

УДК.574.5/57.044

О. П. Ольхович, Н. Ю. Таран, Н. Б. Светлова,  
Л. М. Бацманова, М. В. Алексієнко, М. С. Коваленко

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ *PISTIA STRATIOTES* (ARACEAE) НА ЗАНУРЕНІ МАКРОФІТИ ПРИРОДНИХ ВОДОЙМ УКРАЇНИ<sup>1</sup>**

Досліджено вплив нового для України інвазійного виду *Pistia stratiotes* на занурені макрофіти, типові для природних водойм. Встановлено негативний вплив *Pistia stratiotes* за 50% площі покриття поверхні води на *Vallisneria spiralis* та *Ceratophyllum demersum* і позитивний — на *Elodea canadensis*. Показано, що *P. stratiotes* становить реальну загрозу для існування занурених макрофітів, чутливих до світла, вмісту у воді кисню та рівня рН, обмежуючи їхній розвиток через затінення і створення механічного бар'єру, який заважає збагаченню води киснем за рахунок атмосферної аерації.

**Ключові слова:** *Pistia stratiotes*, *Vallisneria spiralis*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, інвазії, пігменти, вміст кисню.

У результаті формування потужних засобів міжконтинентальних зв'язків антропогенно індуковані інвазії набули глобального характеру і виступають серйозною екологічною проблемою [1, 18, 22—25]. За оцінкою Конвенції з біологічного різноманіття інвазії неаборигенних організмів є другою за значенням загрозою для біорізноманіття на світовому рівні, після безпосереднього знищення місць існування. Вивченню інвазійних видів, механізмів їх вторгнення і міграціям приділяється велика увага практично в усіх країнах [18, 20, 24]. Значення цих досліджень посилюється у зв'язку з реалізацією Глобальної програми по інвазійних видах [21].

Проблема інвазій чужорідних видів рослин до природних водойм України в останні 50 років стала однією з ключових у дослідженнях водних екосистем [10, 11, 14], оскільки вони часто призводять до суттєвих втрат біологічного різноманіття та економічної значущості водних екосистем. Прискорення проникнення інвазійних водних макрофітів на територію України, яке пов'язують зі змінами клімату і підвищенням зимової темпера-

<sup>1</sup> Робота виконана за фінансової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (договір № Ф 64/26-2015 від 21 жовтня 2015 року, державний реєстраційний номер 0115U001983).

© О. П. Ольхович, Н. Ю. Таран, Н. Б. Светлова, Л. М. Бацманова,  
М. В. Алексієнко, М. С. Коваленко, 2017

тури, уже зараз є реальною екологічною загрозою для гідросистем у деяких регіонах України. Серйозною проблемою стало випадкове потрапляння до природних водойм і швидке поширення *Pistia stratiotes*. В Україні вид було вперше відмічено у Київській області у 2010—2013 рр. [9, 11, 17]. У 2012 р. цю рослину було виявлено у водоймах Харківської області, звідки вона потрапила у р. Сіверський Донець, де вже у 2013 р. спостерігали її масовий розвиток [7].

Проблема поширення інвазійних видів у природних водоймах України потребує досконалого вивчення і оцінки їх впливу на життєздатність і продуктивність аборигенних. Тому метою нашої роботи було з'ясування впливу інвазійного виду *Pistia stratiotes* на функціонування гідатофітів, що є типовими представниками природних вод України.

**Матеріал і методика досліджень.** Об'єктами досліджень були інвазійний плейстофіт *Pistia stratiotes* L. (пістія тілорізоподібна) і три види гідатофітів, типові для природних водойм України: *Elodea canadensis* Michx. (елодея канадська), *Vallisneria spiralis* L. (валіснерія спіральна) і *Ceratophyllum demersum* L. (кушир занурений). Варто відзначити, що *E. canadensis* і *V. spiralis* є попередньо занесеними видами, які походять з Північної Америки, але на сьогодні натуралізувалися і поширилися у природних водоймах України, *E. canadensis* зустрічається повсюди, а *V. spiralis* — у гирлі Дунаю та Дніпра [10].

