



УДК 594.382:591.522

ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ІНВАЗИВНОГО ВИДУ СЛИЗНІВ *ARION LUSITANICUS SENSU LATO* У ЄВРОПІ

О. В. Гарбар, Н. С. Кадлубовська

Житомирський державний університет ім. Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир 10008, Україна
e-mail: o.v.harbar@gmail.com

Здійснено моделювання екологічної ніші (BIOCLIM) інвазивного виду слизнів *Arion lusitanicus sensu lato*. Встановлено, що він має значний потенціал до подальшого поширення. До початку наших досліджень його виявляли тільки у Західній Україні, тоді як результати проведеного моделювання доводять можливість його поширення майже по всій території країни. На користь цього свідчить і нова виявлена нами популяція *A. lusitanicus s.l.* у м. Рівному. Аналіз біокліматичних параметрів по території ареалу *A. lusitanicus s.l.* доводить його широку екологічну толерантність. При цьому вид характеризується значною стійкістю до різких коливань температур, однак негативно сприймає надмірну вологість і низькі температури. Більша частина ареалу *A. lusitanicus s.l.* лежить у песимальній зоні, що може бути пов'язано із виключно синантропним його поширенням. Подальша експансія *A. lusitanicus s.l.* у східному напрямку по всій території Європи обмежується температурною сезонністю і мінімальною температурою найхолоднішого місяця. Однак, враховуючи розповсюдження *A. lusitanicus s.l.* по антропогенних біотопах зі своєрідними мікрокліматичними умовами, цілком вірогідним є його проникнення за межі прогнозованого ареалу.

Ключові слова: інвазивні види, BIOCLIM, слизні, *Arion lusitanicus s.l.*

ВСТУП

Інвазивний вид слизнів *Arion lusitanicus s.l.* почав поширюватись у багатьох європейських країнах ще з 1950-х років [21]. Тривалий час вважали, що він походить з Іспанії або Південної Франції, однак останнім часом дослідники схилиються до думки, що *A. lusitanicus s. l.* є нативним видом для Центральної Європи [16]. Порівняно нещодавно цей вид потрапив і на територію України. Його перші колонії були зареєстровані в містах Винники та Дрогобич у 2007–2009 рр. [7]. Улітку 2010 р. одразу кілька колоній *A. lusitanicus s.l.* було знайдено у Львові [8].

Використання назви досліджуваного виду викликає дискусії серед дослідників із різних країн. Деякий час було прийнято використовувати назву *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 [11, 13]. Вітчизняні автори використовують для позначення цього виду назву *Arion lusitanicus* з додаванням *sensu lato* (Balashov, Gural-Sverlova, 2012), тоді

як у деяких європейських джерелах вживають назву *Arion lusitanicus* auct. non Mabile [15, 16]. А серед західних дослідників досить поширеною є назва *A. vulgaris* Moquin-Tandon, 1856 [21], що викликає певну полеміку між авторами.

A. lusitanicus s.l. є серйозним шкідником як у сільському господарстві, так і у приватних садибах [4]. Цей вид надає перевагу відкритим територіям [3]. *A. lusitanicus* s.l. є гермафродитом і має річний життєвий цикл. Відкладання яєць починається в літній період і триває до грудня [12]. Одна особина може відкласти кілька сотень яєць [2]. Така висока плодючість зумовлює значну щільність поселень цього виду. Так, у деяких випадках реєстрували близько 50 екз/м² [6]. Польові спостереження та лабораторні дослідження доводять, що більшість особин *A. lusitanicus* s.l. гинуть після відкладання яєць [12]. Оскільки дорослі особини не переживають зимовий період, а яйця є достатньо стійкими до дії несприятливих чинників середовища, *A. lusitanicus* s.l. має суттєвий потенціал до подальшого поширення. Однак встановлено, що на час розвитку яйця і вилуплення мають значний вплив температура [11] і вологість [17]. Активність і розмноження цього виду стримують періоди посухи. Але навряд чи вони можуть викликати істотне збільшення смертності слизнів [13].

