УДК 591.5+595.7
DOI https://doi.org/10.26661/2410-0943-2020-1-05

Білоакацієва міль-строкатка (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863) у паркових зонах м. Дніпра

Голобородько К. К., Русинов В. І., Пахомов О. Є.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна
goloborodko@ua.fm

Ключові слова: *біологічна інвазія, інвазійні лускокрилі, Gracillariidae, міське середовище.*

У роботі проведено дослідження особливостей заселення інвазійного виду молей-строкаток (Gracillariidae Stainton, 1854) білоакацієвої молі-строкатки (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863) різних паркових екосистем м. Дніпро. Оцінку масштабів інвазії та активності заселення різних екосистем мінером-інвайдером було здійснено за кількістю візуально зареєстрованих мін на листках кормової рослини робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753). Дослідженнями було охоплено всі основні за розмірами паркові екосистеми м. Дніпро, де висаджено дерева кормової рослини. Польові спостереження проведено протягом трьох вегетаційних сезонів (2018–2020 рр.). Морфологічні дослідження мін *P. robiniella* проводили на стадії їх максимального розвитку, що відповідало останньому віку гусені. Для цього використано такі параметри: довжину міни (L) за центральною жилкою, максимальну ширину міни (W), площу міни (S), площу листкової пластинки (Sl). Розраховували відношення довжини до ширини міни (L/W) та відношення площі міни до площі листкової поверхні (S/Sl). З'ясувалось, що найбільша кількість мін реєструвалась у більш чистих зонах м. Дніпро, що розташовувались на високих відмітках рельєфу, – Ботанічному саду ДНУ та парку імені Т.Г. Шевченка, а також у природному заповіднику Дніпровсько-Орільський. Найменша кількість мін реєструвалась ближче до центру міста, у парку Сагайдак та парку імені Лазаря Глоби. Морфологічні дослідження мін дозволили встановити, що коефіцієнт варіації довжини міни дорівнює 0,4, ширини – 0,6, а площі – 0,8. Відношення довжини до ширини менш варіативне, ніж відношення площі міни до площі листкової поверхні. Це, з одного боку, пов'язано з більш стабільною загальною формою міни, з іншого – досить мінливою площею міни, що, вірогідно, залежить від різних факторів міського середовища.

The locust digitate leafminer (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863) in park areas of Dnipro city

Holoborodko K. K., Rusynov V. I., Pakhomov O. Ye.
Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

Key words: *biological invasion, invasive lepidoptera, Gracillariidae, urban environment.*

The study on peculiarities of introduction features of the invasive moth species (Gracillariidae Stainton, 1854) such as the locust digitate leafminer (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863) was carried out in various park ecosystems of Dnipro city. Degree of invasion and activity of the invasive leaf miner introduction in various ecosystems were assessed by the number of lepidopteran leaf mines visually observed on the leaves of *Robinia pseudoacacia* Linnaeus (1753) as a main food plant species. The research covered all major park ecosystems in Dnipro where this food plant trees have been planted. Field surveys were conducted during three growing seasons (2018–2020). Morphological studies of *P. robiniella* mines were performed at the stage of their maximum development, which corresponded to final caterpillar stage. To achieve the study goal, the following parameters were used: mine length (L) along the central vein, mine maximum width (W), mine area (S), leaf blade area (Sl). The ratio of mine length to mine width (L/W) and the ratio of mine area to leaf surface area (S/Sl) were calculated. It was found that the largest number of mines was registered within ecologically cleaner areas of Dnipro city situated on higher relief position as the Botanical Garden of DNU and the Park named after T.G. Shevchenko, as well as in the Dnipro-Oril' Nature Reserve.
The smallest number of mines was registered nearly to the city center, respectively, in the Sagaidak Park and the Lazar Globa Park. Morphological studies of mines revealed that variation coefficient of mine length was 0.4, that of width was 0.6, and that of area was 0.8. Length to width ratio was less variable comtared to the ratio of mine area to leaf surface area. This is attributable to, on the one hand, the more stable overall mine shape, and, on the other hand, the rather variable mine area, which probably depends on various factors in the urban environment.

