

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОГНОЗОВАНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПОШИРЕННЯ ВИВІРКИ (*SCIURUS VULGARIS*) В СХІДНІЙ ЄВРОПІ ДО 2050 РОКУ

Г.О. КОЛОМИЦЕВ, аспірант*

ННЦ «Інститут біології»

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

*Для оцінки впливу прогнозованих змін клімату в Східній Європі до 2050 року створено цифрову просторову модель поширення вивірки (*Sciurus vulgaris*, L. 1758). Картографічний матеріал представлений історичними та сучасними даними щодо розповсюдження виду; пакет кліматичних карт — сучасною характеристикою клімату та прогностичними даними базового сценарію розвитку суспільства до 2050 року. Результати моделювання вказують на очікуване зміщення меж кліматично придатних для існування виду територій в північному напрямку. Визначено, що в 2050 році стабільна зона поширення вивірки у Східній Європі в умовах змін клімату може становити 89,9% від площі її нинішнього ареалу. Очікується, що території, які стануть непридатними для існування виду внаслідок зміни клімату будуть локалізовані переважно в межах України.*

Ключові слова: вивірка, *Sciurus vulgaris*, модель поширення виду, Східна Європа, зміна клімату

Міжурядова група експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК), констатуючи факт глобального потепління, передбачає також подальші зміни кліматичних умов [9, 11]. Спираючись на прогнози, здійснені цією інституцією, побудовані моделі клімату на майбутнє [8, 14], що розширило можливості оцінки потенційного впливу змін клімату на біорізноманіття природних

* Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор П.Я. Кілочицький

екосистем. Нині моделі розповсюдження видів рослин [5, 6, 13, 14] і тварин [7, 10] є вже поширеною у світі практикою. Дослідження, що проводились на території Східної Європи, показали неоднорідність та надзвичайну специфічність потенційної реакції окремих видів на зміни клімату [12].

Детальне дослідження впливу змін клімату на типові види природних екосистем з використанням просторових моделей дозволяє визначити потенційні масштаби цього впливу. Тому об'єктом наших досліджень було обрано вивірку, яка є типовим мешканцем лісів і водночас важливим складовим елементом природних екосистем, це дозволяє представити цифрову просторову модель цього виду як репрезентативний приклад оцінки впливу змін клімату на окремих представників біорізноманіття наземних екосистем.

Мета досліджень – оцінка потенційного впливу прогнозованих змін клімату в Східній Європі до 2050 року на поширення вивірки.

Матеріал та методи дослідження. Вхідний картографічний матеріал представлений історичними та сучасними картами поширення виду, що були оцифровані та упорядковані на основі атласів та уточнюючих відомостей щодо поширення виду в межах території досліджень.

Просторові дані конвертовані в середовищі ГІС в формат комірок $0,5^{\circ}$ широти і $0,5^{\circ}$ довготи, відповідно до кліматичних даних. Пакет кліматичних карт представлений сучасними картами клімату та клімату, прогнозованого на 2050 рік, згідно з базовим сценарієм розвитку суспільства IMAGE. Останній спирається на сценарій розвитку суспільства, запропонований Міжнародною групою експертів з питань змін клімату (IPCC). У дослідженні використані такі кліматичні фактори: індекс вологості ґрунту, середня температура найхолоднішого місяця, тривалість вегетаційного періоду, середня температура вегетаційного періоду, щорічна сума опадів, ефективна сума температур вегетаційного періоду. Ці фактори відібрали з переліку кліматичних варіабельних за методом головних компонент [6].

Дослідження базується на ідеї моделювання стабільних поточних співвідношень між поширенням виду та екологічними перемінними [13] і гіпотези щодо лімітуючої ролі кліматичних факторів у поширенні видів [7]. У просторову модель не включено опції адаптації виду до змін клімату та обмежень міграції. З огляду на масштаби проведення аналогічних досліджень [14] та детальність наявних кліматичних даних нами визначено територію дослідження в межах Східної Європи, як прийнятну для побудови просторової моделі виду. Обрані масштаб та межі території дослідження дозволяють також підтвердити наявність придатних для існування біотопів у межах умовної комірки нашої моделі.