Оскільки *A. lusitanicus* s.l. швидко заселяє нові території, завдаючи значних екологічних і економічних збитків, особливо актуальним є прогнозування його подальшого поширення та з'ясування чинників, які можуть впливати на цей процес.

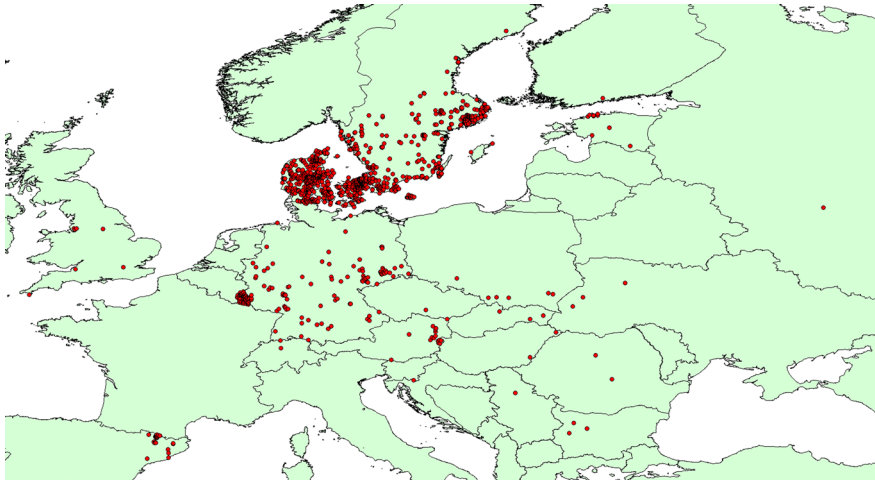
Знаючи, в яких умовах поширений той чи інший вид, можна з високою вірогідністю прогнозувати райони його успішної інтродукції. Сучасний науковий підхід до дослідження інвазивних видів передбачає виявлення потенційних можливостей їх поширення [20] або потенційних ареалів. Потенційний ареал базується на кліматичних показниках і може бути визначений за допомогою біокліматичного моделювання, заснованого на використанні ГІС-технологій. Біокліматичне моделювання розповсюдження видів, засноване на використанні кліматичних показників і ГІС-технологій, може виявити території, придатні за своїми кліматичними характеристиками для існування того чи іншого виду [1].

Метою цієї роботи було дослідження потенційних можливостей поширення *A. lusitanicus* s.l. у Європі та в Україні зокрема. Для цього на підставі даних про сучасне поширення виду та біокліматичних параметрів встановлено кліматичну нішу виду і складено прогнозну карту його розповсюдження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідження включено всі країни Європи. Дані про поширення *A. lusitanicus* s.l. отримано із електронної бази даних Global Biodiversity Information Facility [5] та використано останні літературні дані щодо його поширення у Східній Європі [15, 18]. Окрім цього, нами вперше виявлено *A. lusitanicus* s.l. на території рівненського зоопарку. Всього в аналізі включено 1936 пунктів реєстрації цього виду у Європі (рис. 1).

Для визначення кліматичного профілю та складання моделі поширення *A. lusitanicus* s.l. використано програму DIVA GIS 7.4.0.1. Кліматичні дані – 19 змінних (табл. 1), взяті з бази WorldClim v. 1.4 (<http://www.worldclim.org>) [9]. База включає мережу з просторовою роздільною здатністю 2,5 кутових хв, у вузлах якої розміщені кліматичні характеристики, отримані екстраполяцією даних метеостанцій з 1950 по 2000 р. Використано метод BIOCLIM, розроблений Н. Ніксом [14], який широко використовується для побудови екологічних ніш видів і виявлення їхніх потенційних ареалів [19].