Вступ

Згідно із сучасними уявленнями[1], біологічну інвазію розглядають як другу за значенням після знищення середовищ існування загрозу для збереження природного біологічного різноманіття. Наслідком проникнення видів-інвайдерів часто можуть бути невиправні екологічні наслідки[2], що призводять до суттєвих біологічних порушень життєдіяльності цілих екосистем[3], у результаті чого наносять значні економічні збитки різним галузям господарств.

У наш час відомо 187 видів лускокрилих, що розповсюджуються Європою[4]. При цьому 90 видів є аборигенними. Інвазія цих видів пов'язана зі штучним розширенням ареалу кормових рослин. Інші 97 видів – екзотичні види, випадково інтродуковані людиною на нову територію з потенційно придатними кормовими об'єктами. Більшість екзотичних видів потрапила до Європи у другій половині XX ст. Для 78 видів з них установлено походження[4].

На сучасному етапі серед адвентивних лісових видів на території України поширились мінери, роль яких підвищується серед інших фітофагів, у зв'язку з високою здатністю пристосовуватись до досить високого рівня забруднення, дефіциту вологи, дії інсектицидів, а також великої кількості поколінь за рік[5]. Така сама ситуація спостерігається і в Європі[6].

Історія інвазії адвентивних видів лускокрилих-мінерів на території України нараховує більше 20 років[7]. За цей період найбільше занепокоєння викликають чотири види-інвайдери[3, 5, 7], що належать до родини молей-строкаток (Gracillariidae Stainton, 1854), – каштановий мінер (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986), японська липова мінуюча міль-строкатка (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963), білоакацієва міль-строкатка (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863) і білоакацієвий мінер (*Phyllonorycter robiniella* Clemens, 1859).

Особливе занепокоєння викликає поява в Україні комплексу адвентивних видів псевдоакацієвих мінерів *Parectopa robiniella* та *Phyllonorycter robiniella*. На території м. Дніпро вперше поява цих інвайдерів була зареєстрована у 2007 р.[7]

На поточний момент відбулось повне заселення всіх зелених зон із насадженнями робінії. Біоекологічні особливості цих видів-інвайдерів досліджуються у Східній Європі понад 15 років[8,9,10], але й досі лишаються нез'ясованими особливості механізму заселення різних екосистем міського середовища.

Отже, мета дослідження – встановити масштаби та активність інвазії *Parectopa robiniella* у паркових зонах м. Дніпро.

Матеріали та методи

Польові дослідження було проведено протягом трьох вегетаційних сезонів (2018–2020 рр.) на території всіх основних паркових екосистем м. Дніпро, в яких висаджено кормову рослину інвайдера – робінію псевдоакацію (*Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753). Кількість мін на деревах реєстрували за модельною гілкою. Шляхом рандомізації вибирали дерево і випадкову гілку на ньому довжиною не менше 1 м. Після цього підраховували кількість листків та кількість мін, що утворили особини *P. robiniella*.

На рис 1. представлена карта з ділянками, на яких проводили збір матеріалу та підрахунок мін *P. robiniella* на модельній гілці *R. pseudoacacia.*

1. Парк Мануйлівський – 48°29′N 35°03′E
2. Парк імені Лазаря Глоби – 48°28′N 35°01′E
3. Лісопарк Дружби народів – 48°31′N 35°05′E
4. Парк Придніпровський – 48°24′N 35°07′E
5. Парк 40-річчя визволення Дніпропетровська – 48°25′N 35°01′E
6. Парк імені Т.Г. Шевченка – 48°27′N 35°04′E
7. Ботанічний сад ДНУ імені Олеся Гончара – 48°26′N 35°02′E
8. Дніпровсько-Орільський природний заповідник – 48°30'N 34°46'E

Морфологічні дослідження мін проводили у зелених зонах міста протягом вегетаційних сезонів 2018–2020 рр. Пошкоджене мінами листя *R. pseudoacacia* фотографували на цифрову фотокамеру з роздільною здатністю 5 мегапікселів. До листя прикладали об'єкт-мікрометр для калібрування вимірюваних параметрів. Вимірювання проводили за цифровими фотографіями за допомогою програми ToupView 3.7. Вимірювали параметри, за якими можна об'єктивно[11] аналізувати успішність заселення: довжину міни (L) за центральною жилкою, максимальну ширину міни (W) перпендикулярно до її довжини, площу міни (S), площу листкової пластинки (Sl). Розраховували відношення довжини до ширини міни (L/W) та відношення площі міни до площі листкової поверхні (S/Sl).

