

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД «ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ»



ПРОКОПУК МАР'ЯНА СЕРГІЇВНА

УДК 581.557:582.26/27(477.4/6)

ІНВАЗІЇ МАКРОФІТІВ У СЕРЕДНЬОМУ ПРИДНІПРОВ'Ї

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ

на здобуття наукового ступеня

кандидата біологічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»

Науковий керівник: кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
Зуб Леся Миколаївна,
ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»,
завідувач лабораторії охорони та
відтворення біорізноманіття

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, старший науковий співробітник
Коніщук Василь Васильович
Інститут агроекології і природокористування НААН України
завідувач відділу охорони ландшафтів, збереження
біорізноманіття і природозаповідання

кандидат біологічних наук

Ємельянова Світлана Миколаївна

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

науковий співробітник відділу геоботаніки та екології

Захист відбудеться 05 лютого 2019 р. о 13-00 год на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.880.02 ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління» за адресою: 03035, Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління» за адресою: 03035, Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2.

Автореферат розісланий «02» січня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Лукіша В.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одними із найактуальніших напрямків вивчення світового різноманіття флори і фауни є дослідження, пов'язані із чужорідними видами. Види-чужинці, зазвичай, характеризуються агресивними життєвими стратегіями і можуть успішно конкурувати з аборигенними видами, поширюючись на значні території. Ступінь екологічного ризику цього явища за своєю величиною поступається лише сучасним масштабам знищення природних оселищ, а економічні втрати від вселення деяких чужорідних видів можуть обчислюватися сотнями мільйонів доларів на рік (Алімов, 2000). Особливе місце займає вивчення чужорідних видів, що проникають водними шляхами. Завдяки своїй азональності та певній однорідності екологічних умов, водні екосистеми є зручними каналами інвазій.

Не зважаючи на те, що в науковій літературі накопичено великий об'єм даних щодо чужорідних видів гідробіонтів Європи та України, нагальним є пізнання механізмів проникнення (інвазій) чужорідних видів вищих водних рослин (макрофітів) у водойми та водотоки України, оцінка взаємодії вселенців з абіотичними та біотичними чинниками середовища, їх вплив на аборигенні угруповання та гідроекосистеми, чим і обумовлена актуальність проведених досліджень. Нового значення набуває дослідження чужорідних видів макрофітів, їх екології та особливостей інвазій у вторинному ареалі у зв'язку із впровадженням вимог Європейської водної рамкової директиви, відповідно до положень якої макрофіти відіграють значну роль в оцінці екологічного стану водних об'єктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в рамках тематики ДУ "Інститут еволюційної екології НАН України" за планом фундаментальних науково-дослідних робіт «Наукові основи охорони водних та коловодних екосистем мегаполісу в рамках концепції біорізноманіття» (ДР № 0112U002740) та «Наукові основи збереження біорізноманіття територій та об'єктів природно-заповідного фонду України з різним ступенем охорони та антропогенного навантаження» (ДР № 0117U004321).

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є встановлення особливостей інвазій чужорідних видів макрофітів водними екосистемами Середнього Придніпров'я.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- ідентифікувати сучасний флористичний склад чужорідних видів макрофітів в умовах Середнього Придніпров'я та проаналізувати історію їх інвазій (первинний ареал, час занесення, ступінь натуралізації);
- вивчити сучасні особливості поширення та біотопічного приурочення макрофітів-неофітів водними екосистемами регіону досліджень;
- визначити регіональні особливості екології, ценології, фенотипічної мінливості модельних видів та їх продукційних показників;
- вивчити регіональні особливості інвазійної стратегії чужорідних макрофітів;

– оцінити можливий екологічний вплив макрофітів-неофітів на аборигенні фітоценози.

Об'єкт дослідження: ценопопуляції чужорідних видів макрофітів у водних екосистемах Середнього Придніпров'я.

Предмет дослідження: регіональні особливості інвазій макрофітів (типологія, екологія, ценологія, стратегія поведінки, загрози) чужорідних видів макрофітів.

Методи дослідження: використано загальноприйняті в екології, гідробіології та гідроботаніці методи: польові обстеження (маршрутним та напівстаціонарним методами), закладка пробних ділянок, моніторингових площадок, еколого-ценотичних профілей, гідроботанічне картування водойм; популяційні морфометричні та ценотичні продукційні обстеження, дослідження трофічних характеристик біотопів шляхом визначення вмісту біогенних сполук. Результати досліджень опрацьовано за допомогою математично-статистичних методик.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота становить оригінальне комплексне дослідження сучасних інвазій дев'яти чужорідних видів вищих водних рослин водними об'єктами Середнього Придніпров'я. Новизна дослідження полягає в об'єднанні аут-, синекологічних та біоценотичних підходів для отримання цілісного уявлення про сучасні особливості поширення чужорідних видів, можливостей їх натуралізації і наслідків їх впливу на аборигенні види, угруповання та водні екосистеми басейну Дніпра. Вперше: проведено інвентаризацію чужорідних видів вищих водних рослин Середнього Придніпров'я, досліджено особливості їхнього поширення, біотопічного приурочення, регіональні особливості екології та стратегії поведінки; описані нові місцезнаходження для ряду чужорідних макрофітів (*Azolla caroliniana* Willd., *Elodea nuttallii* (Planch.), *Egeria densa* Planch. та *Pistia stratiotes* L.) у Середньому Придніпров'ї; вказано на флуктуаційний характер розвитку популяцій *Egeria densa* для регіону досліджень; проаналізовано зв'язок продукційних показників ценопопуляцій та фенотипічної мінливості особин елодей з гідрологічним та трофічним режимами біотопів; на основі виявленого впливу вмісту основних біогенних речовин на формування екоморф у *Elodea nuttallii* запропоновано підходи щодо біологічної індикації антропогенної евтрофікації водойм; розроблено оригінальну методичку оцінки інвазійного потенціалу вищих водних рослин та оцінено ступінь екологічної загрози чужорідних макрофітів для природних екосистем Середнього Придніпров'я.

Практичне значення одержаних результатів дослідження. Отримані дані дозволяють розширити та доповнити сучасні уявлення про інвазії гідробіонтів у водних об'єктах України та фактори, що їх спричиняють, виділити особливо небезпечні, що здатні негативно впливати на природне біотичне різноманіття.

Наукові напрацювання було впроваджено у ДП "НДПІ містобудування", Нікопольському регіональному управлінні водних ресурсів (Нікопольське РУВР) та ТОВ «Екоберег» в частині рекомендацій щодо екологічних компенсаторних заходів з експлуатації водних ресурсів в умовах міської забудови, спрямовані на

регламентацію господарської діяльності та раціонального природокористування, а також методики оцінки якості вод у водних об'єктах методами біоіндикації.

Результати досліджень можуть бути використані для прогнозування змін екологічних умов та структури заростей водних рослин у водоймах, а запропонована методика оцінки інвазійного потенціалу вищих водних рослин може стати основою екологічного та карантинного моніторингу.

Особистий внесок здобувача. Робота є самостійним дослідженням здобувача. Отримані результати і висновки сформульовані автором. Дисертантом особисто проведені аналіз наукової літератури, польові та камеральні дослідження. Результати досліджень та висновки відображені в публікаціях та дисертації. Матеріали, опубліковані у співавторстві, мають пропорційний внесок здобувача. Права співавторів не порушені.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення та практичні результати досліджень були представлені на: II Всеросійській школі-конференції «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана» (м. Борок, 18-22 листопада 2014 р.); VIII Всеросійській конференції з міжнародною участю «Гидробиология – 2015» (м. Борок, 16-20 жовтня, 2015 р.); міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 20-річчю Національного природного парку «Вишницький»: «Прагматичні аспекти діяльності національних природних парків у контексті збалансованого розвитку» (сmt. Берегомет, Чернівецька обл., 17-19 вересня, 2015 р.); XIV Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Шевченківська весна 2016: біологічні науки» (м. Київ, 6-8 квітня, 2016 р.); I міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища» (м. Київ, 25 травня, 2017 р.); XII International conference «Synanthropization of flora and vegetation» (Uzhhorod, September 20-22, 2018).

Публікації. Результати дисертаційних досліджень опубліковані у 14-ти публікаціях (у т.ч. 5-ти фахових публікаціях, 2-х статей в журналах, які індексуються у наукометричній базі даних Scopus, 2-х розділах монографії (науково-методичний посібник, 1-й статті в інших наукових періодичних виданнях) та 6-ти матеріалах та тезах доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів і методів досліджень, 5 розділів та 9 підрозділів, висновків, списку використаних літературних джерел (238 посилань, з них 125 – латиницею) та 3 додатків (містять 23 табл.) загальним об'ємом 45 стор. Загальний обсяг роботи – 191 сторінка. Основна частина викладена на 110 сторінках і проілюстрована 28 рисунками та 15 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1. Генезис інвазій чужорідних макрофітів водними об'єктами Європи (літературний огляд). В даному розділі висвітлено передумови процесів проникнення чужорідних видів у гідробіоценози України та Середнього Придніпров'я, наведено основні відомості про чужорідні види макрофітів у флорі України та історію їх інвазій європейським континентом. Відзначено, що ряд видів (*Elodea nuttallii*, *Elodea canadensis*, *Azolla filiculoides*) віднесено до списку найнебезпечніших інвазійних чужорідних видів (EEA/SEBI 2010).