Культури водних рослин вирощували в аквакомплексі ННЦ «Інститут біології» в акваріумах об'ємом 40—60 л на відстояній водогінній воді. Під час дослідів рослини *E. canadensis*, *V. spiralis* і *C. demersum*, подібні за зовнішнім виглядом, приблизно однакового розміру та без видимих пошкоджень вміщували у спеціальні закриті з усіх боків чорною плівкою акваріуми об'ємом 3 л, заповнені відстояною водогінною водою, і експонували впродовж 14 діб за оптимальних умов освітлення (5 000 лк), температури води (18—20°C), рН (8,0) і мінералізації (237 мг/л).

За схемою дослідів до акваріумів були внесені рослини *Pistia stratiotes*. Варіанти дослідів були наступними: I, або контроль — без *P. stratiotes*, II — 25% площі поверхні води акваріуму було вкрито *P. stratiotes*, і III — 50% площі поверхні було вкрито *P. stratiotes*.

Вимірювання вмісту пігментів у дослідних рослин, концентрації кисню у воді, рН і мінералізації проводили на 1-шу, 7-му та 14-ту добу. Вміст пігментів визначали спектрофотометричним методом [5] на спектрофотометрі «ShimadzuUV-1800» за довжини хвилі 440, 644 і 662 нм та розраховували на 1 г сухої маси. Вміст кисню вимірювали за допомогою мікропроцесорного портативного оксиметра Наппа НІ 9146 (Німеччина), рН — рН-метра РН-107 (LH-P055) (Китай), мінералізацію — TDS-2 (Гонконг).

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою програми Microsoft Office Excel. Вони вважалися достовірними (з урахуванням *t*-критерію Стьюдента) за рівня значущості  $p \leq 0,05$ . Кількість повторів та аналітичних вимірів у досліді була не менше трьох.

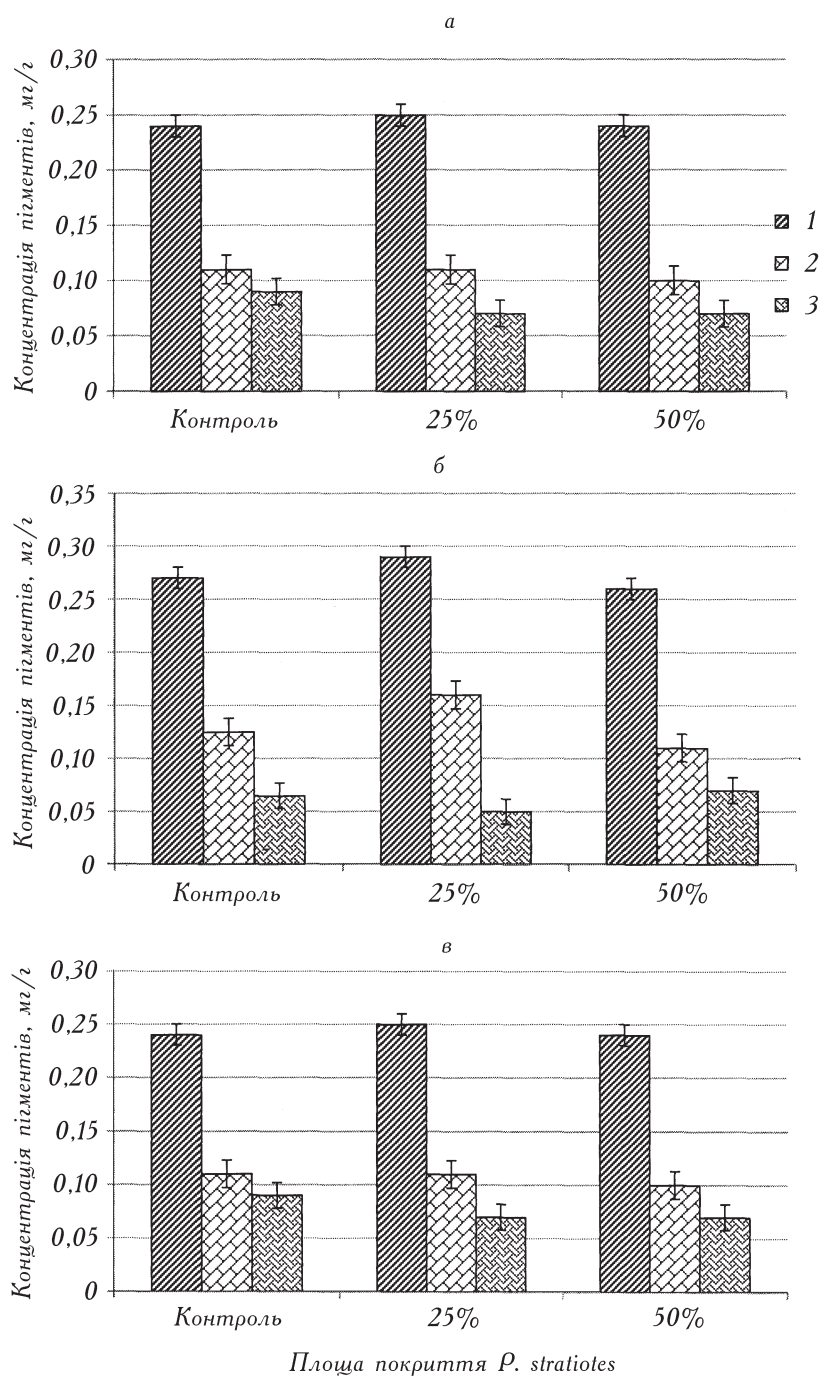
### Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що у вищих водних рослин основну функцію фотоасиміляції виконують хлорофіли та каротиноїди. Вміст хлорофілу є інтегральним показником фізіологічного стану рослини та характеризує її продуктивність. Листки водних рослин, фотосинтез яких здійснюється за оптимальних умов, містять більшу кількість хлорофілу *a*, ніж хлорофілу *b* (тобто відношення цих пігментів за сприятливих умов має бути більше 1,0).