Для порівняння морфометричної мінливості мін *P. robiniella*, а також заселення мінерами побудували

Рис. 1. Карта з відмітками екосистем, на яких проводили збір матеріалу та підрахунок мін *Parectopa robiniella* Clemens, 1863, що були утворені на *Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753: лівий берег – лісопарк Дружби народів, парк Сагайдак; правий берег – парк імені Лазаря Глоби, парк імені Т.Г. Шевченка, Ботанічний сад ДНУ, парк 40-річчя визволення Дніпропетровська; парк Придніпровський

таблиці досліджуваних характеристик (довжина, ширина, площа міни) та індексів (відношення довжини до ширини, відношення площі міни до площі листкової поверхні). Для порівняння цих характеристик мін на *R. pseudoacacia* у різних зелених зонах міста Дніпра застосували однофакторний дисперсійний аналіз і тест Тьюкі. Обробку первинних даних проводили Microsoft Excel 2019, подальшу – у пакеті програм Statistica 13.3. Достовірними відмінностями вважали за $p < 0.05$.

Результати

За результатами статистичної обробки даних найбільша кількість мін реєструвалась у більш чистих зонах м. Дніпро (рис. 3), таких як Ботанічний сад ДНУ та парк імені Т.Г. Шевченка. Найменша кількість мін реєструвалась безпосередньо у центрі міста: у парку Сагайдак та парку імені Лазаря Глоби.

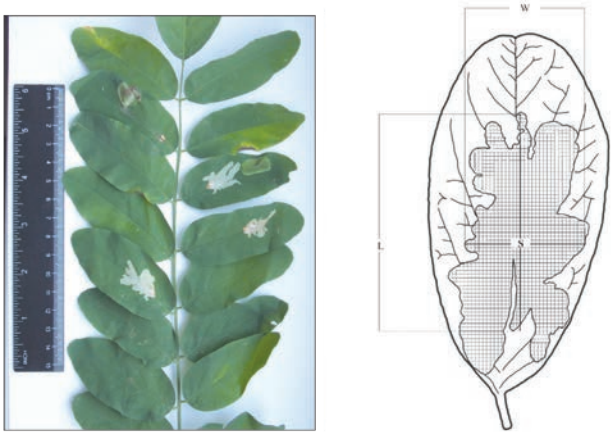

Рис. 2. Розташування мін на листку та схема морфометричних параметрів мін *Parectopa robiniella* Clemens, 1863: L – довжина міни, W – ширина міни, S – площа міни

Крива мінливості середньої кількості мін на листку (а) майже повністю повторює криву мінливості абсолютної кількості мін (*б*). Відповідно, середня кількість мін *P. robiniella* не залежить від кількості листків *R. pseudoacacia*.

За результатами однофакторного дисперсійного аналізу заселення мінерів у різних зелених зонах м. Дніпро (табл. 1) статистично достовірні ($p < 0.05$) відмінності виявились між парком Сагайдак і парком Придніпровський, парком Сагайдак та парком 40-річчя визволення Дніпропетровська, парком Сагайдак та парком імені Т.Г. Шевченка, парком Сагайдак і Ботанічним садом ДНУ.

На території Ботанічного саду ДНУ нами зареєстровано тотальне заселення дерев робінії. У результаті проведених досліджень з'ясувалось, що *P. robiniella* проявляє відносно велику пластичність до вибору умов існування. Про це свідчать статистичні дані (табл. 2), отримані під час морфологічних досліджень мін.

За результатами дослідження (табл. 2) довжина міни у середньому становить 13,7 мм, а ширина – 8,4 мм. Площа міни у середньому 3787,6 мм^2. Відношення довжини до ширини міни становить 1,9, що сильно віддаляє форму міни від кола: вона має сильно витягнену форму. Коефіцієнт варіації довжини міни дорівнює 0,4, ширини – 0,6, а площі – 0,8. Відношення довжини до ширини менш варіативне, ніж відношення площі міни до площі листкової поверхні.