В Україні сьогодні відмічено 19 видів чужорідних вищих водних рослин, 11 з яких поширилися водними об'єктами Середнього Придніпров'я. Подальші зміни вторинного ареалу таких видів, як *Acorus calamus*, *Elodea canadensis* та *Vallisneria spiralis* на даному етапі не спостерігаються, оскільки їхні інвазії відбулися понад 100 років тому і вони повністю натуралізувалися. Натомість, вісім видів, інвазіям яких не більше 20-50 років (*Azolla caroliniana*, *Egeria densa*, *Elodea nuttallii*, *Lemna turionifera*, *Phragmites altissimus*, *Pistia stratiotes*, *Zizania latifolia*, *Typha laxmannii*) на сучасному етапі можна розглядати як такі, що здатні проникати у нові біотопи. У водних екосистемах Середнього Придніпров'я всі вони відіграють помітну роль, оскільки характеризуються активним поширенням не лише в антропогенних, а й у природних екотопах, зокрема на територіях об'єктів природно-заповідного фонду.

Розділ 2. Матеріали та методи дослідження. В даному розділі при висвітленні використаних основних понять і термінів, особливу увагу було приділено як термінам, що використовуються при вивченні чужорідних видів, так і термінами, які вживаються гідроботаніками. Матеріалами досліджень слугували результати польових обстежень водних екосистем Середнього Придніпров'я в межах Київської, Черкаської та Полтавської адміністративних областей України та м. Києва. Вибір Середнього Придніпров'я як регіону для вивчення наслідків фітоінвазій макрофітів зумовлений його розташуванням у межах Центрального європейського інвазійного коридору. Польові дослідження проводилися протягом вегетаційних сезонів (травень-жовтень) 2013-2016 рр. загальноприйнятими в гідроботаніці методами – маршрутний та напівстаціонарний метод, методи еколого-ценотичних профілей, моніторингових площадок, пробних ділянок (розміром 3x3 м²) та геоботанічного картування водойм (Катанська, 1981; Пабченков, 2003). Досліджено 72 водойм у межах м. Києва та 34 водойми і водотоки Середнього Придніпров'я в межах 128 дослідних пунктів обстежень. На 68 гідрооб'єктах виявлені локалітети чужорідних видів макрофітів, укладено 518 геоботанічних описів.

Флору вищих водних рослин (макрофітів) розглядали в об'ємі, прийнятою В.М. Катанською: досліджувалися гідрофіти та гелофіти. Види гідрофітів та гігро-мезофітів, що траплялися в зоні урізу води та на тимчасових водоймах, не враховувалися. Геоботанічні описи виконували за методикою Браун-Бланке, класифікаційна процедура відповідала загальноприйнятим у еколого-флористичній класифікації правилам. Картування чужорідних видів проводилось точковим

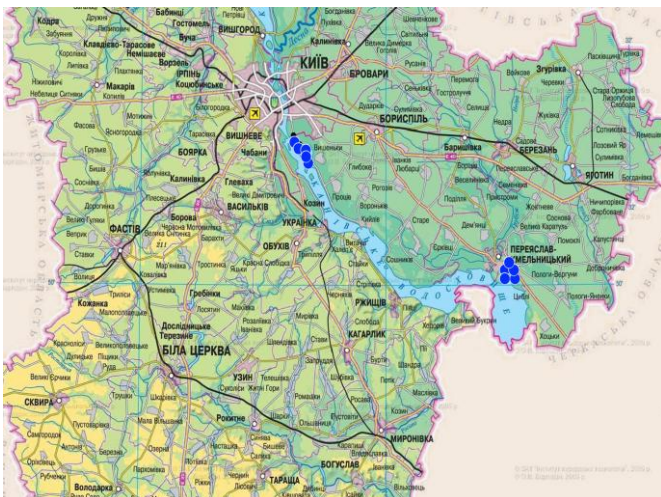
методом за допомогою GPS-навігації. Вивчення чужорідних видів базувалося на загальній методиці польових досліджень видів-антропофітів (Бурда, Ігнатюк, 2011). Фітомасу угруповань розраховували шляхом зважування сирової маси укосів, відібраних з площі $0,1 \text{ м}^2$ з подальшим їх висушуванням до повітряно-сухої маси та повторним зважуванням.

З метою аналізу екологічних умов поширення чужорідних макрофітів та визначення трофічного статусу біотопів, було проведено гідрохімічні дослідження водойм на вміст біогенних речовин (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) колориметричним методом з використанням приладу DR/890 Colorimetre та стандартних методик.

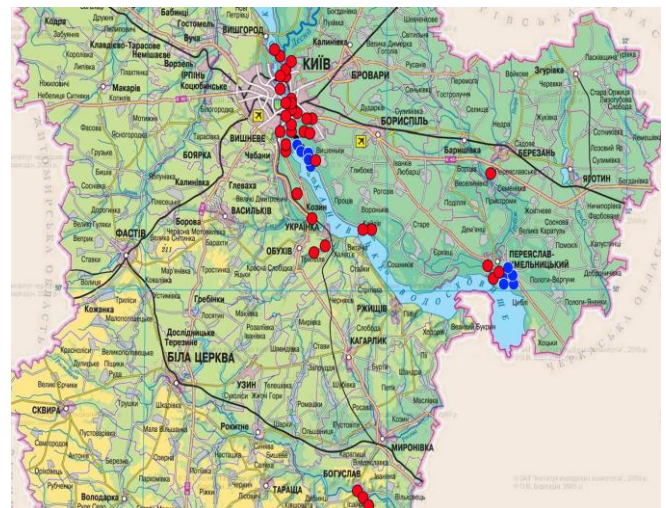
Математична обробка матеріалів проводилася з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel та програмних пакетів STATISTICA 10, R, PAST.

Розділ 3. Сучасні особливості інвазій макрофітів біотопами Середнього Придніпров'я. У водних екосистемах Середнього Придніпров'я сьогодні трапляється 11 видів чужорідних макрофітів (Прокопук, 2014; Прокопук, 2015). Формуючи майже 15% флористичного списку вищих водних рослин Середнього Придніпров'я, їх угруповання є помітною складовою зарослевої зони водойм. За останні 10-15 років кількість чужорідних видів макрофітів зростає втричі (з 3 до 11 видів), а кількість локалітетів – з поодиноких до кількох сотень (рис. 1).

Донедавна більшість макрофітів регіону складали північноамериканські види, на сучасному етапі спостерігається активне проникнення видів більш південного походження (*Egeria densa*, *Pistia stratiotes*). Лише один вид був спеціально інтродукований з фітомеліоративною метою (*Zizania latifolia*), решта – види, що поширилися самостійно. Сім із макрофітів – гідрофіти, чотири – гелофіти.



2006-2007 pp.



2013-2016 pp.

Рис. 1 Карта-схема розширення локалітетів *Elodea nuttalli* та *Egeria densa* за період від перших знахідок і до тепер у Київській області (синім кольором – дані за [Чорна та авт., 2006; Багацька, 2007; Старовойтова, 2012], червоним – наші знахідки)

Половину видів чужорідних макрофітів сьогодні можна розглядати як такі, що проникли у природні фітоценози. За ступенем натуралізації вони розділяються на три основні групи (табл. 1):

1) види-вселенці, що натуралізувалися в умовах Середнього Придніпров'я (Naturalized plants) і протягом останніх 50-ти років не збільшують своїх кількісних показників та не поширюються в нові біотопи (*Vallisneria spiralis*, *Acorus calamus*, *Elodea canadensis*, *Zizania latifolia*). Це види, у яких активних сучасних інвазій водними об'єктами Середнього Придніпров'я не спостерігається. Вони добре натуралізувалися в аборигенні фітоценози і проявляють себе переважно як С та S-стратегі.

2) тимчасові або випадкові вселенці (Casual alien plants) – заносні рослини, переважно ефемерофіти, які на сучасному етапі вегетують і зрідка відтворюються у водоймах Середнього Придніпров'я, проте, зазвичай, зникають, оскільки в існуючих умовах середовища поки що не здатні формувати популяції, що самостійно підтримуються, і залежать від повторних занесень (*Azolla caroliniana*, *Lemna turionifera*, *Pistia stratiotes*).

3) інвазійні вселенці (Invasive plants) – чужинні рослини, які в умовах регіону досліджень підтримують популяції, здатні до самовідтворення вже понад 10 років без направляючого впливу людей (або всупереч такому впливу) і поступово збільшують як свою чисельність, так і кількість оселищ (*Elodea nuttallii*, *Egeria densa*, *Typha laxmannii*).

Таблиця 1

Особливості інвазій чужорідних макрофітів гідрооб'єктами Середнього Придніпров'я

Вид	Ступінь натуралізації	Еколого-ценотична стратегія	Інвазійний статус
<i>Acorus calamus</i>	агіофіт	С-стратег	Naturalized plants
<i>Azolla caroliniana</i>	ефемерофіт	CR-стратег	Casual alien plants
<i>Egeria densa</i>	колонофіт	CR-стратег	Invasive plants
<i>Elodea canadensis</i>	агіофіт	С-стратег	Naturalized plants
<i>Elodea nuttallii</i>	агіофіт	CR-стратег	Invasive plants
<i>Lemna turionifera</i>	ефемерофіт	CR-стратег	Casual alien plants
<i>Phragmites altissimus</i>	агіофіт	С-стратег	Invasive plants
<i>Pistia stratiotes</i>	колонофіт	CR-стратег	Casual alien plants
<i>Typha laxmannii</i>	епокофіт	RS-стратег	Invasive plants
<i>Vallisneria spiralis</i>	епокофіт	S-стратег	Naturalized plants
<i>Zizania latifolia</i>	колонофіт	С-стратег	Naturalized plants

Усі вказані види в умовах Середнього Придніпров'я є домінантами, формують високопродуктивні фітоценози, угруповання деяких видів тропічного походження мають ефемерний характер і розвиваються лише з настанням відповідних температур води.

Два види чужорідних макрофітів (*Azolla caroliniana*, *Lemna turionifera*) в умовах Середнього Придніпров'я проявляють себе як ефемерофіти, *Pistia stratiotes* та *Egeria densa* – як колонофіт (популяція виду допоки не вийшла за межі свого місця занесення, проте поновлюється, проявляючи певні риси ефемерності); решту видів (*Elodea canadensis*, *Elodea nuttalli*, *Phragmites altissimus*, *Typha laxmannii*) – можна розглядати як такі, що проникли в природні фітоценози та на антропогенно трансформовані ділянки (агірофіти та епекофіти).