Зважаючи на складність просторового розмежування кольорових форм вивірки, одночасну наявність різних форм в межах однієї території та існування перехідних форм [2], у нашій моделі зона поширення усіх форм вивірки представлена як єдине ціле. Враховуючи синантропний характер поширення вивірки в степовій зоні [1], в модель не включені її популяції, поширені в інтразональних біотопах (басейн ріки Сіверський Донець) та в межах культурних ландшафтів (у містах степової зони, садах Криму тощо).

Для побудови просторової моделі використали узагальнену лінійну модель (GLM), розрахунки здійснювали у програмному середовищі «R». Для управління табличними даними застосували програми пакету MS Office. Конвертацію просторових даних у табличні та візуалізацію одержаних результатів здійснювали засобами ГІС ARC/INFO. Достовірність просторової моделі перевірена за інформаційним критерієм Акайке. Змістовну достовірність контролювали представленням анімації змін.

Побудова просторової моделі поширення вивірки складалася з таких етапів: створення «кліматичного паспорта» виду, валідація моделі та екстраполяція «кліматичного паспорта» виду на прогностичні карти клімату на 2050 рік.

«Кліматичний паспорт» виду створений шляхом кореляційного аналізу значень кліматичних параметрів та даних щодо присутності або відсутності

виду. Таким чином, був одержаний набір індексів, який відтворював просторову структуру поширення виду на певній території.

Валідизацію моделі здійснили таким методом: за «кліматичним паспортом» та кліматичними даними одержали симуляцію сучасного поширення виду, яку порівняли з картою її фактичного розповсюдження (рис. 1.). Оскільки валідизація моделі показала високий ступінь репрезентативності «кліматичного паспорта» виду, перейшли до наступного етапу моделювання.