На 7-му добу вміст хлорофілів у *V. spiralis*, *C. demersum* і *E. canadensis* в обох експериментальних варіантах достовірно не змінився (рис. 1). У всіх рослин переважав хлорофіл *a*, співвідношення  $chl\ a/chl\ b$  було більше 2,0, що відповідає нормальному стану пігментного апарату і оптимальному функціонуванню. На 14-ту добу за впливу *P. stratiotes* у варіантах II і III вміст  $chl\ a$  у *V. spiralis* знизився відповідно у 6,0 і 2,5 рази порівняно з контролем. У *C. demersum* у варіанті II вміст  $chl\ a$  залишився на рівні контролю, а у варіанті III — знизився на 56%. У *E. canadensis* у варіантах II і III вміст  $chl\ a$ , навпаки, збільшився відповідно на 36 і 14% (рис. 2). На 14-ту добу вміст  $chl\ b$  у *V. spiralis* у варіанті II знизився майже утричі, а у варіанті III не змінився, у *C. demersum* у варіанті II практично не змінився, а у варіанті III знизився більш як удвічі, у *E. canadensis* у варіанті II знизився у півтора рази, а у варіанті III — зріс на 21% (рис. 2).

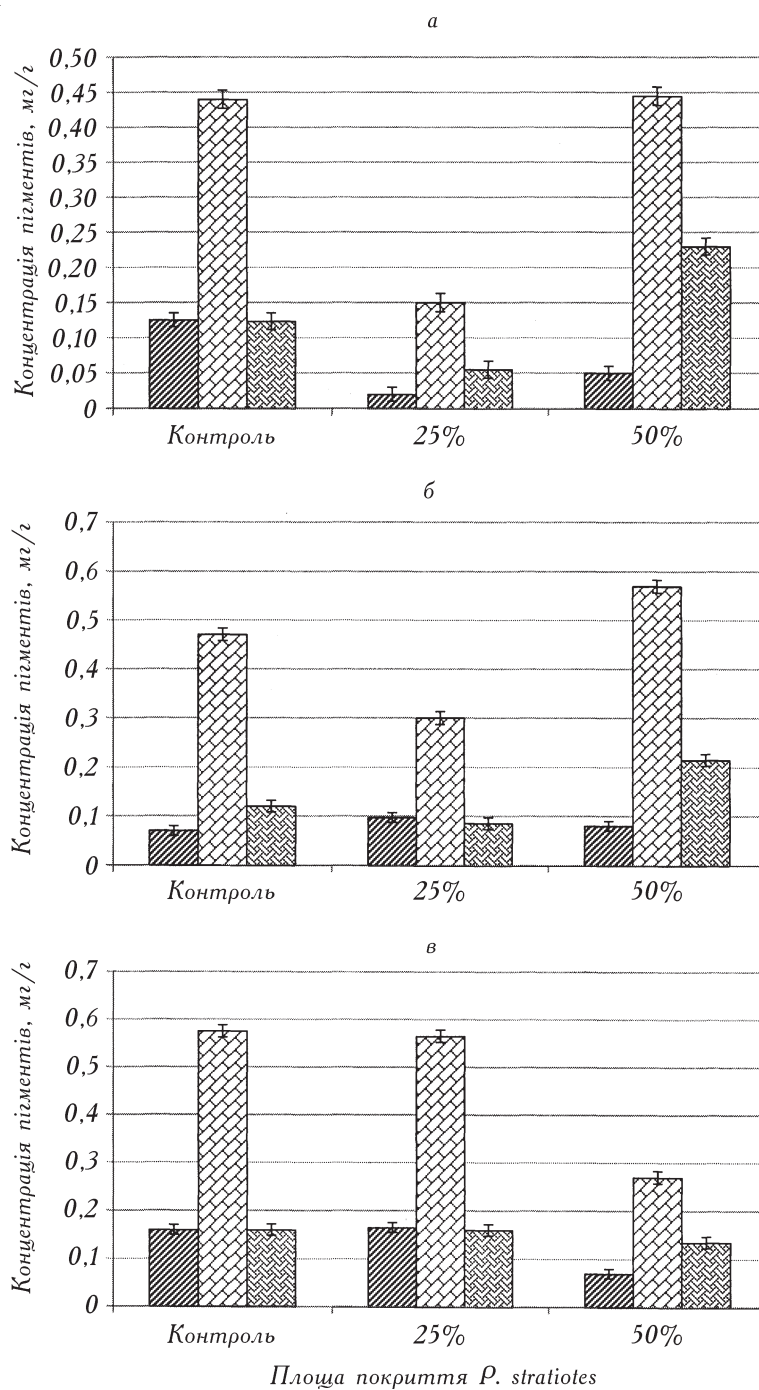