Усі чужорідні види-плейстофіти в умовах регіону досліджень проявляють себе як види віолентно-експлерентної еколого-фітоценотичної стратегії (CR-стратегі). Прикріплені гідрофіти характеризуються як С- та CR-стратегі, що здатні не лише натуралізуватися в умовах Середнього Придніпров'я, але проявити себе як трансформери (Transformers). Чужорідні гелофіти, зазвичай, ведуть себе як С та RS-стратегі, здатні значною мірою перетворювати природні екосистеми.

Elodea canadensis в умовах Середнього Придніпров'я знаходиться на етапі регресивних змін вторинного ареалу поширення. Вид є чутливим до антропогенної евтрофікації води і, в силу посилення останньої, починає випадати із звичних фітоценозів (Прокопук, 2014).

Розділ 4. Екологічні переваги та особливості ценопопуляцій чужорідних макрофітів. Аналіз екологічних переваг чужорідних видів-неофітів у Середньому Придніпров'ї показав, що всі вони віддають перевагу водоймам високого трофічного статусу (від мезо-евтрофного до евтрофного) (рис. 2) (Прокопук, Погорелова, 2016; 2017).

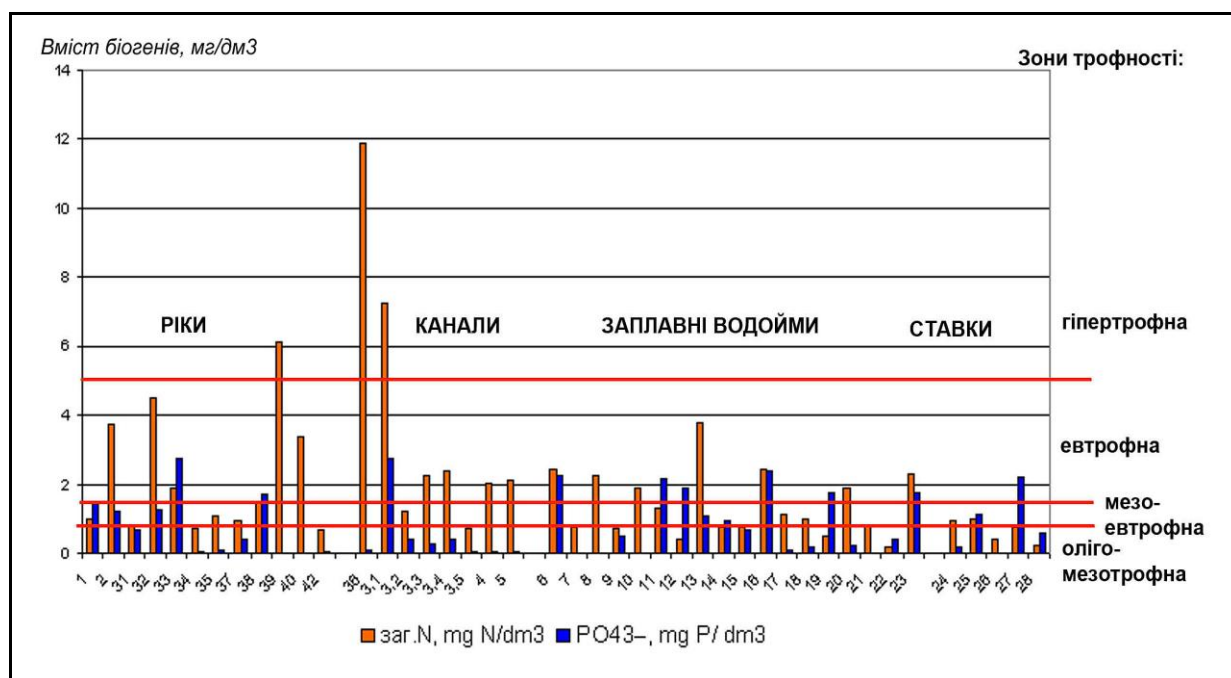


Рис. 2. Гідрологічні та трофічні особливості водойм-локалітетів чужорідних видів макрофітів Середнього Придніпров'я

Плейстофіти. Для поширення чужорідних синузій вільноплаваючих рослин (*Azolla caroliniana*, *Pistia stratiotes*) необхідні оселища, де утруднений водообмін, є захищені мілководдя, що добре прогріваються та багаті на поживні речовини води. Наявність фосфатного забруднення водойм може бути лімітуючим фактором для розвитку *Azolla caroliniana* (Прокопук, 2016). Аборигенні види плейстофітів, що здатні витримувати збільшення трофності за рахунок зростання концентрації фосфору фосфатів, виявилися неспроможними витримувати значного зростання вмісту у воді сполук азоту мінерального, спричиненого розвитком популяції азоли.

Azolla caroliniana є видом, що не лише здатен витримувати значне антропогенне евтрофування, але за рахунок свого розвитку та продукування азоту у воду, повністю трансформувати гідрохімічний режим оселища.

Pistia stratiotes надає перевагу багатим на сполуки мінерального фосфору біотопам (розвивалася при високих значеннях вмісту фосфору фосфатів ($0,90 \text{ мг/Р дм}^3$) і зникла за умови зростання вмісту азоту мінерального до $4,3 \text{ мг/Ндм}^3$, і падіння фосфору фосфатів до $0,01 \text{ мг/Р дм}^3$). Як лімітуючий фактор для розвитку ценопопуляцій *Pistia stratiotes* можна розглядати як нестачу, так і надлишок мінерального азоту, екологічні преференції виду щодо даного показника знаходяться в межах мезо-евтрофних вод (Прокопук, 2017).

Порівняння варіабельності морфометричних показників досліджених чужорідних видів плейстофітів (на прикладі ценопопуляцій *Pistia stratiotes*) показав коливання параметрів габітусу рослин як у середині однієї ценопопуляції, так і в межах ценопопуляцій із різних водойм (рис. 3).

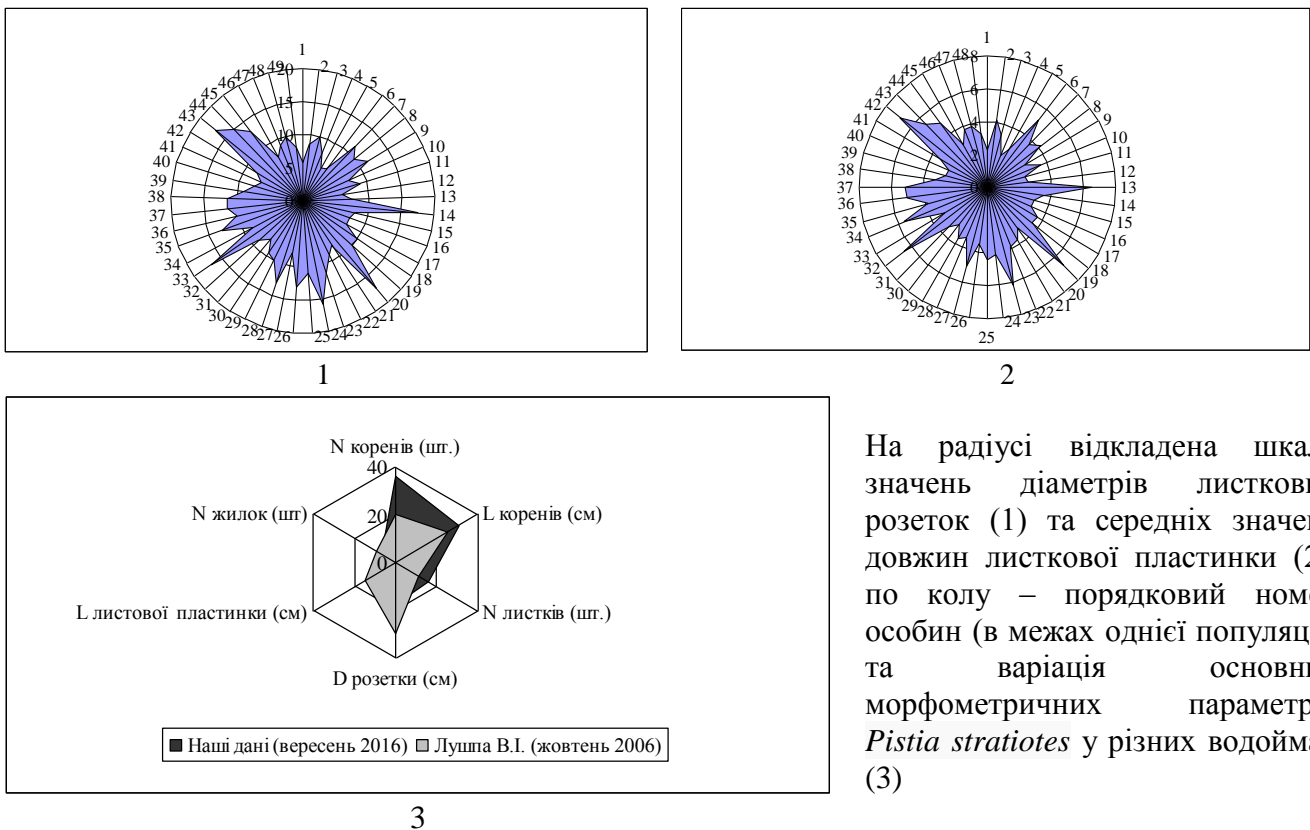


Рис. 3. Варіація морфометричних показників *Pistia stratiotes* у Середньому Придніпров'ї

Коефіцієнт варіації діаметру розетки становить 52%, довжини листків – 51%, ширина листкової пластинки основи – 31 %, верхівки – 42%.