Рис. 1. Сучасне поширення *A. lusitanicus* s.l. у ЄвропіFig. 1. Present distribution of *A. lusitanicus* s.l. in Europe

Таблиця 1. *A. lusitanicus* s.l.: Біокліматичні параметри ніші виду (M – середнє значення; m – похибка середнього; min, max – межі мінливості)

Table 1. *A. lusitanicus* s.l.: bioclimatic parameters of the species' niche (M – mean; m – standard error, min, max – limits of variability)

Показники		M	m	min	max
Середньорічна температура	bio1	7,59	0,02	1,87	16,33
Середній місячний температурний діапазон	bio2	6,67	0,02	4,43	10,77
Ізотермічність ($[2/7]*100$)	bio3	27,12	0,07	21,21	41,87
Температурна сезонність (STD*100)	bio4	664,71	1,54	351,46	1036,61
Максимальна температура найтеплішого місяця	bio5	20,64	0,03	14,60	28,60
Мінімальна температура найхолоднішого місяця	bio6	-3,98	0,04	-14,80	7,60
Річний температурний діапазон	bio7	24,62	0,05	16,30	35,80
Середня температура наймокрішого кварталу	bio8	12,38	0,09	1,48	20,07
Середня температура найсухішого кварталу	bio9	2,11	0,04	-7,18	23,03
Середня температура найтеплішого кварталу	bio10	15,89	0,02	9,23	23,13
Середня температура найхолоднішого кварталу	bio11	-0,27	0,04	-9,43	10,88
Середньорічна кількість опадів	bio12	673,72	3,01	477,00	1402,00
Опади наймокрішого місяця	bio13	76,14	0,32	55,00	147,00
Опади найсухішого місяця	bio14	36,15	0,23	5,00	91,00
Сезонність опадів (CV)	bio15	24,80	0,13	9,34	67,45
Опади наймокрішого кварталу	bio16	216,81	0,91	157,00	419,00
Опади найсухішого кварталу	bio17	118,53	0,73	35,00	311,00
Опади найтеплішого кварталу	bio18	193,91	0,67	37,00	396,00
Опади найхолоднішого кварталу	bio19	141,88	0,81	85,00	362,00

Примітки: STD – стандартне відхилення, CV – коефіцієнт варіації.

Comments: STD – standard deviation, CV – coefficient of variation.

Цей метод заснований на виявленні кліматичної ніші досліджуваного виду, яка встановлюється комбінацією даних географічного поширення видів (географічні координати точок реєстрації виду) і кліматичних характеристик цих точок. Отримана модель проектується на електронну карту досліджуваного регіону і показує потенційне поширення виду та визначає області, де він може поширитися у майбутньому [20]. Для статистичного аналізу отриманих даних використано програмний пакет STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Для відомих місцезнаходжень *A. lusitanicus* s.l. розраховано 19 біокліматичних параметрів, середні значення та межі мінливості яких представлено у табл. 1. Отримані дані свідчать, що *A. lusitanicus* s.l. характеризується значним діапазоном толерантності до цих чинників, чим і пояснюється його широке розповсюдження.

Для визначення чинників, які найбільше впливають на поширення виду, проведено факторний аналіз біокліматичних показників. Виділено три основних фактори, які сумарно пояснюють 85,17 % загальної дисперсії (табл. 2).

Таблиця 2. Факторна структура екологічної ніші *A. lusitanicus* s.l. (Т – параметри, пов'язані з температурою, Р – з опадами, у дужках вказано частку дисперсії)

Table 2. Factor structure of the ecological niche of *A. lusitanicus* s.l. (T – parameters related to temperature, P – parameters related to precipitation; percentage of total variance is indicated in parentheses)