Відомо [8], що гідатофіти мають вищий вміст каротиноїдів, ніж наземні рослини, що є однією з адаптивних реакцій, яка забезпечує повніше поглинання короткохвильової частини розсіяної у водній товщі променистої енергії. Зважаючи на це ми визначили загальний вміст каротиноїдів у досліджених рослин. На 7-му добу цей показник у *C. demersum* і *V. spiralis* в обох варіантах знизився однаково — на 22%, у *E. canadensis* у варіанті II знизився на 23%, а у варіанті III — зріс на 8% (див. рис. 1). Зниження вмісту вже на 7-му добу експерименту вказує на послаблення їх захисних функцій. Це може призвести до небажаних наслідків у разі тривалої дії, оскільки відомо, що каротиноїди, поглинаючи світло у короткохвильовій високоенергетичній частині спектра, виконують захисну функцію як хімічні буфери у реакціях фотосинтезу. Можливий механізм цього захисту полягає у тому, що каротиноїди здатні реагувати зі збудженою молекулою хлорофілу, забираючи від неї енергію. Енергія фотозбудженої молекули хлорофілу переходить до каротиноїду, хлорофіл набуває нормального енергетичного стану, а енергія виділяється у вигляді тепла. Завдяки цьому каротиноїди оберігають хлорофіл та інші біологічно активні сполуки від фотоокиснення [12].