Обговорення

Швидкість інвазії та екологічна пластичність, яку демонструють види-інвайдери родини молей-строкаток (Gracillariidae), має велике значення у спостереженнях за станом їх популяцій[12]. Поява в Україні адвентивних видів псевдоакацієвих мінерів (білоакацієвої молі-стро-

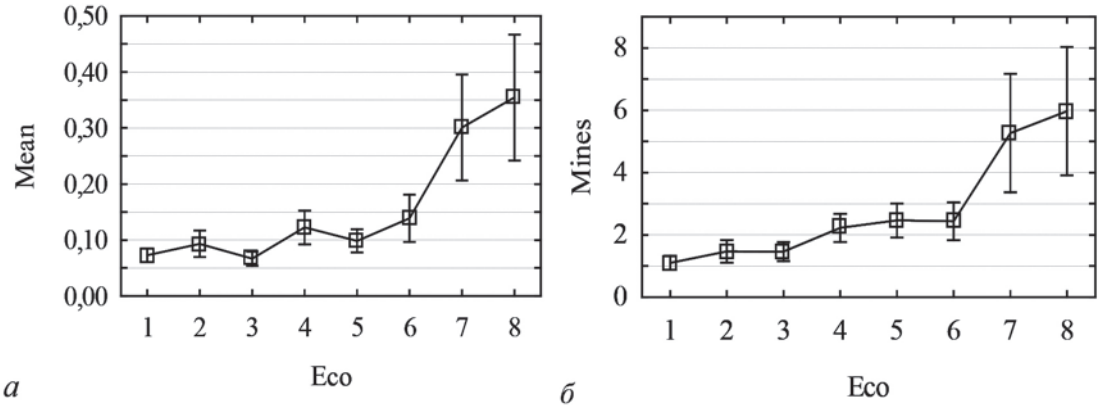

Рис. 3. Мінливість заселення *Parectopa robiniella* Clemens, 1863 на модельних гілках *Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753: *а* – мінливість середньої кількості мін на листках (Mean), *б* – мінливість абсолютної кількості мін на листках (Mines); за віссю абсцис – номер екосистеми (Eco), за віссю ординат – значення характеристики

Таблиця 1 – Результати однофакторного дисперсійного аналізу заселення мінерів у різних зелених зонах м. Дніпро

Eco	*n*	*x ± SD*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
1	242	1,10±0,32	1,0360	1,0360	1,2608	0,2682
2	232	1,47±1,02				
1	242	1,10±0,32	1,0403	1,0403	1,4135	0,2404
3	200	1,46±0,94				
1	242	1,10±0,32	9,8560	9,8560	6,8703	0,0120*
4	161	2,22±1,33				
1	242	1,10±0,32	15,7926	15,7926	4,4560	0,0387*
5	125	2,46±2,03				
1	242	1,10±0,32	14,2041	14,2041	5,0388	0,0295*
6	63	2,44±1,86				
1	242	1,10±0,32	130,2083	130,2083	6,5556	0,0146*
7	84	5,27±5,10				

*Примітка: Eco – номер екосистеми (див. Матеріали і методи), n – розмір вибірки; x ± SD, SS – сума квадратів, MS – значення квадратів , F – значення Фішера, P – ступінь достовірності, *, **, *** – ступінь достовірності, який відповідає 0,05, 0,01 та 0,001 відповідно*

катки *Parectopa robiniella* та білоакацієвого мінера *Phyllonorycter robiniella)* викликає особливе занепокоєння, оскільки *R. pseudoacacia* в умовах глобального потепління клімату відносять до стратегічних порід, надзвичайно витривалих до посухи[13].

За результатами нашого дослідження заселення мінерами робінії найбільшу щільність мін зареєстровано у більш чистих зелених зонах – у Ботанічному саду ДНУ та у природному заповіднику Дніпровсько-Орільський. Причиною може бути різність умов існування; можливо, мінери, що населяють зелені зони м. Дніпро, відчувають вплив комплексу антропогенних факторів, що стримують розвиток їх популяцій. Таким чином, робінія в межах міста менше проявляє схильність до зараження мінерами порівняно із деревами у більш чистих екосистемах. З цього можна зробити висновок, що найбільш уразливі особини робінії ті, що знаходяться за межею міста.

