела живлення для рослин. Переважне використання рослинами амонію або нітратів залежить від ряду факторів, найважливішими з яких є: біологічні особливості рослини, забезпеченість її вуглеводами, кальцієм, калієм та іншими елементами живлення, в тому числі мікроелементами. При нейтральній реакції нітроген амонійний засвоюється рослинами краще, а при кислій – гірше, ніж нітратний. Поглинання нітрогену амонійного відбувається тоді, коли він є єдиним джерелом нітрогену, а за наявності нітратної форми нітрогену інтенсивніше поглинається  $\text{NO}_3^-$  [6].

У водоймах рекреаційної та урбанізованої територій вміст  $\text{NH}_4^+$  становив 1,814 мг/дм<sup>3</sup> і 2,397 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищувало ГДКрибгосп. (0,5 мг/дм<sup>3</sup>) у 3,6 та 4,8 рази відповідно. У річках аграрної та техногеннотрансформованої територій вміст  $\text{NH}_4^+$  становив 1,223 мг/дм<sup>3</sup> і 0,823 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищувало ГДКрибгосп. у 2,4 та 1,6 рази.

Вміст  $\text{NO}_2^-$  у водоймах рекреаційної та урбанізованої територій складав 0,010 мг/дм<sup>3</sup>. У водоймах аграрної та техногеннотрансформованої територій вміст  $\text{NO}_2^-$  складав 0,020 мг/дм<sup>3</sup> і 0,013 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрація  $\text{NO}_3^-$  у водоймах рекреаційної та урбанізованої територій становила 0,128 мг/дм<sup>3</sup> і 0,111 мг/дм<sup>3</sup>, а у водоймах аграрної та техногеннотрансформованої територій 0,115 мг/дм<sup>3</sup> і 0,213 мг/дм<sup>3</sup>.

Для з'ясування взаємозв'язку вмісту сполук нітрогену та пігментів вищих водних рослин у річках Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження визначили коефіцієнти кореляції (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між вмістом сполук нітрогену та хлорофілів і каротиноїдів

Вищі водні рослини	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_4^+$
	Хла	Хлб	К	Хла	Хлб	К	Хла	Хлб	К
Рекреаційна територія									
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	-0,56	-0,23	-0,32	0,33	-0,17	-0,74	-0,71	-0,85	-0,23
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	0,77	-0,54	-0,84	0,16	0,49	-0,14	-0,38	0,89	-0,50
<i>Typha angustifolia</i> L.	0,17	0,56	0,73	-0,66	-0,31	-0,45	0,65	0,77	0,19
Урбанізована територія									
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	0,42	0,70	0,42	-0,51	-0,21	-0,23	-0,35	-0,91	-0,70
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-0,42	0,74	0,11	-0,46	0,19	-0,89	0,76	-0,76	0,25
<i>Typha angustifolia</i> L.	0,70	-0,45	-0,80	-0,37	-0,61	-0,27	0,68	0,75	0,88
Аграрна територія									
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	0,41	0,24	-0,50	-0,22	-0,97	-0,23	0,63	-0,43	-0,94

продовження таблиці 2									
<i>Lemna minor</i> L.	0,87	0,70	0,58	0,13	-0,46	-0,49	0,77	0,59	0,48
<i>Typha angustifolia</i> L.	0,65	-0,20	-0,27	-0,10	0,70	-0,47	0,71	0,50	-0,75
Техногенно-трансформована територія									
<i>Sagittaria saggitifolia</i> L.	0,91	-0,68	-0,26	-0,60	-0,76	-0,52	0,37	0,31	-0,43
<i>Elodea canadensis</i> Mich.	0,30	-0,63	-0,25	0,92	-0,42	-0,50	0,25	0,43	0,61
<i>Typha angustifolia</i> L.	0,65	0,78	-0,43	-0,43	0,39	-0,23	0,70	-0,63	-0,56

Найвищі коефіцієнти кореляції між вмістом хлорофілу *a* та нітритами виявленні у *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,77$ , РТ), *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,70$ , УТ), *Lemna minor* L. ( $r = 0,87$ , АТ) та *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = 0,91$ , ТТ); між вмістом хлорофілу *a* та нітратами – *Elodea canadensis* Mich. ( $r = 0,92$ , ТТ) та *Typha angustifolia* L. ( $r = -0,66$ , АТ); між вмістом хлорофілу *a* та амонієм – *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,76$ , УТ) та *Lemna minor* L. ( $r = 0,77$ , АТ).