На 14-ту добу експерименту вміст каротиноїдів у *C. demersum* в обох варіантах майже не змінився порівняно з контролем, тоді як у *E. canadensis* і *V. spiralis* у варіанті III збільшився відповідно удвічі і утричі, а у варіанті II — дещо знизився. Таким чином, за 50% покриття поверхні води *P. stratiotes* у *V. spiralis* і *E. canadensis* спостерігалась захисна дія каротиноїдів, а за 25% покриття захисні механізми пулу каротиноїдів задіяні не були. Ймовірно, що цього впливу було недостатньо для включення репараційних механізмів, тому його можна вважати не загрозливим для досліджених видів.



1. Вміст пігментів у *Vallisneria spiralis* (а), *Elodea canadensis* (б) і *Ceratophyllum demersum* (в) на 7-му добу за впливу *Pistia stratiotes*. Тут і на рис. 2: 1 — хлорофіл а; 2 — хлорофіл b; 3 — каротиноїди.

Відомо, що *C. demersum* є невибагливим до освітлення і може рости як на сонці, так і в тіні, але яскравого сонячного світла «не любить» і прагне «піти»



2. Вміст пігментів у *Vallisneria spiralis* (а), *Elodea canadensis* (б) і *Ceratophyllum demersum* (в) на 14-ту добу за впливу *Pistia stratiotes*.

на глибину або у тінь дерев, що ростуть на березі [10]. Ймовірно, на цю рослину впливає не лише затінення, яке спричинюють розетки *P. stratiotes*, а й виснаження ресурсів живлення і її кореневі виділення. Відомо, що у природних умовах *C. demersum* часто витісняє з водойм інші види рослин, а отже є стійким, його чутливість до впливу *P. stratiotes* викликає занепокоєння, оскільки підводні зарості *C. demersum* відіграють важливу роль в житті водойм, особливо невеликих. Вони очищують воду і насичують її киснем, слугують притулком для молоді риб і дрібних безхребетних, ним харчуються деякі риби і молюски [10]. Отже випадіння *C. demersum* із складу фітоценозів природних водойм буде мати негативний вплив на водні екосистеми та якість води у цілому.

У той же час не відмічено негативних змін у вмісті пігментів у *E. canadensis*, який або залишався на рівні контролю, або збільшувався, тобто вплив *P. stratiotes* на цю рослину був позитивним. Це викликає певне занепокоєння, оскільки свідчить про можливу зміну видового складу фітоценозу на користь *E. canadensis*, а отже її подальше поширення територією України, що не можна вважати позитивним. Цілоком можлива конкуренція *P. stratiotes* і *E. canadensis* за ресурси живлення.

Кисень є одним з найважливіших розчинених газів, постійно присутніх у поверхневих водах, режим якого значною мірою визначає хіміко-біологічний стан водойми і враховується у всіх існуючих системах моніторингу. Низький вміст кисню як у поверхневому, так і придонному шарах води є природним «симптомом» незадовільного стану водойми [3, 19]. Зазвичай вміст розчиненого у воді кисню знаходиться у межах 0—14 мг/дм<sup>3</sup> [4]. Цей показник схильний до значних сезонних і добових змін, які залежать від співвідношення інтенсивності процесів його продукування та споживання, і може досягати 25 мг/дм<sup>3</sup> [2]. Концентрація розчиненого у воді кисню влітку біля заростей *Ceratophyllum*, *Stratiotes*, *Vallisneria*, *Elodea*, *Miriophyllum* та інших рослин може досягати 10—12 мг/дм<sup>3</sup>, у той час, як на чистоводді лише 6—7 мг/дм<sup>3</sup>. Напівзанурені рослини виділяють кисень листками, коренями і стеблами, впливаючи тим самим на формування газового режиму глибших шарів води [6]. Вміст кисню у водних об'єктах рибогосподарського призначення не повинен бути нижчим за 4,0 мг/дм<sup>3</sup> у зимовий період і 6,0 мг/дм<sup>3</sup> — у літній [13].