Морфологічна мінливість є одним із проявів адаптацій, що формує пристосування живих організмів до змін умов навколишнього середовища[14]. Ефекти впливу фактору накопичуються в біологічних об'єктах за певний проміжок часу. Морфологічні особливості живих організмів значною мірою залежать від місця їх проживання. Зумовлене це особливостями раціону, періодом розмноження, пристосуванням до тієї чи іншої екосистеми тощо. Морфологічна мінливість характеризується зміною вагових та лінійних показників – це результат впливу чинників довкілля. Морфологічна мінливість популяції є проявом загального генетичного поліморфізму і індикатором потенційної стійкості популяції в умовах високого антропогенного навантаження на природні екосистеми[15]. Дослідження морфологічної мінливості безхребетних тварин дозволяє оцінити здатність популяції підтримувати сталість, можливість змін у межах одного виду і відхилення від середніх розмірів[16], а також скласти оцінку якості довкілля[17]. Морфологічні зміни найчастіше оцінюють за допомогою морфометричних індексів[14].

Таблиця 2 – Морфометрична мінливість мін/у популяціях *Parectopa robiniella* Clemens, 1863 (n = 84) на території Ботанічного саду ДНУ

Характеристика	***CV***	***SD***	***x***
L	0,40	5,50	13,70
W	0,60	4,90	8,40
S	0,80	3178,10	3787,60
Sl	0,40	11038,60	27137,70
L/W	0,30	0,50	1,90
S/Sl	0,80	0,10	0,10

Примітка: CV – коефіцієнт варіації; SD – стандартне відхилення; x – середнє значення; L – довжина міни, W – ширина міни, S – площа міни, Sl – площа листової пластинки, L/W – відношення довжини міни до її ширини, S/Sl – відношення площі міни до площі листкової пластинки

Морфологічні характеристики мін можна сприймати як головні показники успішного живлення гусені мінерів[11]. Оцінка площі міни визначає активність живлення гусені у ній[10]. Для перевірки цих гіпотез нами було здійснено морфометричні дослідження мін *P. robiniella.* У результаті проведених у вегетаційних сезонах 2018–2020 рр. досліджень з'ясувалось, що *P. robiniella* проявляє відносно велику пластичність до вибору умов існування. Про це свідчать статистичні дані (табл. 2), отримані під час морфологічних досліджень мін: коефіцієнт варіації довжини міни дорівнює 40,

ширини – 60, а площі – 100%. Відношення довжини до ширини менш варіативне, ніж відношення площі міни до площі листкової поверхні. Це, з одного боку, пов'язано з більш стабільною загальною формою міни, з іншого – досить мінливою площею міни, що, вірогідно, залежить від впливу комплексу факторів навколишнього середовища.

Висновки

Найбільша кількість мін реєструвалась у більш чистих зонах, що розташовані на високих відмітках рельєфу м. Дніпро, – Ботанічному саду ДНУ та парку імені Т.Г. Шевченка, а також у природному заповіднику Дніпровсько-Орільський. Найменша кількість мін реєструвалась ближче до центру міста: у парку Сагайдак та парку імені Лазаря Глоби. Робінія псевдоакація в межах міста менше проявляє схильність до заселення *P. robiniella* порівняно із деревами у більш чистих екосистемах. Найбільш уразливі особини робінії до заселення мінерами ті, що знаходяться за межею міста. Дослідження морфометричної пластичності мін *P. robiniella* надають особливого значення спостереженню за їх популяціями. Дослідження трофічних зв'язків мінерів-інвайдерів допоможуть виробленню сучасної стратегії контролю чисельності цих видів, а отже, захисту провідної для степової зони України лісо-меліоративної культури – *R. pseudoacacia*.

Література

(1) Vitousek, P.M.; D'Antonio, C.M.; Loope, L.L.; Westbrooks, R. Biological invasions as global environment change. American Scientist. **1996**, 84, 468–478.

(2) Holoborodko, K.K.; Marenkov, O.M.; Gorban, V.A.; Voronkova, Y.S. The problem of assessing the viability of invasive species in the conditions of the steppe zone of Ukraine. Vìsn. Dnìpropetr. Unìv. Ser. Bìol. Ekol. **2016**, 24(2), 466–472. https://doi.org/10.15421/011663

(3) Голобородько, К.К.; Селютіна, О.В.; Крайник, Ю.М.; Пахомов, О.Є. Комплекс інвазійних Лускокрилих (Lepidoptera) на території Національного природного парку «Великий Луг». Український ентомологічний журнал. **2020**, 1–2 (18), 30–35. DOI: https://doi.org/10.15421/282004

(4) Lopez-Vaamonde, C. Chapter 11. Lepidoptera / Lopez-Vaamonde, C.; Agassiz, D.; Augustin, S.; De Prins, J.; De Prins, W.; Gomboc, S.; Ivinskis, P.; Karsholt, O.; Koutroumpas, A.; Kouttoumpa, F.; Laštůvka, Z.; Marabuto, E.; Olivella, E.; Przybylowicz, L.; Roques, A.; Ryrholm, N.; Šefrová, H.; Šima, P.; Sims, P.; Sinev, S.; Skulev, B.; Tomov, R.; Zilli, A.; Lees, D. Alien terrestrial arthropods of Europe / Eds. A. Roques et al. BioRisk. **2010**, 4 (2), 603–668.