Параметри	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
	45,19%	24,14%	15,84%
bio1 T	-0,31	0,75	0,51
bio2 T	-0,12	-0,56	0,73
bio3 T	-0,72	-0,10	0,55
bio4 T	0,79	-0,52	0,24
bio5 T	0,35	-0,06	0,90
bio6 T	-0,51	0,78	0,19
bio7 T	0,62	-0,66	0,38
bio8 T	0,68	0,09	0,33
bio9 T	-0,52	0,66	0,24
bio10 T	0,44	0,35	0,77
bio11 T	-0,59	0,77	0,15
bio12 P	-0,93	-0,33	-0,02
bio13 P	-0,77	-0,51	0,04
bio14 P	-0,92	-0,27	0,06
bio15 P	0,59	-0,34	-0,02
bio16 P	-0,77	-0,49	0,01
bio17 P	-0,93	-0,24	0,07
bio18 P	-0,63	-0,59	0,26
bio19 P	-0,89	-0,20	0,05

Аналіз першого фактора, який пояснює понад 45 % загальної дисперсії, свідчить про високу посухостійкість *A. lusitanicus* s.l. (негативна кореляція зі шістьма параметрами, пов'язаними з опадами) та стійкість до різких коливань температур (негативна кореляція з ізотермічністю й позитивна – з температурною сезонністю).

Другий і третій фактори пов'язані виключно з температурними показниками. При цьому позитивна їх кореляція із низкою біокліматичних параметрів свідчить про достатньо високу теплолюбність цього виду (табл. 2). Отже, ми дійсно маємо справу з досить еврибіонтним видом, який негативно сприймає надмірну вологість і низькі температури.

За допомогою методу BIOCLIM побудовано модель імовірного поширення *A. lusitanicus* s.l. залежно від біокліматичних факторів (рис. 2). Тут слід ще раз підкреслити, що мова йде про моделювання ймовірнісного розподілу кліматичних умов, сприятливих для існування цього виду, а успіх інвазії його в екосистеми може залежати і від інших причин – конкурентних здібностей виду, взаємозв'язків компонентів угруповання та ін.

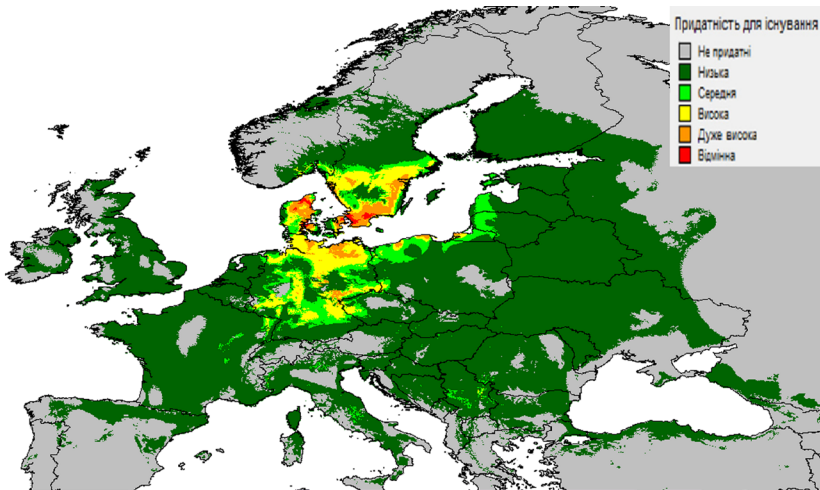


Рис. 2. Потенційний ареал *A. lusitanicus* s.l. у Європі за сучасних кліматичних умов
Fig. 2. Potential area of *A. lusitanicus* s.l. in Europe under contemporary climatic conditions

На карті різними кольорами показано зони з різною придатністю для існування *A. lusitanicus* s.l.: від оптимальних до песимальних. При цьому більша частина території, де цей вид трапляється, лежить у песимальній зоні, що може бути пов'язано з виключно синантропним його поширенням. Відомо, що у міських біотопах клімат, загалом, більш теплий і посушливий [10]. А отже, навіть у зоні песимуму в урбанізованому середовищі *A. lusitanicus* s.l. може знаходити умови, сприятливі для існування. Згідно з отриманою моделлю, прогнозований ареал цього виду охоплює більшу частину території України. Абсолютно непридатними є лише степові області на півдні та сході країни. Що стосується Європи в цілому, то значне подальше поширення цього виду на північ і південь малоімовірно. Хоча його поява у Криму, на Кавказі та чорноморському узбережжі Туреччини цілком можлива. Імовірно є також розширення ареалу цього виду у східному напрямку, про що свідчать останні його знахідки в м. Рівному та Калузькій області (Росія).