Чітка вираженість варіації морфометричних параметрів у різних умовах, а також у середині ценопопуляції є свідченням пластичності виду в умовах Середнього Придніпров'я.

Гідрофіти. До натуралізації в природні екосистеми Середнього Придніпров'я здатні усі види елодей. *Egeria densa*, яка допоки проявляє себе як колонофіт (популяція виду не вийшла за межі свого місця занесення, проте поновлюється), в умовах сучасних змін клімату також має досить значні інвазійні можливості.

Популяційні дослідження з використанням коефіцієнта кореляції Пірсона показали, що у *Elodea nuttallii* сильна кореляція ($r=0,71$) спостерігається між довжиною міжвузль та довжиною головного пагона. Довжина міжвузль також значно пов'язана з кількістю бічних пагонів ($r=0,52$). Кількість бічних пагонів помірно залежить від довжини головного пагона ($r=0,41$), а також довжина листочка має значний зв'язок з довжиною міжвузль ($r=0,60$).

Інші морфометричні ознаки не корелюють між собою.

Щодо *Elodea canadensis*, то сильний кореляційний зв'язок спостерігається між довжиною листочка та довжиною головного пагона ($r=0,70$), з останньою корелює і довжина міжвузль ($r=0,47$) (помірний зв'язок). Кількість бічних пагонів має значний зв'язок з довжиною бічних пагонів ($r= -0,50$). Довжина та ширина листка значно пов'язані з довжиною міжвузль ($r=0,52$, $r=-0,67$).

Порівняння морфометричних ознак *Elodea nuttalli* в первинному ареалі (Північна Америка), вторинному (Західна Європа) та даних наших досліджень показали, що в умовах Середнього Придніпров'я формуються популяції з параметрами, які є більшими ніж у первинному ареалі, проте меншими ніж у Західній Європі. В умовах Середнього Придніпров'я довжини бічних пагонів є значно меншими, ніж в інших регіонах (табл. 2).

Аналіз розмаху морфометричних ознак як *Elodea nuttalli* так і *Elodea canadensis* показав широку варіабельність морфометричних параметрів видів у досліджених водоймах: коефіцієнти варіації (CV) коливалися в діапазоні від 20-22% (ширина листків) до 70-80% (довжина міжвузль). Найбільш варіабельною була кількість бічних пагонів у *Elodea nuttalli* (CV =108%).

Лімнофільні умови та відсутність течії сприяють більш інтенсивному галуженню особин в межах ценопопуляції (збільшується кількість бічних пагонів та їх довжина).

Морфологічні особливості популяцій *Elodea nuttallii* у водоймах лотичного (ло) і лентичного (ле) типу Західної Європи (за: (Thiebaut, 2009) та Середнього Придніпров'я

№ п/п	Морфологічна ознака	Морфологічна ознака				Коефіцієнт варіації, %			
		Західна Європа		Середнє Придніпров'я		Західна Європа		Середнє Придніпров'я	
		ле	ло	ле	ло	ле	ло	ле	ло
1.	Довжина головного пагона, см (L)	41,77± 1,01	40,92± 1,24	38,73± 25,58	37,30± 14,87	2,41	3,03	66,04	39,87
2.	Кількість бічних пагонів, шт (Nb)	5,82± 0,18	7,14± 0,22	5,89± 5,38	6,82± 7,89	3,09	3,08	91,34	115,69
3.	Довжина бічних пагонів (Lb), см	49,89± 1,95	39,94± 2,40	4,70± 4,42	5,59± 4,73	3,91	6,01	94,04	84,79
4.	Довжина міжвузль, см (bi)	0,66± 0,01	0,58±0,06	0,72± 0,55	0,70± 0,57	1,52	10,34	76,39	81,43
5.	Довжина листка, см (l)	1,03± 0,01	1,06± 0,01	1,13± 0,26	0,95± 0,28	0,97	0,94	23,01	29,47
6.	Ширина листка, см (b)	0,15± 0,15	0,21± 0,001	0,19± 0,02	0,19± 0,04	100	47,0	10,53	21,05
7.	Площа листка, см ² (S)	0,09± 0,001	0,17± 0,001	0,16± 0,05	0,14± 0,06	1,11	0,59	31,25	42,8

Якщо в умовах Західної Європи для цілої низки морфометричних показників спостерігається відносна стабільність значень (діапазон величин змінюється в межах 1-10%), то в умовах Середнього Придніпров'я варіабельність більшості розмірних параметрів особин надзвичайно висока (від 40 до 115%), що є свідченням проходження процесів активного пристосування виду до нових умов.

Широку варіабельність популяцій елодей показав також аналіз розмаху морфометричних показників у водоймах з різним трофічним статусом (рис. 4, 5). Відзначений сильний кореляційний зв'язок довжини головних та бічних пагонів ($r=-0,5$; $r=0,6$), міжвузль ($r = -0,7$), ширини та довжини листочків ($r=0,7$; $r=-0,7$) у *Elodea nuttalli* з вмістом сполук азоту неорганічного та ширини листочка ($r=0,8$) від вмісту фосфору фосфатів. Можемо констатувати наступне: зростання евтрофікації сприяло зменшенню чи «ущільненню» габітусу рослин та збільшенню ширини листочка.

Щодо *Elodea canadensis*, відзначений сильний кореляційний зв'язок кількості бічних пагонів ($r = -0,6$), довжини міжвузль ($r = 0,7$), ширини листочків ($r = -0,6$) від вмісту сполук азоту мінерального, а кількості і довжини бічних пагонів ($r = -0,5$) – від вмісту фосфору фосфатів. Зростання евтрофікації сприяло видовженню рослин та зменшенню ширини листочка.

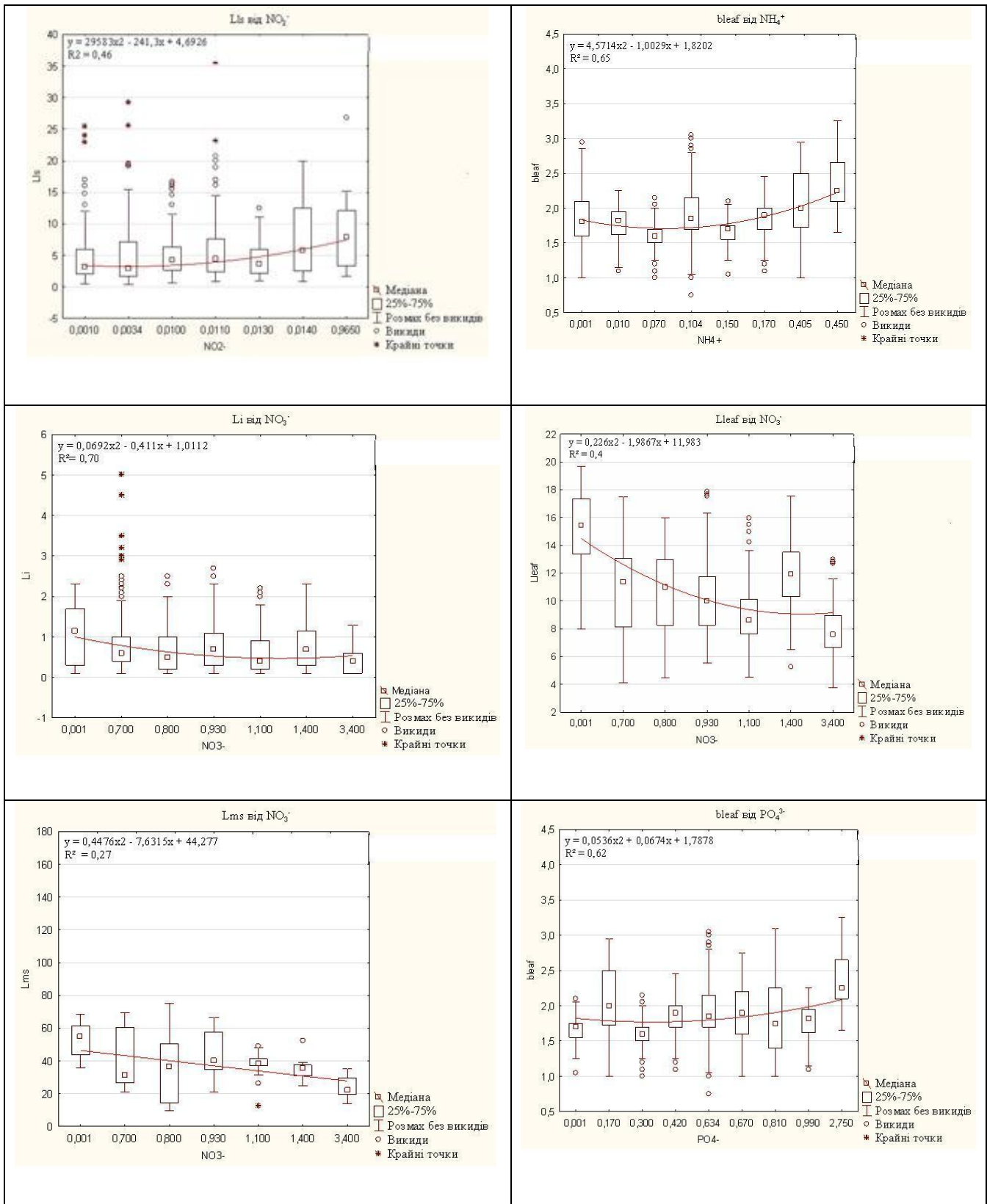


Рис. 4. Діаграми розмаху морфометричних параметрів *Elodea nuttalli* залежно від показника вмісту у воді біогенів, де: Lms – довжини головних пагонів, Ls – довжина бічних пагонів, $Lleaf$ – довжина листочка $bleaf$ – ширина листочка, Li – довжина міжвузль