(5) Мєшкова, В.Л.; Туренко, В.П.; Байдик, Г.В. Адвентивні шкідливі організми в лісах України. Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Серія «Фітопатологія та ентомологія». **2014**, 1–2, 112–121.

(6) Kirichenko, N.; Augustin, S.; Kenis, M. Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact, and management. Journal of Pest Science. **2018**, First Online: 29 June 2018, 1–14.

(7) Голобородько, К.К.; Русинов, В.І.; Селютіна, О.В. Інвазійні молі-строкатки (Gracillariidae Stainton, 1854) фауни Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. **2018**, 47, 87–91.

(8) Šefrova, H. Phyllonorycter robiniella (Clemens, 1859) – egg, larva, bionomics and its spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae). Acta Universitatis agriculturae mendelianae Brunensis, **2002**, 50, 7–12.

(9) Ivinskis, P.; Rimsaite, J. Records of Phyllonorycter robiniella (Clemens, 1859) and Parectopa robiniella Clemens, 1863 (Lepidoptera, Gracillariidae) in Lithuania. Acta Zoologica Lituanica, **2008**, 18 (2), 130–133.

(10) Fodor, E.; Hâruţa, O. Niche partition of two invasive insect species, Parectopa robiniella (Lepidoptera, Gracillariidae) and Phyllonorycter robiniella (Clem.) (Lepidoptera, Gracillariidae). Research Journal of Agricultural Science, **2009**, 41 (2), 261–269.

(11) Holoborodko, K.K.; Rusynov, V.I.; Seliutina, O.V. Addition to analysis of morphological parameters of mines on two invasive leaf-mining Lepidoptera species ((Parectopa robiniella (Clemens, 1863) and Phyllonorycter robiniella (Clemens, 1859)) on black locust . Problems of bioindications and ecology. **2018**, 23 (2) 134–141. https://doi.org/10.26661/2312-2056/2018-23/2-09

(12) Lakatos, F.; Kovacs, Z.; Staujfer, C.; Kenis, M.; Tomov, R.; Davis, D.R. The Genetic Background of Three Introduced Leaf Miner Moth Species – Parectopa robiniella Clemens 1863, Phyllonorycter robiniella Clemens 1859 and Cameraria ohridella Deschka et Dimič 85 1986. Proceedings Forest Insect Population Dynamics and Host Influences (Kanazawa, Japan, 14–19 September 2003). Kanazawa, **2006**, 67–71.

(13) Enescu, C.M.; Dănescu, A. Black locust (Robinia pseudoacacia L.) – an invasive neophyte in the conventional land reclamation flora in Romania. Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: Forestry, Wood Industry,Agricultural Food Engineering. **2013**, 6 (55), 2, 24–30.

(14) Слинько, В.А.; Бригадиренко, В.В.; Пахомов, А.Е. Морфологическая изменчивость Bembidion varium (Carabidae, Coleoptera) в условиях антропогенного воздействия. Известия НАН Азербайджана (биологические науки). **2008**, 63 (5–6), 208–214.

(15) Бригадиренко, В.В.; Федорченко, Д.О. Морфологічна мінливість популяції Carabus hungaricus scythus (Coleoptera, Carabidae) в умовах острова Хортиця (Запорізька область). Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. **2008**, 1(16), 20–27.
(16) Brygadyrenko, V.V.; Korolev, O.V. Morphological polymorphism in an urban populatiom of Pterostichus melanarius (Illiger, 1798) (Coleoptera, Carabidae). Graellsia. **2015**, 71(1), 1–15. http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2015.v71.126.
(17) Hodkinson, I.D.; Jackson, J.K. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. Environmental Management. **2005**, 5 (35), 649–666.