Як видно з моделі (рис. 3), отриманої у результаті застосування алгоритму Bioclim Most Limiting Factor, поширення *A. lusitanicus* s.l. у східному напрямку по всій території Європи обмежується температурною сезонністю (біо 4), хоча на східній межі цієї зони починає домінувати інший фактор – мінімальна температура найхолоднішого місяця (біо 6).

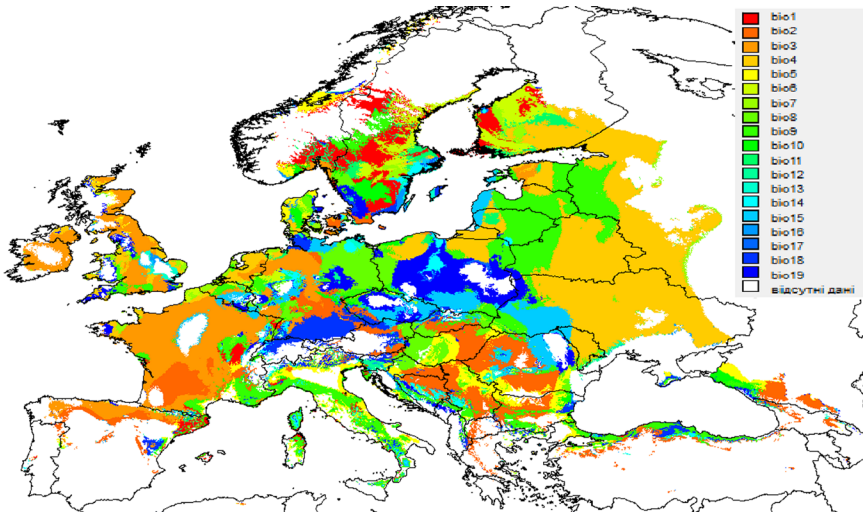


Рис. 3. Розподіл найбільш лімітуючих факторів по прогнозованому ареалу *A. lusitanicus* s.l. (Bioclim Most Limiting Factor)

Fig. 3. Distribution of most limiting factors in the predicted area of *A. lusitanicus* s.l. (Bioclim Most Limiting Factor)

Імовірно, незважаючи на високу стійкість цього виду до різких сезонних коливань температур, подальше зростання континентальності клімату у східному напрямку створює суттєві перешкоди для його поширення. Однак, враховуючи розповсюдження *A. lusitanicus* s.l. по антропогенних біотопах зі своєрідними мікрокліматичними умовами, цілком можливе подальше просування на схід цього небезпечного шкідника.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження встановлено, що інвазивний вид слизнів *A. lusitanicus* s.l. має значний потенціал до подальшого поширення в Україні. До початку наших досліджень його виявляли тільки у Західній Україні, тоді як результати проведеного моделювання доводять можливість його поширення принаймні до Дніпра. На користь цього свідчить і нова виявлена нами популяція *A. lusitanicus* s.l. у м. Рівному. Аналіз використаних біокліматичних параметрів по території ареалу *A. lusitanicus* s.l. свідчить про його еврибіонтність. При цьому він характеризується значною стійкістю до різких коливань температур, однак негативно сприймає надмірну вологість і низькі температури. Більша частина ареалу *A. lusitanicus* s.l. лежить у песимальній зоні, що може бути пов'язано із виключно синантропним його поширенням. Результати моделювання свідчать, що поширення *A. lusitanicus* s.l. у східному напрямку по всій території Європи обмежується температурною сезонністю. Однак, беручи до уваги розповсюдження *A. lusitanicus* s.l. по антропогенних біотопах зі своєрідними мікрокліматичними умовами, не можна виключити його поширення за межі прогнозованого ареалу. Цілком імовірним також є його поширення у Криму, на Кавказі та чорноморському узбережжі Туреччини.