У контрольному варіанті, у якому нормально росли три види дослідних рослин, на 7-му добу вміст кисню збільшився на 26% відносно початкових умов, у той же час у експериментальних варіантах II і III він зріс на відповідно на 14 і 16%, а на 14-ту добу — знизився відповідно на 8 і 29%. Слід зазначити, що вміст кисню у воді на рівні 4,38 мг/дм<sup>3</sup> не є критичним для водних організмів, насамперед риб [15], але його різке зниження (на 29% за 14 діб) є передумовою порушення газового режиму водойми, а відтак і її гомеостазу і, ймовірно, зникнення чутливих до вмісту кисню видів, як наслідок — зміни домінантних видів та видів-едифікаторів.

Відомо, що рівень мінералізації води є важливим показником стану водойми та можливості існування в ній певних видів гідробіонтів. У прісних водах мінералізація на 90—95 % формується за рахунок основних іонів: аніонів



**1. Вміст кисню у воді (мг/дм<sup>3</sup>) залежно від площі покриття *P. stratiotes***

Доба	Варіанти дослідю		
	I — Контроль	II — 25% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>	III — 50% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>
1-ша	4,10 ± 0,01	3,54 ± 0,01	3,13 ± 0,02
7-ма	5,17 ± 0,04	4,02 ± 0,01	3,62 ± 0,05
14-та	6,13 ± 0,03	5,64 ± 0,01	4,38 ± 0,04

**2. Мінералізація (мг/дм<sup>3</sup>) води залежно від площі покриття *P. stratiotes***

Доба	Варіанти дослідю		
	I — Контроль	II — 25% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>	III — 50% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>
1-ша	237 ± 2,0	239 ± 4,2	243 ± 2,7
7-ма	256 ± 6,1	260 ± 7,8	250 ± 5,3
14-та	287 ± 7,5	282 ± 3,1	276 ± 4,1

— гідрокарбонатів, сульфатів, хлоридів і катіонів — кальцію, магнію, натрію, калію [15].

Мінералізація води в акваріумах у контрольному варіанті зростала за 14 діб експерименту 21%, а за впливу *P. stratiotes* у варіантах II і III — відповідно на 18 і 14%, тобто була на 3—7% нижчою, ніж у контролі (табл. 2). Це може вказувати на інтенсивне поглинання мінеральних елементів інвазивним видом, який характеризується високим ростовим потенціалом. Ймовірно, такі види, як *P. stratiotes*, що мають високий інвазивний потенціал і відзначаються широкою екологічною амплітудою, стрес-толерантністю і швидкістю розмноження можуть використовувати ресурси нового середовища, які недоступні місцевим, та істотно впливати на гомеостаз екосистеми.

Активна реакція середовища впливає живлення і ріст гідробіонтів, а також на інтенсивність газообміну. У природних водоймах вона суттєво залежить від їх заселеності рослинними організмами та інтенсивності фотосинтезу, для неї характерні коливання впродовж доби, особливо помітні у водоймах зі значною біомасою рослин [8]. Занурені рослини більше залежать від рН, складу та концентрації газів, хімічного складу води, ніж рослини з вільно плаваючими та надводними листками [8].

У всіх варіантах значення рН впродовж дослідю збільшилось з 8,3 до 8,8, тобто мало місце слабке підлужнювання середовища (табл. 3). Такі зміни рН не спричиняють суттєвих негативних змін у водоймі, але можуть призвести до заміни одних видів рослин на інші, більш стійкі до підвищеного рівня рН.