Найвищі коефіцієнти кореляції між вмістом хлорофілу *b* та вмістом нітритів виявлені у *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,78$ , ТТ), *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,74$ , УТ); між вмістом хлорофілу *b* та нітратами – *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = -0,97$ , АТ та  $r = -0,76$ , ТТ); між вмістом хлорофілу *b* та вмістом амонію – *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = -0,91$ , УТ), *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,89$ , РТ), *Potamogeton pectinatus* L. ( $r = -0,85$ , РТ).

Найвищі коефіцієнти кореляції між вмістом каротиноїдів та вмістом нітритів виявлені у *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = -0,84$ , РТ), *Typha angustifolia* L. ( $r = -0,80$ , УТ); вмістом каротиноїдів та вмістом нітратів – *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = -0,89$ , УТ) та *Potamogeton pectinatus* L. ( $r = -0,74$ , РТ); між вмістом каротиноїдів та вмістом амонію – *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,88$ , УТ) та *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = -0,94$ , АТ).

В цілому для досліджених видів вищих водних рослин встановлена як позитивна так і негативна кореляція між вмістом сполук нітрогену та вмістом пігментів.

### Висновки

Вміст пігментів у вищих водних рослин визначається їх видовими адаптаціями до умов зростання та змінюється залежно від ступеня дії різних екологічних факторів. Найвищий вміст хлорофілів виявлено у плаваючого гідрофіта – *Lemna minor* L. на аграрній території та занурених гідрофітів – *Ceratophyllum demersum* L. на урбанізованій території і *Potamogeton perfoliatus* L. на рекреаційній території. Найнижчий вміст каротиноїдів виявлено у *Typha angustifolia* L. на урбанізованій території.

Формування пігментного комплексу вищих водних рослин значною мірою залежить від вмісту сполук нітрогену у воді. Зокрема, найвищі позитивні кореляції між вмістом нітритів і нітратів та вмістом хлорофілу *a* виявлені у *Lemna minor* L. ( $r = 0,87$ , АТ), *Elodea canadensis* Mich. ( $r = 0,92$ , ТТ) та *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = 0,91$ , ТТ); між вмістом нітритів і нітратів та вмістом хлорофілу *b* – у *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,78$ , ТТ) та *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,74$ , УТ); між вмістом амонію та вмістом хлорофілу *a* – у *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,76$ , УТ) та *Lemna minor* L. ( $r = 0,77$ , АТ); між вмістом амонію та вмістом хлорофілу *b* – у *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,75$ , УТ), *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,89$ , РТ) та *Lemna minor* L. ( $r = 0,59$ , АТ).

Абсолютні значення вмісту пігментів – параметри, що можуть значно змінюватися залежно від умов зростання, виду вищих водних рослин та впливу антропогенного навантаження. Дослідження процесів функціонування фотосинтетичного апарату вищих водних рослин у природних умовах можна розглядати з точки зору біоіндикації забруднення водного середовища сполуками нітрогену.