1. *Anderson R.P., Lew D., Peterson A.T.* Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting models. **Ecological Modelling**, 2003; 162: 211–232.
2. *Briner T.* Investigations on the reproduction and the feeding behaviour of the slug *Arion lusitanicus* (Mabille). **Unpublished Master's Thesis. University of Berne.** Switzerland, 1997.
3. *Frank T.* Sown wildflower strips in arable land in relation to slug density and slug damage in rape and wheat. In: Henderson I.F. (Ed.) **Slug tird sritril pests iri qricidtitre.** Farnham: British Crop Protection Council, 1996; 66: 389–296.
4. *Frank T.* Slug damage and numbers of the slug pests *Arion lusitanicus* and *Deroceras reticulatum* in oilseed rape grown beside sown wildflower strips. **Agric. Ecos. Environ**, 1998; 67: 67–78.
5. *GBIF.org* (6th February 2015) GBIF Occurrence Download <http://doi.org/10.15468/dl.kltb7h>.
6. *Grimm B.* *Arion lusitanicus* Mab.: activity and development in response to environmental factors. **Unpublished Master's Thesis, University of Graz.** Austria, 1991. 75 p. (In German).
7. *Gural-Sverlova N.V., Gural R.I.* New findings of terrestrial mollusk on the territory of Lviv and Lviv region. **Proceedings of the State Natural History Museum.** Lviv, 2010; 26: 221–222. (In Ukrainian).
8. *Gural-Sverlova N.V.* The invasion of *Arion lusitanicus* from Spain in Lviv and its possible ecological and economical aftereffects. **Proceedings of the State Natural History Museum.** Lviv, 2011; 27: 71–80. (In Ukrainian).
9. *Hijmans R.J., S.E. Cameron J.L., Parra P.G.* et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, 2005; 25: 1965–1978.
10. *Klausnitzer B.* **Ecology of Urban Fauna.** M.: Mir, 1990. 246 p. (In Russian).
11. *Kozłowski J.* Reproduction of *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae) introduced in Poland. **Folia Malacologica**, 2000; 8: 87–94.
12. *Kozłowski J. and Kozkowski R.J.* Periods of occurrence and fecundity of *Arion lusitanicus* Mab. (Gastropoda: Pulmonata) in crop plant habitats in Poland. **Journal of Plant Protection Research**, 2000; 40: 260–266.
13. *Kozłowski J.* Daily activity of *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae). **Journal of Plant Protection Research**, 2001; 41: 279–286.
14. *Nix H.A.* biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. In: Longmore R. (Ed.) **Atlas of Australian Elapid snakes.** Canberra, Australia: Bureau of Flora and Fauna, 1986: 4–15.
15. *Păpureanu A.-M., Reise H., Varga A.* First records of the invasive slug *Arion lusitanicus* auct. non Mabille (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae) in Romania. **Malacologica Bohemoslovaca**, 2014; 13: 6–11.
16. *Pfenninger M., Weigand A., Bálint M., Klussmann-Kolb A.* Misperceived invasion: the Lusitanian slug (*Arion lusitanicus* auct. non-Mabille or *Arion vulgaris* Moquin-Tandon 1855) is native to Central Europe. **Evolutionary Applications**, 2014; 7(6): 702–713.
17. *Slotsbo S., Hansen., L.M., Holmstrup M.* Low temperature survival in different life stages of the Iberian slug, *Arion lusitanicus*. **Cryobiology**, 2011b; 62: 68–73.
18. *Sysoev A., Schileyko A.* **Land snails and slug of Russia and adjacent countris.** Pensoft Series Faunistica. Sofia; Moscow, 2009; 87: 454 p.
19. *Torres, R., J.P. Jayat.* Modelos predictivos de distribuciyn para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina. **Mastozoología Neotropical**, 2010; 17: 335–352. (In Spanish).
20. *Tytar V.* Analysis of habitat types: approach based on ecological niche modeling. **Vestnik Zoologii**, 2011; 25. 204 p. (In Ukrainian).
21. *Ward D.F.* Modeling the potential geographic distribution of invasive ant in New Zealand. **Bio Invasions**, 2007; 9: 723–735.
22. *Welter-Schultes F.* **European Non-marine Molluscs, a Guide for Species Identification.** Göttingen: Planet Poster Editions, 2012. 706 p.