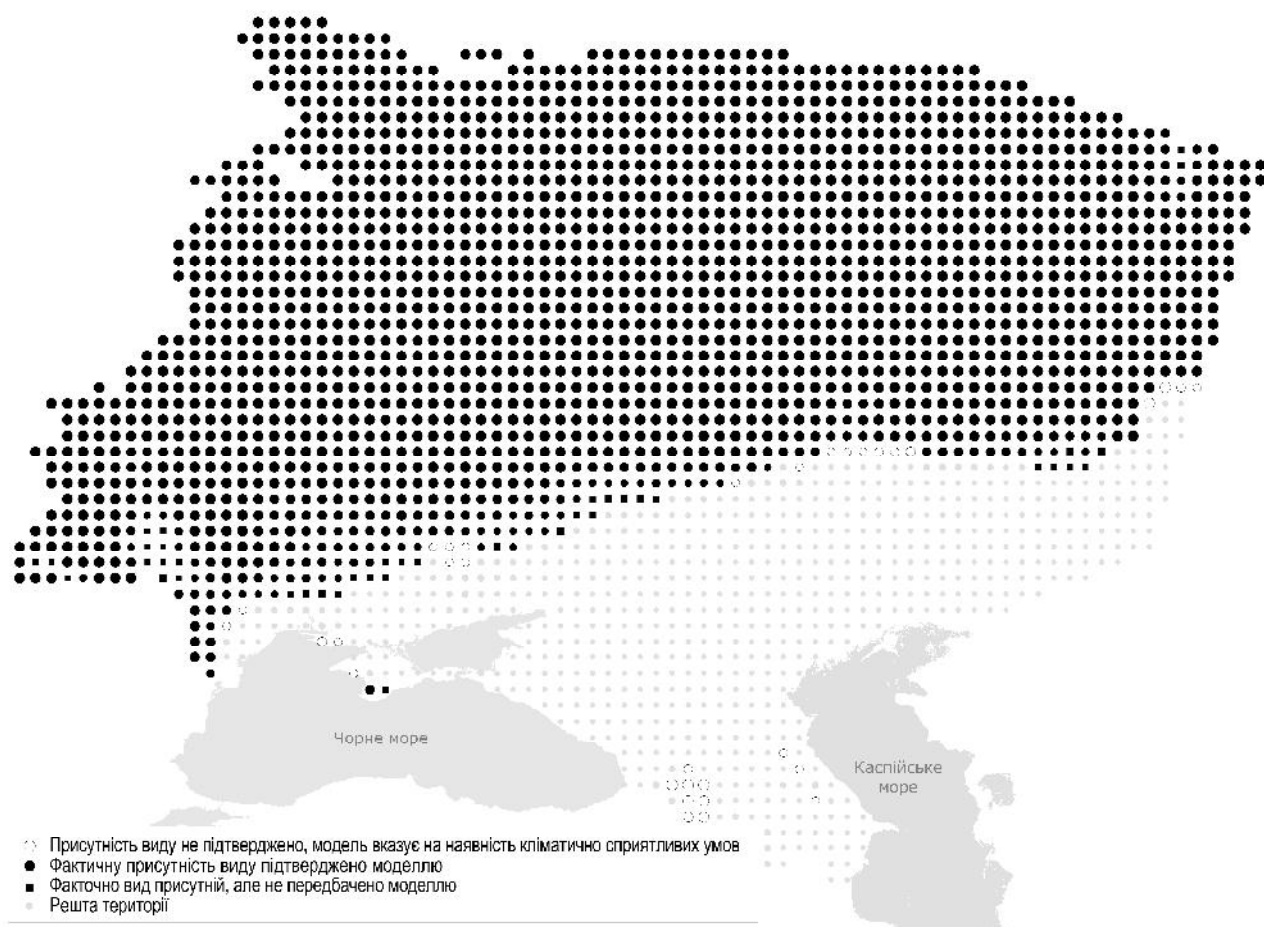


Рис. 1. Валідизація моделі шляхом порівняння сучасного поширення вивірки у Східній Європі та симуляції із використанням «кліматичного паспорта» виду.

Екстраполяція «кліматичного паспорта» виду на прогностичні карти клімату станом на 2050 рік здійснена аналогічно створенню симуляції сучасного поширення виду, за винятком введення в модель не сучасних, а прогностичних кліматичних даних. В результаті була отримана карта потенційного поширення виду в умовах змін клімату на 2050 рік.

Дослідження проведено за технічної та методологічної підтримки міжнародної асоціації «Український Центр Менеджменту Землі та Ресурсів» (УЦМЗР).

Результати дослідження та їх обговорення. Для оцінки впливу очікуваних змін клімату на представників флори і фауни побудовано просторову модель поширення вивірки (*Sciurus vulgaris*, L. 1758) на території Східної Європи, у тому числі України, в межах якої визначено характеристики сукупності параметрів клімату, що визначають її розповсюдження.

Валідизація моделі показала близько 4,03% розбіжності між фактичним поширенням виду та його симуляцією, що спиралась на «кліматичний паспорт». Значну частину виявлених розбіжностей локалізовано на Кавказі, де просторова конфігурація розповсюдження вивірки нам невідома, тому не була включена до карти. Однак враховуючи відомості, що цей вид був успішно акліматизований на Кавказі, ми припускаємо, що ідентифіковані території дійсно заселені вивіркою.

Екстраполяція «кліматичного паспорта» для очікуваного клімату у 2050 році показала потенційну появу нових, кліматично придатних для існування, територій, що становлять 1,7% сучасного ареалу та втрату кліматично придатних територій, що становлять 8,5% площі сучасного ареалу виду в регіоні. Відповідно, кліматично стабільні території становитимуть 89,8% площі (рис. 2.).