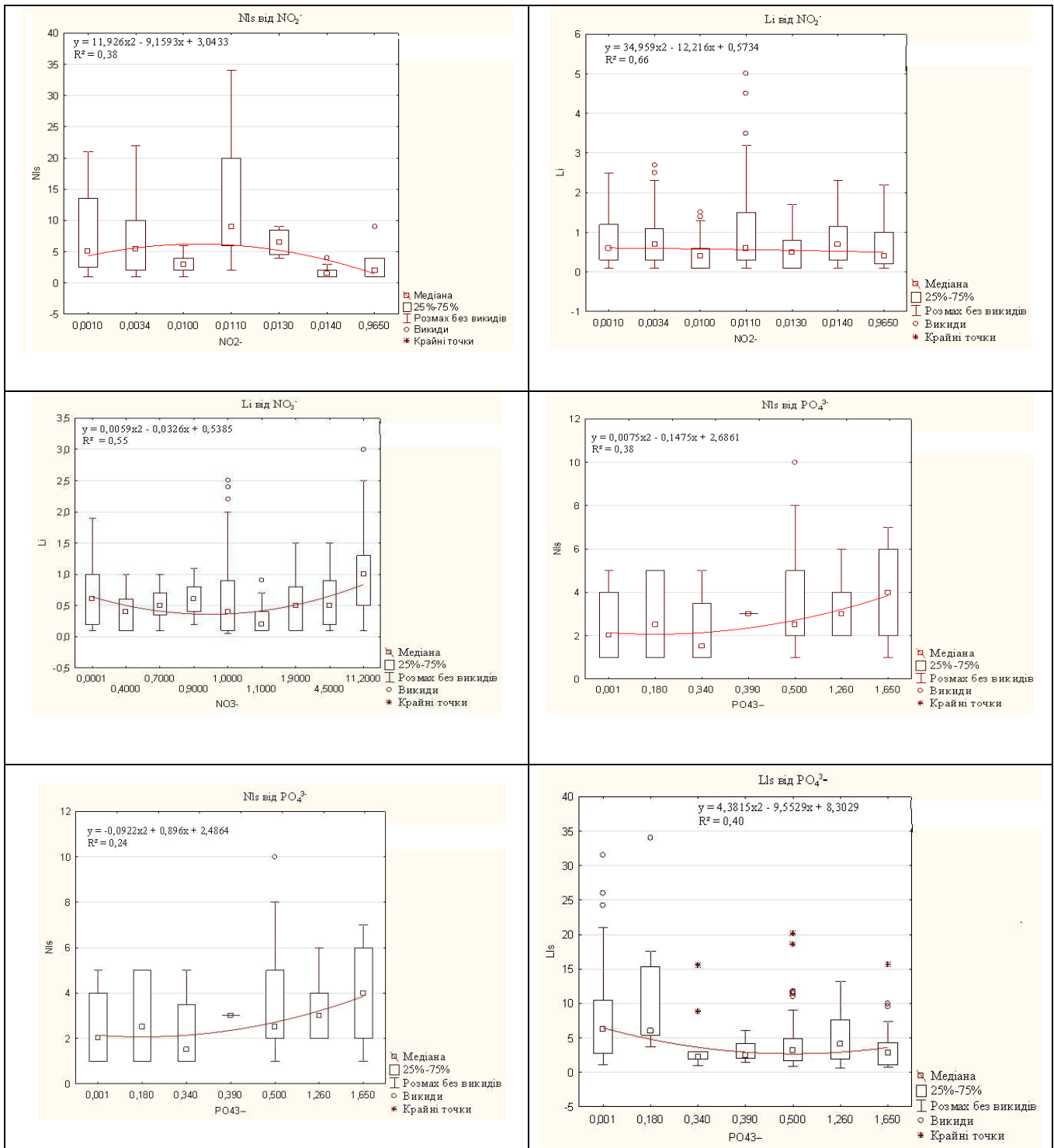


Рис. 5. Діаграми розмаху морфометричних параметрів *Elodea canadensis* залежно від показника вмісту у воді біогенів, де: bleaf – ширина листочка, Nls – кількість бічних пагонів, Lls – довжина бічних пагонів, Li – довжина міжвузль

Елодеї у Середньому Придніпров'ї поширені у водних екосистемах усіх виділених гідрологічних типів (природні водотоки, канали, заплавні водойми, ставки) та трофічних груп (оліго-мезотрофні, мезо-евтрофні, евтрофні, гіпертрофні) проте високопродуктивні ценопопуляції формуються у високотрофних водах з хорошим водообміном (рис. 6).

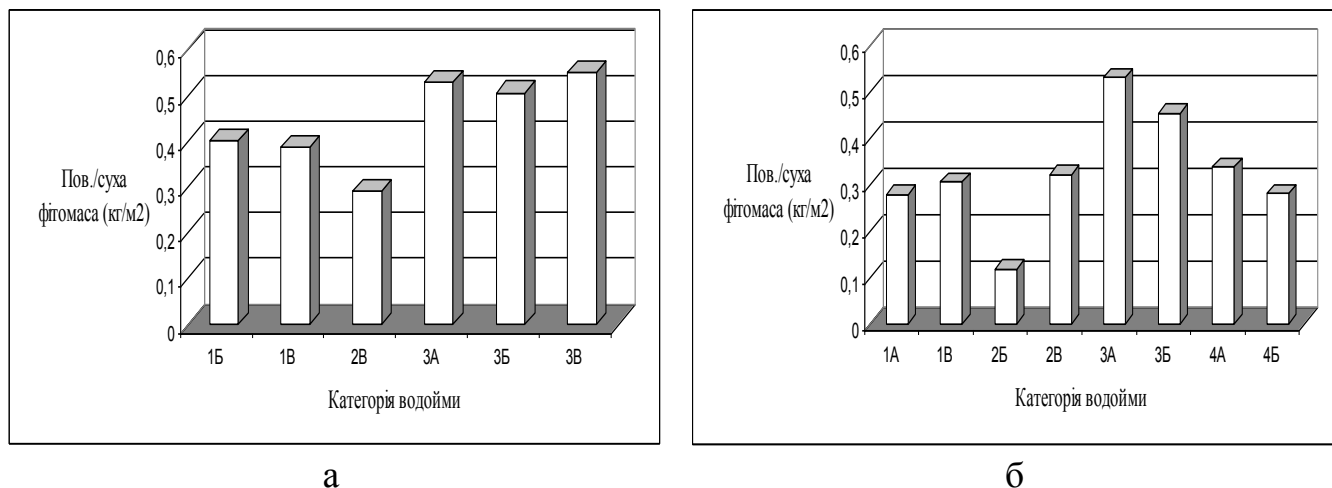


Рис. 6. Формування фітомаси ценопопуляцій елодей у водоймах з різним трофічним статусом: а) *Elodea nuttallii*, б) *Elodea canadensis*, де: 1 – природні водотоки та затоки, 2 – меліоративні та водоскидні канали, 3 – заплавні водойми, 4 – руслові ставки, А – оліго-мезотрофні води; Б – мезо-евтрофні води; В – евтрофні води; Г – гіпертрофні води

Найбільш продуктивні ценопопуляції *Elodea canadensis* формувалися в умовах заплавних водойм, що зберегли природний гідрологічний режим і сьогодні зазнають промивної дії водопілля (формувалося 0,45 кг/м² у повітряно-сухій масі). Високі показники фітомаси характерні також для лотичних екосистем (річки Стугна, Удай), де значення фітомас сягало 0,33 кг/м², а також для руслових ставків (до 0,49 кг/м²). Найнижчі величини відмічені для невеликих паркових ставків та міських меліоративних каналів (0,17 кг/м²).

Формування високопродуктивних ценопопуляцій *Elodea nuttallii* відмічено у водоймах, що за своїм трофічним статусом відповідають евтрофному типу – накопичення фітомаси складає 0,31-1,0 кг/м². Підтвердився відомий факт про те, що ріст *Elodea nuttallii* стимулюється надлишком азоту, проте за умови значного антропогенного евтрофування (до рівнів гіпертрофних, полісапробних), її угруповання розріджуються до ПП 5% і, відповідно, падають продукційні показники ценопопуляції.

Egeria denza та *Elodea nuttalli*, експансія яких гідротопами України розпочалася зовсім недавно, вирізняються у порівнянні з *Elodea canadensis*, ширшою екологічною валентністю щодо вмісту у воді сполук мінерального азоту. Біотопічні переваги *Elodea canadensis* знаходяться в межах оліго-мезасапробних та мезо-евтрофних вод; надлишок фосфору фосфатів виступає лімітуючим фактором щодо розвитку ценопопуляцій даного виду. Для *Elodea nuttallii* збільшення концентрацій мінерального азоту та зменшення вмісту фосфору можна розглядати як лімітуючі фактори продукування фітомаси (рис. 7).