1. Андрианова Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. — М.: Наука, 2000. — 135 с.
2. Бабич А. О. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами / А. О. Бабич, В. Ф. Петриченко, Ф. Ф. Адамець // Вісник аграрної науки. — 1996. — №2. — С. 34—39.
3. Большакова М. О. Поглинання аміаку вищими водними рослинами та його екологічне значення / М. О. Большакова, В. В. Грубінко // Екологія, охорона природи, екологічна освіта і виховання. — Чернігів, 1996. — С. 47—59.
4. Гусев М. В. Пигменты синезеленых водорослей / М. В. Гусев // Биология синезеленых водорослей. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. — С. 88—109.
5. Кияк Н. Фотосинтетична активність мохів на девастрованих територіях видобутку сірки / Н. Кияк // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2013. Випуск 62. — С. 170—179.
6. Макрушин М. М. Фізіологія рослин / М. М. Макрушин, С. М. Макрушина, Н. В. Петерсон, М. М. Мельников. — Вінниця : Нова Книга, 2006. — 416 с.
7. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — Київ : ЛОГОС, 2006. — 408 с.
8. Мокроносов А. Г. Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты / А. Г. Мокроносов, В. Ф. Гавриленко. — М., 1992. — 320 с.
9. Мусиенко Н. Н. Биотестирование природных вод с использованием высших водных растений / Н. Н. Мусиенко, Н. Н. Смирнова, О. П. Ольхович // Доповіді Національної академії наук України. — 1995. — № 9. — С. 113—117.
10. Ничипорович А. О. Фотосинтез и рост в эволюции растений и в их продуктивности / А. О. Ничипорович // Физиология растений. — 1980. — Т. 27, Вып. 5. — С. 917—941.
11. Новиков Ю. В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю. В. Новиков, К. О. Ласточкина, З. Н. Болдина. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
12. Определение содержания хлорофилла в планктоне пресных водоемов (Методические рекомендации) / [сост. Л. А. Сиренко, А. В. Курейшевич]. — Київ : Наукова думка, 1982. — 52 с.
13. Суходольська І. Л. Сезонна динаміка вмісту сполук нітрогену у водних екосистемах малих річок Рівненщини / І. Л. Суходольська, І. Б. Грюк, В. В. Грубінко // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2014. — №1 (58). — С. 61—71.
14. Таврический И. А. Хлорофилл и продуктивность растений / И. А. Таврический, Ю. Е. Андрианова. — М.: Наука, 2000. — 135 с.
15. Таран Н. Ю. Адаптаційні зміни ліпідних компонентів мембран хлоропластів за умов дії на рослини факторів довкілля / Н. Ю. Таран // Укр. біохім. журн. — 2000. — Т. 72, № 1. — С. 17—27.
16. Таран Н. Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин за умов посухи / Н. Ю. Таран // Фізіологія і біохімія культ. рослин. — 1999, 31(6). — С. 414—422.
17. Чибисова Н. В. Практикум по экологической химии: учебное пособие / Н. В. Чибисова. — Калининград, 1999. — 94 с.
18. Шадчина Т. М. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. / Т. М. Шадчина, Б. І. Гуляев, Д. А. Кірізіїв та ін. — К.: Фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.
19. Eggink L. L. The role of chlorophyll b in photosynthesis: hypothesis / L. L. Eggink, H. Park, Y. K. Hooper // BMC Plant Biol. — 2001. — Vol. 1. — P. 11—17.
20. Hu L. Moderate ammonium: nitrate alleviates low light intensity stress in mini Chinese cabbage seedling by regulating root architecture and photosynthesis / L. Hu, J. Yu, W. Liao, J. Zhang, G. Xie, J. Lv, R. Bu // Scientia Horticulturae. — 2015. — Vol. 186. — P. 143—153.
21. Kenneth J. H. Chlorophylls, ligands and assembly of light-harvesting complexes in chloroplasts / Kenneth J. H., Eggink L., Chen M. // Photosynth. Res. — 2007. — 94. — P. 387—400.
22. Kreuz K. Old enzymes for a new job / K. Kreuz, R. Tommasins, E. Martinoa // Plant Physiol. — 1996. — III. — P. 349—353.
23. Scheer H. Chlorophylls and carotenoids in: Encyclopedia of Biological Chemistry / H. Scheer. — 2004. — P. 430—437.
24. Yamazaki J. Y. Is light quality involved in the regulation of the photosynthetic apparatus in attached rice leaves? / J. Y. Yamazaki, Y. Kamimura, K. Nakayama [et al.] // Photosynth. Res. — 2010. — Vol. 105, №1. — P. 63—71.
25. Zhang R. H. Effects of shading light quality at seedling stage on the photosynthesis and growth of ginger / R. H. Zhang, K. Xu // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2008. — Vol. 19, №3. — P. 499—504.