Таким чином, результати досліджень вказують на те, що розширення ареалу і прискорення інвазії *P. stratiotes* на території України, які спостерігаються в останні роки [7], є негативним явищем. Надмірне розмноження

### 3. Активна реакція води за впливу *P. stratiotes*

Доба	Варіанти досліду		
	I — Контроль	II — 25% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>	III — 50% покриття площі поверхні <i>P. stratiotes</i>
1-ша	8,3 ± 0,04	8,4 ± 0,5	8,3 ± 0,02
7-ма	8,5 ± 0,01	8,8 ± 0,03	8,7 ± 0,01
14-та	8,8 ± 0,01	8,7 ± 0,02	8,6 ± 0,02

*P. stratiotes* та утворення суцільного покриву на поверхні водойми призводить до погіршення газообміну і зниження концентрації кисню у воді, зниження температури, зменшення надходження світла в товщу води, зміни рН та мінералізації середовища і пов'язану з цим заміну чутливих до цих чинників видів занурених водних рослин іншими, більш стійкими. Стрімке поширення *P. stratiotes* у водоймах України може призвести до виникнення як екологічних проблем, пов'язаних із спрощенням видового різноманіття водних екосистем, насамперед занурених рослин та пов'язаних з ними інших видів, так і економічних, пов'язаних з використанням природних водних ресурсів.

#### Висновки

Встановлено негативний вплив *P. stratiotes* на *V. spiralis* і *C. demersum* і позитивний — на *E. canadensis*. *P. stratiotes* здатна витіснити чутливі до світла, вмісту у воді кисню та рН занурені види, обмежуючи їхній розвиток через затінення і створення механічного бар'єру для надходження кисню у водну товщу.

Вплив *P. stratiotes* на якість води проявляється у змінах кисневого режиму, мінералізації та рН середовища. На 14-ту добу при 25%-му покритті площі поверхні води *P. stratiotes* вміст кисню знизився на 8%, а при 50% — на 29%. Зменшення мінералізації води може бути наслідком інтенсивного поглинання мінеральних елементів інвазивним видом. Збільшення рН середовища з 8,3 до 8,7 може негативно вплинути на життєздатність чутливих до рН водних макрофітів, насамперед занурених.

Не впливаючи негативно на стійкі види, насамперед ті, що вже раніше колонізували водойми України (*E. canadensis*), *P. stratiotes* сприятиме їх росту і подальшому поширенню на нові території. Можна також очікувати конкуренції *P. stratiotes* з іншими чужорідними видами, які раніше поширилися та натуралізувалися на території України.

Навіть за 50% площі покриття поверхні води *P. stratiotes* становить реальну загрозу існуванню занурених видів, що є типовими представниками природних водойм. Негативним наслідком появи та поширення *P. stratiotes* серед рослинних угруповань у природних водоймах України буде порушення сформованої рівноваги в екосистемах, внаслідок пригнічення аборигенних видів, спрощення видової структури фітоугруповань, і, як найгірший варіант, заміни аборигенних видів інвазивними.



\*\*

Исследовано влияние нового для Украины инвазивного вида *Pistia stratiotes* на погруженные макрофиты, типичные для природных водоемов. Установлено негативное влияние *Pistia stratiotes* при 50% площади покрытия поверхности на *Vallisneria spiralis* и *Ceratophyllum demersum*, при котором наблюдалось снижение содержания фотосинтетических пигментов, и положительный — на *Elodea canadensis*. *P. stratiotes* представляет реальную угрозу для существования чувствительных к свету, содержанию в воде кислорода и уровня pH погруженных видов, ограничивая их развитие вследствие затенения и создания механического барьера, препятствующего поступлению кислорода в воду.

\*\*

The influence of the new for Ukraine invasive species *Pistia stratiotes* on submerged macrophytes, typical for natural water bodies, was studied. Negative impact of *Pistia stratiotes* (photosynthetic pigment reduction) on *Vallisneria spiralis* and *Ceratophyllum demersum* and positive effect on *Elodea canadensis* was established. *P. stratiotes* poses a real threat to the existence of sensitive to light, oxygen content in water and the pH submerged species, limiting their development by shading and creating mechanical barrier to the oxygen.