POTENTIAL DISTRIBUTION OF THE INVASIVE SPECIES OF SLUGS *ARION LUSITANICUS SENSU LATO* IN EUROPE

A. V. Garbar, N. C. Kadlubowska

*Zhytomyr Ivan Franko State University, 40, B. Berdychivska St., Zhytomyr 10008, Ukraine
e-mail: o.v.harbar@gmail.com*

Ecological niche modeling (BIOCLIM) of the invasive slug *Arion lusitanicus sensu lato* was carried out. Considerable potential for further spread of this species was established. This species was found only in Western Ukraine before our study. However the results of modeling show the possibility of its distribution almost all over the country. A new population of *A. lusitanicus* s.l. found by us in Rivne confirms that. Analysis of the bioclimatic parameters on the area of *A. lusitanicus* s.l. demonstrates its wide ecological tolerance. This species is characterized by high resistance to sharp temperature variations, but negatively related to excessive humidity and low temperatures. Most of *A. lusitanicus* s.l. area is in a pessimal zone what can be associated with its synanthropic distribution. Further expansion of *A. lusitanicus* s.l. in Europe (in east direction) is limited by temperature seasonality and minimal temperature of coldest month. However, it is quite possible penetration of this species outside of the predicted range, given the distribution of *A. lusitanicus* s.l. in the anthropogenic habitats with special microclimatic conditions.

Keywords: invasive species, BIOCLIM, slugs, *Arion lusitanicus* s.l.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИВНОГО ВИДА СЛИЗНЕЙ *ARION LUSITANICUS SENSU LATO* В ЕВРОПЕ

А. В. Гарбар, Н. С. Кадлубовская

*Житомирский государственный университет им. Ивана Франко
ул. Б. Бердичевская, 40, Житомир 10008, Украина
e-mail: o.v.harbar@gmail.com*

Проведено моделирование экологической ниши (BIOCLIM) инвазивного вида слизней *Arion lusitanicus sensu lato*. Установлено, что вид имеет значительный потенциал к дальнейшему распространению. До начала наших исследований его обнаруживали только в Западной Украине, тогда как результаты проведенного моделирования доказывают возможность его распространения почти по всей территории страны. В пользу этого свидетельствует и новая обнаруженная нами популяция *A. lusitanicus* s.l. в г. Ровно. Анализ биоклиматических параметров по территории ареала *A. lusitanicus* s.l. свидетельствует о его широкой экологической толерантности. При этом вид характеризуется значительной устойчивостью к резким колебаниям температур, однако негативно воспринимает избыточную влажность и низкие температуры. Большая часть ареала *A. lusitanicus* s.l. лежит в пессимальной зоне, что может быть связано с исключительно синантропным его распространением. Дальнейшая экспансия *A. lusitanicus* s.l. в восточном направлении по всей территории Европы ограничивается температурной сезонностью и минимальной температурой наиболее холодного месяца. Однако, учитывая распространение *A. lusitanicus* s.l. по антропогенным биотопам со своеобразными микроклиматическими условиями, вполне вероятным является его проникновение за пределы прогнозируемого ареала.

Ключевые слова: инвазивные виды, BIOCLIM, слизни, *Arion lusitanicus* s.l.

Одержано: 04.03.2015