И. Л. Суходольская, В. В. Грубинко

Ровенский государственный гуманитарный университет

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ПИГМЕНТОВ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В РЕКАХ РОВЕНЩИНЫ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Проанализированы содержание соединений азота и пигментов высших водных растений в реках Ровенской области с различным уровнем антропогенной нагрузки. Установлено превышение предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию  $\text{NH}_4^+$  в воде. Выявлено, что содержание хлорофилла *a* в биомассе высших водных растений имеет более высокие значения, чем хлорофилла *b*. Наибольшее содержание хлорофиллов *a* и *b* и суммарное содержание хлорофиллов, а также каротиноидов обнаружено в плавающего гидрофита – *Lemna minor* L. в реке аграрной территории и погруженного гидрофита – *Ceratophyllum demersum* L. в реке урбанизированной территории. Максимальное содержание каротиноидов обнаружено в *Ceratophyllum demersum* L. в реке урбанизированной территории, *Lemna minor* L. в реке аграрной территории и *Potamogeton pectinatus* L. в реке рекреационной территории, а минимальное в *Typha angustifolia* L. в реке урбанизированной территории. Установлена взаимосвязь между содержанием соединений азота и пигментами высших водных растений в условиях антропогенной нагрузки. Самые высокие положительные корреляции между содержанием соединений азота и концентрацией пигментов обнаружено в *Lemna minor* L. ( $r = 0,87$ ), *Elodea canadensis* Mich. ( $R = 0,92$ ) и *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = 0,91$ ), *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,89$ ), *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,78$ ) и *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,74$ ).

Ключевые слова: высшие водные растения, хлорофилл, каротиноиды, антропогенное воздействие, соединения азота

I. L. Sukhodolska, V. V. Grubinko

Rivne State University of Humanities, Ukraine

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

CONTENT INTERRELATION OF THE NITROGEN ENTITIES AND PIGMENTS OF HIGHER WATER PLANTS IN RIVNE REGIONAL RIVERS WITH DIFFERENT LEVEL OF THE ANTHROPOGENIC EFFECT

The study presents the results about the content of the nitrogen entities and pigments of higher water plants in Rivne regional rivers with different level of anthropogenic effect. The elements of mineral nutrition have a significant influence on the content of photosynthetic pigments and the intensity of photosynthesis. The nitrogen and its entities ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) are identified as the most important ones. The nitrogen is a constituent of the chlorophyll composition and takes a direct part in photosynthesis. The author states the exceedance of the maximum concentration limits for fishery waters according to  $\text{NH}_4^+$  content in researched rivers and identifies that in higher water plants' biomass chlorophyll *a* content has higher characteristics than chlorophyll *b* one. The essential difference between pigments' content is noticed in aero-water plant *Typha angustifolia* L. in the river of urban territory. In particular in *Typha angustifolia* L. chlorophyll *b* content is less than chlorophyll *a* content by 5, 7 times, and in plants selected from other territories it is less by 2, 8 times. The author demonstrates that floating hydrophil *Lemna minor* L. has the highest carotenoids' and chlorophylls' *a*, *b* content in the river of agrarian territory and the same thing deals with waterlogged hydrophil *Ceratophyllum demersum* L. in the river of urban territory. In researched plants the total chlorophyll (*a+b*) content is within the range of 12, 21 – 40, 60 mcg/mg of dry basis. According to this indicator the plants are ordered in such way: recreational territory – *Potamogeton perfoliatus* L. > *Potamogeton pectinatus* L. > *Typha angustifolia* L.; urban territory – *Ceratophyllum demersum* L. > *Sagittaria saggitifolia* L. > *Typha angustifolia* L.; agrarian territory – *Lemna minor* L. > *Typha angustifolia* L. > *Sagittaria saggitifolia* L.; technology-related and transformed territory – *Elodea canadensis* Mich. > *Typha angustifolia* L. > *Sagittaria saggitifolia* L.