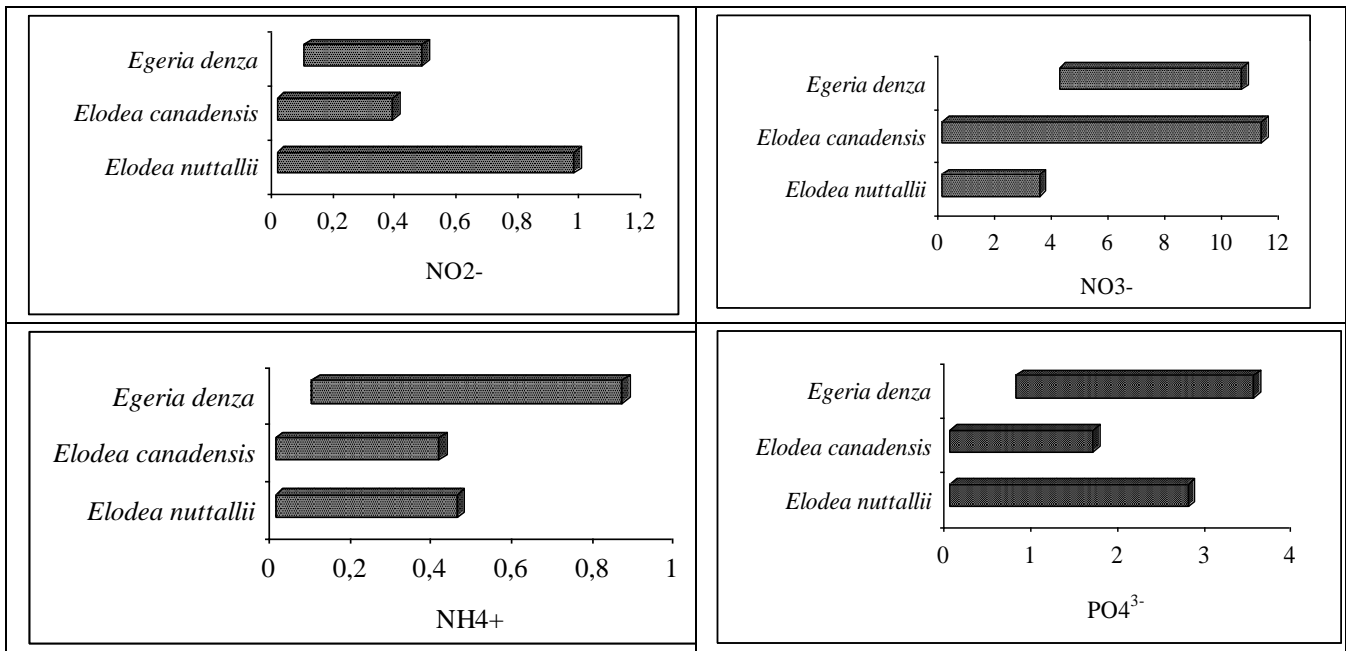


Рис. 7. Діапазони поширення популяцій елодей за градієнтами вмісту у воді біогенних речовин

Дискримінантний аналіз розподілу кількісних показників ценопопуляцій (фітомаса) і біогенного навантаження на водойму показав, що фітомаса не диференціює ценопопуляції елодей на групи (рис. 8), визначальними є вплив вмісту сполук азоту мінерального та, меншим чином, вміст фосфору фосфатів. Угрупування, сформовані *Elodea canadensis* та *Elodea nuttalli* (а також і спільнодомінантні угруповання даних видів) виявились чітко відокремленими у просторі екологічних координат.

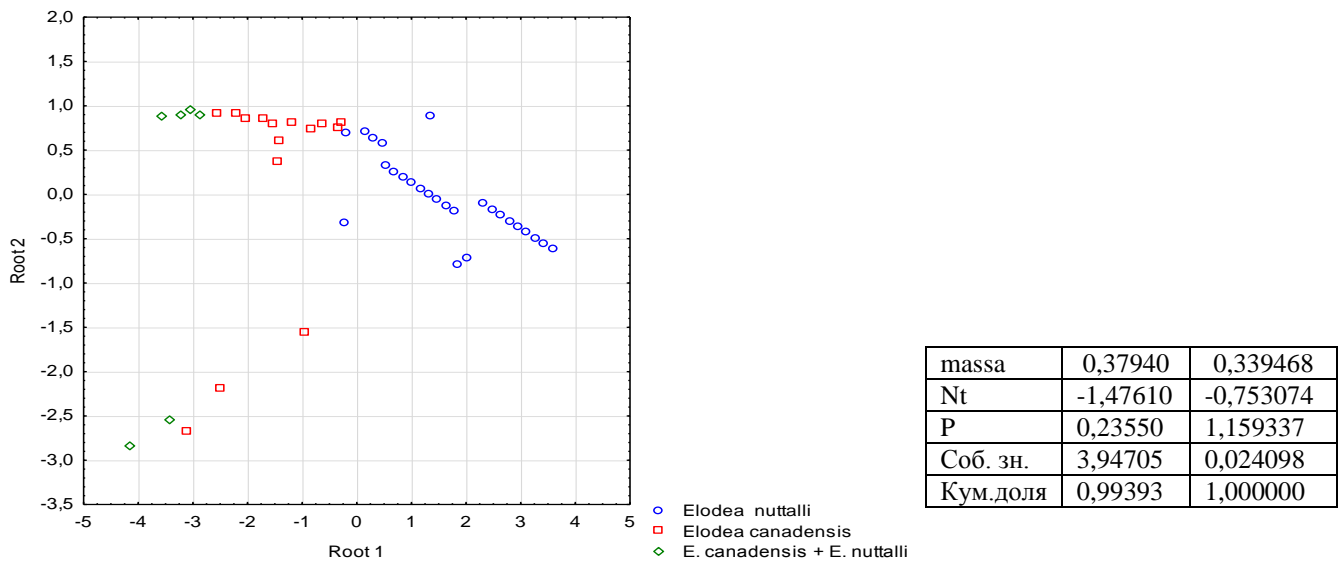


Рис. 8. Диференціація ценопопуляцій роду *Elodea* за трьома факторами: фітомаса, загальний азот та фосфати

Кореляційний аналіз залежності фітомаси, що продукується ценопопуляцією, від вмісту біогенів у воді, із застосуванням коефіцієнту кореляції Пірсона (r) показав, для *Elodea nuttallii*: достовірну слабку обернену кореляцію між фітомасою і вмістом азоту нітритного ($r = -0,39$, $p = 0,05$) та загального ($r = -0,38$, $p = 0,05$); для *Elodea canadensis*: достовірну середню обернену кореляцію між фітомасою і вмістом азоту амонійного ($r = -0,47$, $p = 0,08$) і пряму кореляцію з вмістом фосфору фосфатів ($r = 0,53$, $p = 0,04$); для спільних угруповань *Elodea nuttallii* + *Elodea canadensis*: значний обернений зв'язок із вмістом азоту нітратного ($r = -0,82$, $p = 0,04$) та загального азоту ($r = -0,87$; $p = 0,02$).

Метод РСА дозволив виділити дві головні компоненти, що показують різноманітність умов формування фітомаси ценопопуляцій із домінуванням елодей за такими факторами, як температура води, вміст азоту нітритного, нітратного, амонійного, загального азоту та фосфатів. Найбільший внесок у першу компоненту має вміст сполук азоту мінерального, тобто варіація цього фактора найбільше зумовлює різноманітність умов. Менший внесок у першу компоненту має вміст фосфору фосфатів. Зазначимо, що ці основні чинники мають протилежний за знаком внесок у першу компоненту: зростання одного з них супроводжується зменшенням іншого. У другу головну компоненту, що не пов'язана з першою, найбільший внесок має азот амонійний, вміст якого у водоймах корелює з температурою. Високі значення фітомас ценопопуляцій *Elodea* формуються за умов меншої температури води та меншого вмісту азоту амонійного або низького вмісту у воді нітратів та нітритів. Вплив вмісту фосфору фосфатів у воді на продукційні показники менший (рис. 9).

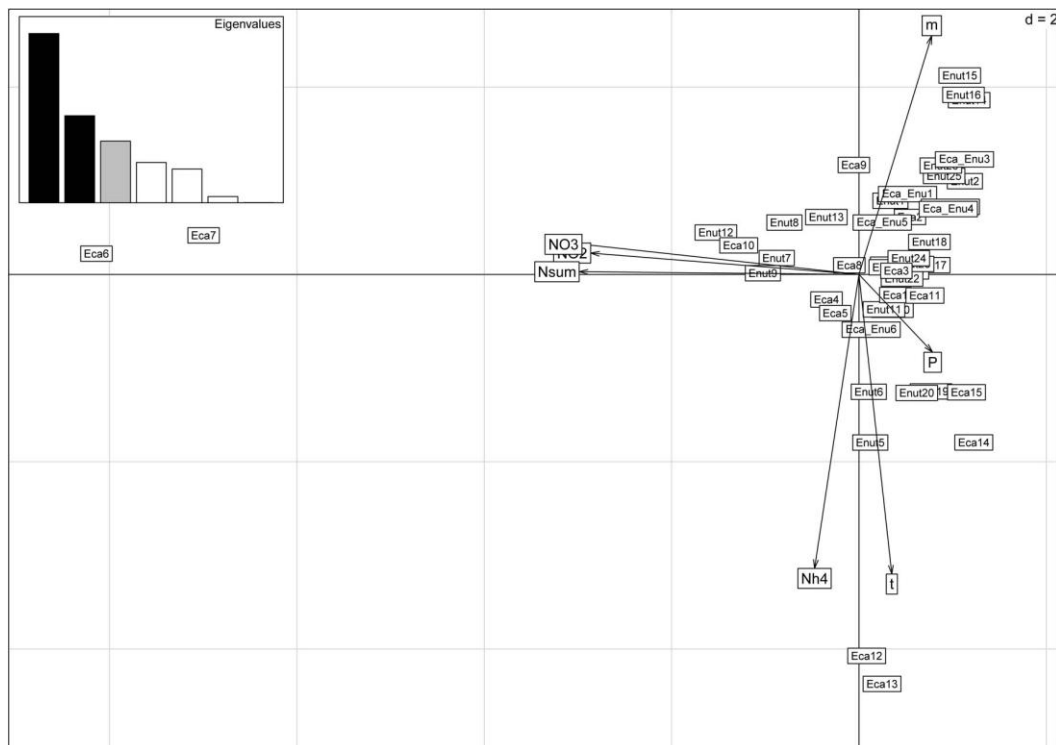


Рис. 9. Оцінка факторів впливу на формування ценопопуляцій *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii* методом РСА

Аналіз динаміки показників фітомаси у межах популяцій елодей показав більшу варіабельність фітомаси, що продукується угрупованнями *Elodea nuttallii* (рис. 10), що є характерним для видів, які знаходяться на перших етапах інвазії.