\*\*

1. Абдулоева О.С., Карпенко Н.И., Сенчило О.О. Обгрунтування «чорного списку» загрозливих для біорізноманіття інвазійних видів рослин України // Вісн. Київськ. нац. ун-ту. Сер. Біологія. — 2008. — Вип. 52—53. — С. 106—107.
2. Абрамова Л.И. Биоиндикация: состояния и перспективы // Сенсор. — 2005. — № 3. — С. 6—9.
3. Безматерных Д.М. Водные экосистемы: состав, структура, функционирование, и использование: учебное пособие. — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. — 97 с.
4. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. — Л.: Химия, 1985. — 348 с.
5. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хангобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. — М.: Высш. Шк., 1975. — 392 с.
6. Ипатова В.И., Дмитриева А.Г. Использование высших водных растений в диагностике токсичности тяжелых металлов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. — СПб, 2006. — С. 63—64.
7. Казарінова Г.О., Гамуля Ю.Г., Громакова А.Б. Масовий розвиток *Pistia stratiotes* (Araceae) в р. Сіверський Донець (Харківська область) // Укр. бот. журн. — 2014. — Т. 71, № 1. — С. 17—21.
8. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. — Киев: Наук. думка, 1988. — 188 с.
9. Лушна В.І. Водяний латук (*Pistia stratiotes* L.) у Голосіївському ставку м. Києва // Наук. Вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування. — 2009. — Вип. 134, Ч. 1. — С.147—152.

10. *Макрофиты* — индикаторы изменений природной среды / Под ред. Д. В. Дубыны, С. Гейны, З. Гроудовой и др.— Киев: Наук. думка, 1993. — 434 с.
11. *Мосякін А.С., Казарінова Г.О.* Моделювання інвазійного поширення *Pistia stratiotes* (Araceae) на основі ГІС-аналізу кліматичних факторів // Укр. ботан. журн. — 2014. — Т. 71, № 5. — С.549—557.
12. *Мусієнко М.М.* Фізіологія рослин. — К.: Либідь, 2005. — 808 с.
13. *Никаноров А.М.* Справочник по гидрохимии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 390 с.
14. *Протопопова В.В., Шевера М.В., Григорак М.Ю.* Еколого-економічні та логістичні аспекти фітозабруднення в Україні // Регіональні перспективи. — 2002. — № 2. — С. 19—21.
15. *Сніжко С.І.* Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: Ніка-Центр, 2001. — 264 с.
16. *Титов А.Ф.* Устойчивость растений к тяжелым металлам. — Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 2007. — 172 с.
17. *Чорна Г.А.* Флора водойм і боліт Лісостепу України. Судинні рослини. — К.: Фітосоціоцентр, 2006. — 184 с.
18. *Шутова И.Ю.* Инвазивные чужеродные виды: обзор новых изданий // Успехи совр. биол. — 2003. — Т. 123, № 1. — С. 110—112.
19. *Хільчевський В. К., Осадчий В.І., Курило С.М.* Основи гідрохімії. — К.: Ніка-Центр, 2012. — 312 с.
20. *May S.* Invasive aquatic and wetland plants (Invasive species) — NY: Chelsea House, 2006. — 108 p.
21. *McNeely J.A., Mooney H.A., Neville L.E. et al.* Global strategy on invasive alien species // Gland: IUCN, 2001. — 55 p.
22. *Milton S.J.* Grasses as invasive alien plants in South Africa // S. African J. Sci. — 2004. — Vol. 100, N 1. — P. 69—75.
23. *Neuenschwander P., M.H. Julien M.N., Center T.D., Hill M.P.* *Pistia stratiotes* L. (Araceae) // Biological control of tropical weeds using arthropods. — NY.: Cambridge Univ. Press, 2009. — P. 332—352.
24. *Theoharides A.K., Dukes J.S.* Plant invasion across space and time: factors affecting noneindigenous species success during four stages of invasion // New Phytologist. — 2007. — Vol. 176, N 2. — P. 256—273.
25. *Thuiller W., Richardson D.M., Pyšek P. et al.* Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale // Global Change Biology. — 2005. — Vol. 11. — P. 2234—2250.