The author highlights that chlorophylls content changes and quantitative carotinods' changes should be noted during the general evaluation of the level of anthropogenic effect influence on changes of pigment plants' fund. The maximum carotinoids' content is revealed in *Ceratophyllum demersum* L. in the river of urban territory, *Lemna minor* L. in the river of agrarian territory, *Potamogeton pectinatus* L. in the river of recreational territory, and the minimum one in *Typha angustifolia* L. in the river of urban territory.

The content interrelation of the nitrogen entities and pigments of higher water plants is identified under the conditions of anthropogenic effect. The highest positive correlations between the nitrogen entities content and pigments' concentration were found out in *Lemna minor* L. ( $r = 0,87$ ), *Elodea canadensis* Mich. ( $r = 0,92$ ) та *Sagittaria saggitifolia* L. ( $r = 0,91$ ), *Potamogeton perfoliatus* L. ( $r = 0,89$ ), *Typha angustifolia* L. ( $r = 0,78$ ), and *Ceratophyllum demersum* L. ( $r = 0,74$ ).

Pigments content has significant changes depending on the growing conditions, higher water plants' species and the influence of anthropogenic effect.

*Key words: higher water plants, chlorophyll, carotinoid, anthropogenic effect, the nitrogen entities*

Рекомендує до друку  
В. З. Курант

Надійшла 07.03.2018

УДК: 613.16:595.7:502.172:502.211(477.84-751.3)

<sup>1</sup>Л. Я. ФЕДОНЮК, <sup>1</sup>Л. Б. ФУРКА, <sup>1</sup>О. М. ЯРЕМА, <sup>2</sup>Я. І. КАПЕЛЮХ,  
<sup>2</sup>І. І. БУГАЛЬСЬКА

<sup>1</sup>ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
вул. Ю. Словацького, 2, Тернопіль, 46001

<sup>2</sup>Природний заповідник "Медобори"

вул. Міцкевича, 21, смт. Гримаїлів, Гусятинський район, Тернопільська область, 48210

## **ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ЗМІНУ ЧИСЕЛЬНОСТІ КОМАХ, ЗАНЕСЕНИХ ДО ЧЕРВОНОЇ КНИГИ УКРАЇНИ. ТВАРИННИЙ СВІТ У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МЕДОБОРИ»**

В роботі вперше досліджено динаміку чисельності окремих червонокнижних видів комах на території заповідника «Медобори» залежно від кліматичних умов впродовж 2005-2015 років. Облік і спостереження проводились за представниками ряду Лускокрилі, а саме Сатурнією великою (*Saturnia pyri*), Махаоном (*Papilio machaon*), Райдужницею великою (*Apatura iris*) та Подалірієм (*Iphiclides podalirius*), застосовуючи маршрутний метод польових досліджень на контрольних ділянках перебування червонокнижних комах. За час досліджень обліковано 212 особин.

Аналіз показників кліматограми середньорічних температур та опадів, вказує на залежність росту й спадання чисельності комах від кліматичних умов навколишнього середовища, що складались впродовж 10 років на території заповідника «Медобори».

Високі середньорічні показники температури повітря створюють оптимальні умови для існування *Papilio machaon* та *Apatura iris*, при чому *Papilio machaon* потребує більшої вологості на відміну від *Apatura iris*, якій необхідно невелика кількість опадів. Низькі середньорічні показники температури повітря створюють оптимальні умови для існування *Iphiclides podalirius* та *Saturnia pyri*. Велика кількість опадів є сприятливою умовою для існування *Iphiclides podalirius* на відміну від *Saturnia pyri*, якій для існування необхідна незначна кількість опадів.