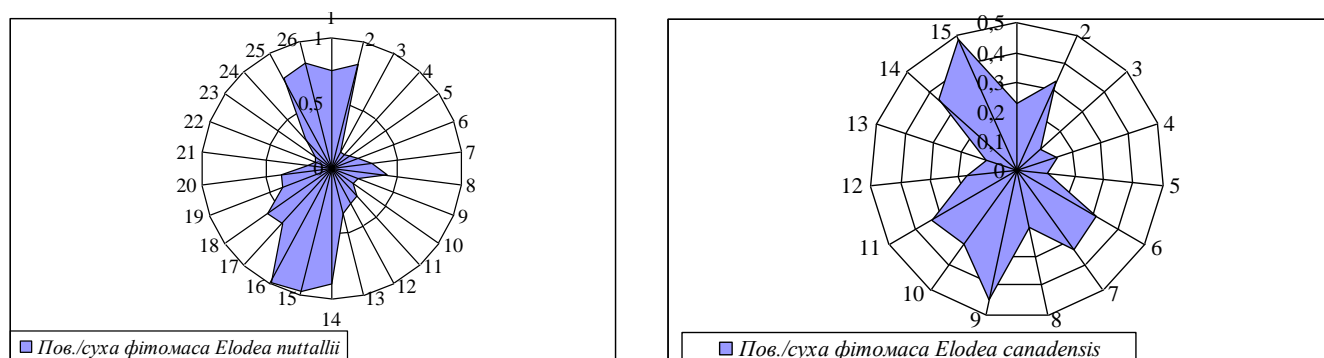


Рис. 10. Варіабельність величин фітомаси елодей

Вираженість варіацій морфометричних та продукційних параметрів як у різних ценопопуляціях, так і у середині локальних популяцій даних видів свідчить про пластичність вказаних видів в умовах Середнього Придніпров'я.

Посилення антропогенної евтрофікації гідротопів урбанізованих водойм за рахунок азотовмісних біогенів сприяє вселенню чужорідних видів. Представники недавніх інвазій (*Egeria denza*, *Elodea nuttalli*, *Pistia stratiotes*) характеризуються ширшою екологічною валентністю щодо азоту мінерального ніж *Elodea canadensis*, експансія якої водоймами України розпочалася більш як 100 років тому.

Розділ 5. Оцінка екологічної загрози чужорідних видів вищих водних рослин у Середньому Придніпров'ї. Особливості екології та біології вищих водних рослин обумовлюють необхідність модифікації існуючих підходів щодо оцінки їхнього інвазійного потенціалу та розробки нових діагностичних методик визначення їхньої інвазійної спроможності. Врахувавши теоретичні викладки щодо оцінок екологічних ризиків біологічних інвазій у водні екосистеми (Hewitt et al., 2006), скориставшись підходами, розробленими О.С. Абдулоєвою та колегами, (Войтюк, Абдулоєва, Карпенко, 2008) та положеннями, прийнятими "Уніфікована класифікація чужорідних видів" (Blackburn et al., 2014), модифікувавши їх, нами розроблено «Діагностичну таблицю оцінки інвазійного потенціалу чужинних видів вищих водних рослин України».

Як результат – створена матриця, де кожен критерій був розбитий на три підтипи відповідно до класу ризику та присвоєно числові значення у вигляді балів (від 1 до 3) (табл. 3).

Оцінювання відбувається наступним чином: залежно від відповідності характеристик певному підтипу кожного критерію, вид «набирає» суму балів. Відношення набраної суми до максимально можливої (30 балів) у % і дає показник інвазійності (ПІ), де: $ПІ < 35\%$ – оцінюється як низький, $35\% \leq ПІ \leq 70\%$ – помірний, $ПІ > 70\%$ – значний.

Діагностична таблиця оцінки інвазійного потенціалу чужинних видів вищих водних рослин

№ п/п	Критерії ризику	Класи ризику та бали		
		низький	помірний	значний
		1	2	3
1	Первинний ареал	види європейського, євразійського типів ареалів, види з контрастних по відношенню до Сер. Придніпров'я кліматичних областей	види азійського (особливо східноазійського) походження	види північноамериканського походження
2	Час занесення	археофіти	неофіти, занесені протягом останніх 100 років	евнеофіти, експансія розпочалася 10-30 років тому
3	Місце занесення	вид відсутній в Європі	вид поширений в Європі	вид визнаний в Європі небезпечним інвазійним
4	Ступінь спорідненості з флорою регіону	види провідних родин та родів флори України, крім Turfaseae	види родини Turfaseae	види екзотичних родин/родів
5	Морфологічна пластичність	CV = < 10%	CV = 11-25%	CV = > 25%
6	Екологічна пластичність у життєвій формі	Не здатен утворювати екоморфи	здатен утворювати екоморфи між близькими екологічними умовами (реофільні/лімнофільні; мезо-/евтрофні)	здатен утворювати тимчасові екоморфи між пограничними умовами (вода/суша)
7	Екологічна універсальність	види спеціалізованої екології	види, що проявляють ознаки екологічної універсальності	види, стійкі до антропогенного евтрофування
8	Гіперпродуктивність діаспор	види, не здатні до гіперпродуктивності діаспор	гіперпродуктивність діаспор вегетативного походження	гіперпродуктивність діаспор як вегетативного, так і генеративного походження
9	Пластичність в еколого-фітоценотичних стратегіях	види спеціалізованої S-стратегії	види K- стратегії, едифікатори	види, що проявляють комплексні, дво- чи тримірні стратегії – RS, KR, KRS і здатні утворювати багатовидові угруповання
10	Здатність порушувати механізми екологічного гомеостазу	види, не здатні трансформувати середовище	види, що здатні до алелопатії та механічної трансформації середовища за рахунок розвитку щільних заростей	види, здатні до механічних та хімічних зміни (трансформації) екологічного режиму місцезростань

Оцінка інвазійного потенціалу чужорідних видів макрофітів в умовах Середнього Придніпров'я за допомогою розробленого методу показала, що *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Azolla caroliniana* та *Pistia stratiotes* – це види, які можна вважати видами з високим рангом інвазійності (ПІ в межах 70-97%). Інші види можна вважати тривожними чужорідними видами (ПІ в межах 57-67%).

Більшість чужорідних видів макрофітів, поширених у Середньому Придніпров'ї, характеризуються широкою екологічною амплітудою, стрес-толерантністю, швидкістю розмноження, високим ступенем натуралізації, що дозволяє їм використовувати ресурси нового середовища, недоступні для місцевих видів (Zub, Pohorelova, Prokoryuk, 2017) та істотно впливати на гомеостаз екосистеми, трансформувати її.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено особливості сучасних інвазій вищих водних рослин водними екосистемами Середнього Придніпров'я, висвітлені регіональні аспекти їх поширення, біотопічного приурочення, екології та стратегії поведінки, оцінено можливий вплив на екосистеми басейну Дніпра:

1. На території Середнього Придніпров'я поширено 11 чужорідних видів вищих водних рослин, що складають ~15% списків гідрофільної флори регіону та виступають ценозоутворювачами. Угруповання видів тропічного походження (*Egeria densa*, *Pistia stratiotes*) мають ефемерний характер, лімітуючим чинником їх розвитку виступають низькі температури води.

2. Усі чужорідні види-плейстофіти в умовах регіону досліджень проявляють себе як види CR-еколого-фітоценотичної стратегії; прикріплені гідрофіти характеризуються як С та CR-стратегі, гелофіти – С та RS-стратегі.

3. Чужорідні види макрофітів у Середньому Придніпров'ї надають перевагу водоймам високого трофічного статусу (від мезо-евтрофного до евтрофного). Лімітуючим фактором для розвитку *Azolla caroliniana* є надлишок вмісту фосфору фосфатів, оптимальними – умови гіпертрофності за показниками вмісту сполук азоту мінерального; для розвитку ценопопуляцій *Pistia stratiotes* – песимумом є як недостача, так і надлишок мінерального азоту, оптимум виду – в межах мезо-евтрофних вод.

4. В умовах Середнього Придніпров'я ценопопуляції макрофітів-гідрофітів проявляють широку морфометричну варіабельність (діапазон величин змінюється в межах від 20 до 100%), що свідчить про пластичність видів та проходження процесів їх активного пристосування.

5. Найбільш продуктивні ценопопуляції *Elodea* формувалися в умовах заплавної водойми, що зберегли природний гідрологічний режим і сьогодні зазнають промивної дії водопілля (*Elodea canadensis* до 0,45 кг/м², *Elodea nuttallii* – 0,31-0,99 кг/м²); найнижчі відмічені – для невеликих паркових ставків та міських меліоративних каналів (0,17 кг/м²).

6. Ценопопуляції елодей поширюються водоймами широкого діапазону вмісту біогенів (від майже нульових значень і до таких, що відповідають гіпертрофії

водойми – 9,85 мг/Ндм³ та 2,75 мг/Рдм³). *Egeria denza* та *Elodea nuttalli*, у порівнянні з *Elodea canadensis*, вирізняються ширшою екологічною валентністю щодо вмісту у воді сполук азоту. Лімітуючим фактором для розвитку ценопопуляцій *Egeria denza* є малі концентрації азоту нітратного, проте вид здатен витримувати значно більше антропогенне евтрофування, ніж інші види елодей. Спостерігається залежність фенотипічної мінливості елодей від трофічного статусу водойм: із зростанням евтрофікації рослини укорочуються та ущільнюються.

7. Збільшення трофності водойми до гіпертрофних умов спричиняє зниження продукційних показників ценопопуляцій елодей: високі значення фітомаси формуються за умов помірного вмісту сполук азоту мінерального, меншої температури води; вплив вмісту фосфору фосфатів у воді на продукційні показники менший.

8. В умовах Середнього Придніпров'я *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Azolla caroliniana* та *Pistia stratiotes* проявляють високий показник інвазійного потенціалу (III в межах 70-97%), що потребує розробки спеціальних заходів контролю і запобіганню шкідливого впливу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 13 наукових праць, головним з яких є:

1. **Прокопук М.С.**, Погорелова Ю.В. Вища водна флора та рослинність Національного природного парку «Пирятинський». Чорноморський ботанічний журнал. 2015. Вип. 11, №2. С. 261–270. (*Особистий внесок дисертанта: польові дослідження, написання рукопису статті*).

2. Prokopuk M.S. New Record of *Azolla caroliniana* in Water Bodies of Kiev. Hydrobiological Journal. 2016. V. 52, Iss. 2. P. 54–58.

Original Ukrainian Text © Прокопук М.С. Про нову знахідку *Azolla caroliniana* Willd. у водоймі міста Києва. Гідробіол. журн. 2015. Т.51, № 6. С.62–66.

3. **Прокопук М.С.**, Погорелова Ю.В. Вміст біогенних речовин у водоймах міста Києва. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. Т.3, Вип.42. С. 76–84. (*Особистий внесок дисертанта: участь у відборі проб, гідрохімічний аналіз, написання рукопису статті*).

4. **Прокопук М.С.**, Погорелова Ю.В. Сезонна динаміка вмісту біогенних речовин у водоймах міста Києва. Вісник ЗНУ. 2017. В.1. С. 161–169. (*Особистий внесок дисертанта: участь у відборі проб, гідрохімічний аналіз, написання рукопису статті*).

5. Прокопук М.С. Особливості поширення та екології чужорідного виду *Pistia stratiotes* L. у водоймах м. Києва. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. 2017. Вип.1 (35). С. 33–37.

6. Zub L.N., Prokopuk M.S., Pohorelova Yu. V. Assessment of Rarity Category for Higher Aquatic Plants. Inland Water Biology. 2018. V. 11, No.1. P. 29–33.

(*Особистий внесок дисертанта: польові дослідження, участь в узагальненні результатів*).

7. Прокопук М.С., Погорелова Ю.В. Якість вод оболонських водойм за вмістом біогенів. В кн.: Упорядкування водоохоронних зон міських водойм на основі екологічної оцінки якості вод / Під заг. редакцією І.В. Панасюка. Київ, 2016. С. 26–29. (*Особистий внесок дисертанта: польові дослідження, написання рукопису*).

8. Зуб Л.М., Прокопук М.С. Якість вод оболонських водойм за складом угруповань макрофітів. В кн.: Упорядкування водоохоронних зон міських водойм на основі екологічної оцінки якості вод / Під заг. редакцією І.В. Панасюка. Київ, 2016. С. 36–41. (*Особистий внесок дисертанта: польові дослідження, участь в узагальненні результатів*).

9. Прокопук М.С. Инвазионные макрофиты в малых реках Среднего Приднепровья. Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: мат. лекций II Всероссийской школы-конференции п. Борок, 18-22 ноября, 2014 г. С. 328–331.

10. Прокопук М.С. Инвазионные высшие водные растения города Киева и его окрестностей. «Гидророботаника – 2015»: мат. VIII Всероссийской конференции с международным участием по водным макрофитам, п. Борок, 16-20 октября 2015 г. С. 204–206.

11. Зуб Л.М., Прокопук М.С., Погорелова Ю.В. Різноманіття флори вищих водних рослин Національного природного парку «Голосіївський». Прагматичні аспекти діяльності національних природних парків у контексті збалансованого розвитку : мат. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 20-річчю Національного природного парку «Вижницький», смт. Берегомет, Чернівецька обл.–Чернівці, 17–19 вересня, 2015 р. Друк Арт. С. 306–309. (*Особистий внесок дисертанта: участь в узагальненні результатів*).

12. Прокопук М.С. Екологічні умови поширення чужорідних видів макрофітів гідротопами міста Києва. «Шевченківська весна 2016: біологічні науки»: мат. XIV міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 6-8 квітня, 2016. С. 165–166.

13. Прокопук М.С. *Egeria denza* Planch. – рідкісний неофіт Середнього Придніпров'я. Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, Київ, 25-26 травня 2017 р. С. 134–138.

14. Zub L.M., Prokopuk M.S. Assessment of the environmental threats of alien aquatic plants. XII International Conference «Synanthropization of Flora and Vegetation». Uzhhorod and Berehove, 2018, September 20–22. P. 73. (*Особистий внесок дисертанта: збір матеріалів, участь в узагальненні результатів*).

АНОТАЦІЯ

Прокопук М.С. Інвазії макрофітів в Середньому Придніпров'ї. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Державний заклад «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління».

Дисертаційне дослідження становить аналіз генезису проникнення та регіональних особливостей інвазій чужорідних видів макрофітів у водні екосистеми Середнього Придніпров'я. Проведено інвентаризацію чужорідних видів вищих водних рослин Середнього Придніпров'я, досліджено особливості їхнього поширення, біотопічного приурочення, регіональні особливості екології та стратегії поведінки; описані нові місцезнаходження для ряду чужорідних макрофітів (*Azolla caroliniana* Willd., *Elodea nuttallii* (Planch.), *Egeria densa* Planch. та *Pistia stratiotes* L.) у Середньому Придніпров'ї; вказано на флуктуаційний характер розвитку популяцій *Egeria densa* для регіону досліджень; проаналізовано зв'язок продукційних показників ценопопуляцій та фенотипічної мінливості особин елодей з гідрологічним та трофічним режимами біотопів; на основі виявленого впливу вмісту основних біогенних речовин на формування екоморф у *Elodea nuttallii* запропоновано підходи щодо біологічної індикації антропогенної евтрофікації водойм; розроблено оригінальну методику оцінки інвазійного потенціалу вищих водних рослин та оцінено ступінь екологічної загрози чужорідних макрофітів для природних екосистем Середнього Придніпров'я.

Ключові слова: чужорідні види, інвазії, макрофіти, Середнє Придніпров'я, водні екосистеми.

АННОТАЦИЯ

Прокопук М.С. Инвазии макрофитов в Среднем Приднепровье. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. Государственное учреждение «Государственная экологическая академия последипломного образования и управления».

Диссертационное исследование составляет анализ генезиса проникновения и региональных особенностей инвазий чужеродных видов макрофитов в водные экосистемы Среднего Приднепровья. Проведена инвентаризация чужеродных видов высших водных растений Среднего Приднепровья, исследованы особенности их распространения, биотопической принадлежности, региональные особенности экологии и стратегии поведения; описаны новые местонахождения для ряда чужеродных макрофитов (*Azolla caroliniana* Willd., *Elodea nuttallii* (Planch.), *Egeria densa* Planch. и *Pistia stratiotes* L.) в Среднем Приднепровье; указано на флуктуационный характер развития популяций *Egeria densa* для региона исследований; проанализирована связь производительных показателей ценопопуляций и фенотипической изменчивости особей элодей с гидрологическим и трофическим режимами биотопов; на основе выявленного влияния содержания

основных биогенных веществ на формирование екоморф в *Elodea nuttallii* предложены подходы по биологической индикации антропогенной эвтрофикации водоемов; разработана оригинальная методика оценки инвазивного потенциала высших водных растений и оценена степень экологической угрозы чужеродных макрофитов для природных экосистем Среднего Приднепровья.

Ключевые слова: чужеродные виды, инвазии, макрофиты, Среднее Приднепровье, водные экосистемы.

SUMMARY

Prokopuk M.S. Invasions of macrophytes in the Middle Dnipro Region. – Manuscript.

Dissertation for the candidate of biological sciences degree in speciality 03.00.16 – ecology. State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management.

The thesis is devoted the analysis of the genesis of penetration and the regional features of invasion alien species of macrophytes in aquatic ecosystem of the Middle Dnipro Region. It has been inventoried an alien species of higher aquatic plants of the Middle Dnipro Region. It has been established modern features of dispersal and biotopic confinement of macrophytes in aquatic ecosystem of research region. It has been investigated regional features of cenology, ecology, phenotypic variability of model species and it's production indicators. It has been characterized specifics of invasion strategy. It has been evaluated potential environmental impact of alien macrophytes on natural ecosystems and it is developed recommendation of assessments possible consequence and invasive potential.

On the territory of the Middle Dnipro are spreaded 11 alien species of higher aquatic plants, that made near 15% of the lists of hydrophilic flora in the region. It has been preferred the reservoirs with high trophic status (from meso-eutrophic to eutrophic). Current change of secondary area of *Acorus calamus*, *Elodea canadensis* and *Vallisneria spiralis* are not observed, invasion on these plants tooked place more than 100 years ago and they are completely naturalized. Eight species, invasion of which are not more than 20-50 years (*Azolla caroliniana*, *Egeria densa*, *Elodea nuttallii*, *Lemna turionifera*, *Phragmites altissimus*, *Pistia stratiotes*, *Zizania latifolia*, *Typha laxmannii*) can be considered as capable of penetrating into new habitats. In the Middle Dnipro Region the cenopopulations of alien aquatic plants exhibited a wide morphometric variability (the range of values varies from 20 to 100%), which indicates about the plasticity of species and the passage of the processes of active adaptation. The increase of the nutrient of the reservoirs causes a decrease in the production indicators of cenopopulations of *Elodea*: high values of phytomass are formed under conditions of moderate content of nitrogen compounds of mineral, less water temperature; impact the content of phosphates in the water on the production values are lower.

Assessment of the invasive potential of alien aquatic plants in the Middle Dnipro showed that *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Azolla caroliniana* and *Pistia stratiotes* – these are species that can be have a high invasive potential. Other species can be considered alarming alien species.

Key words: alien species, invasion, Middle Dnipro Region, aquatic ecosystems.