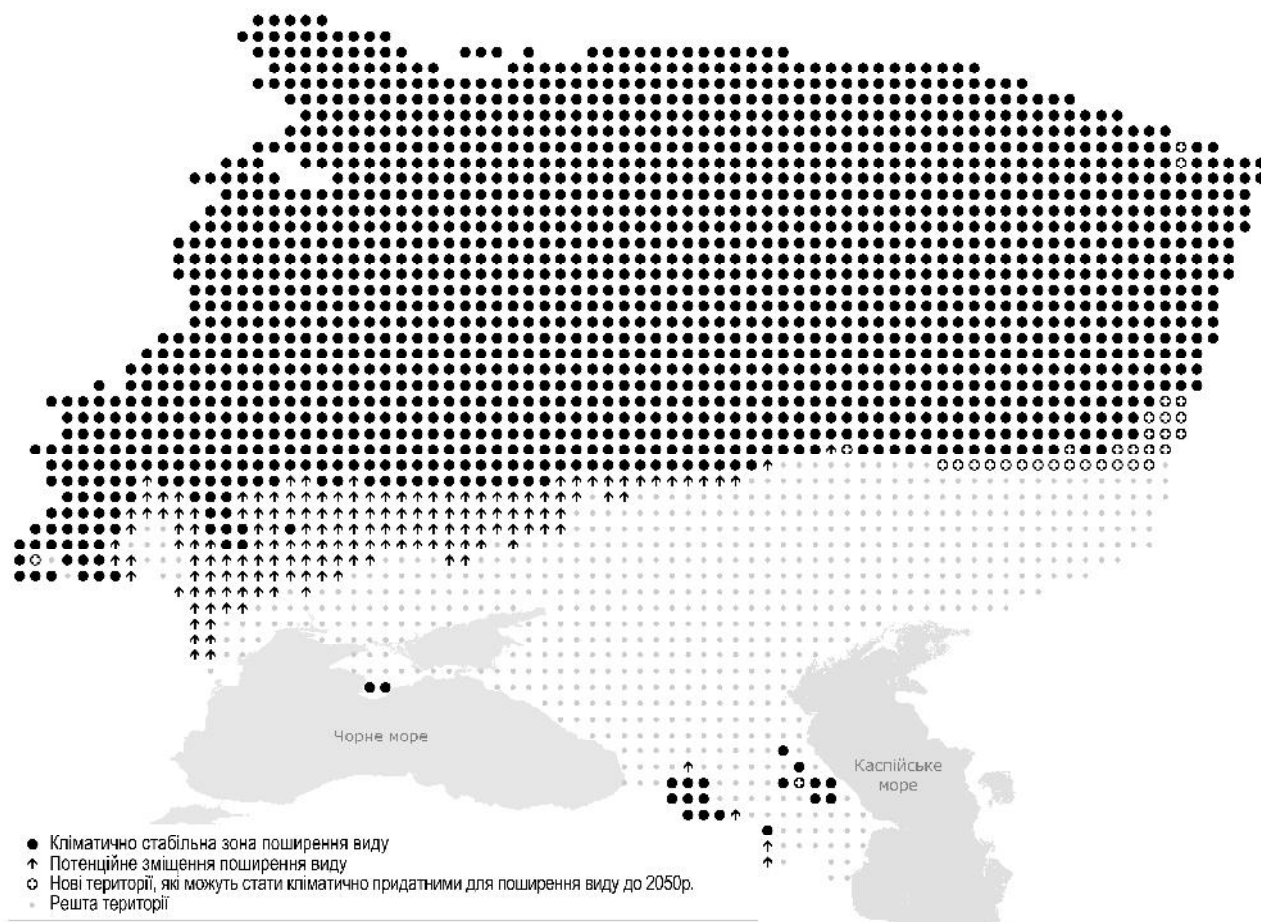


Рис. 2. Потенційні зміни поширення вивірки в Східній Європі до 2050 року

Результати моделювання вказують на можливе зміщення ареалу вивірки у Східній Європі в північному напрямі. Переважна частина територій, які можуть стати непридатними для існування виду внаслідок потенційних зміни клімату до 2050 року, розташовані в межах України. В національному масштабі такий вплив змін клімату може суттєво обмежити поширення вивірки, передусім у природних біотопах. Очікується, що відносно стабільними залишаться південні межі поширення виду на схід від України. За даними моделі, на територіях, прилеглих до Уралу виникнуть нові кліматично придатні території, що можливо пов'язане з недостатньою визначеністю сучасних меж поширення на них виду. На Кавказі ідентифіковано території, кліматично придатні для існування вивірки, які очікувано будуть стабільними для поширення виду в умовах зміни клімату.

Створена модель не враховує некліматичні фактори, такі як землекористування, біотичні взаємодії, втручання людини, історичне поширення, тому результати моделювання слід вважати приблизною оцінкою впливу майбутніх змін клімату [5]. Можна припустити, що виникнення несприятливих умов для існування вивірки внаслідок змін клімату не обов'язково призведе до цілковитого і раптового зникнення окремих популяцій виду в межах ареалу. Однак такі зміни вказують на деяке погіршення умов існування вивірки, що може призвести до зменшення чисельності популяцій, локальних міграцій та підсилити синантропність цього виду.

При подальшому залученні допоміжної просторової інформації можливе уточнення результатів початкової моделі. Наприклад, інтегрований індекс узагальненого видового різноманіття та його складові містять оцінку інтенсивності землекористування та інформацію щодо просторової структури біотопів, що є важливим при уточненні моделі поширення вивірки на локальному рівні [3, 4].

Висновки

Вивчення потенційного впливу зміни клімату на поширення вивірки є важливим для розуміння особливостей та масштабу впливу цього чинника. Результати моделювання можуть бути корисними для прогностичної оцінки очікуваних наслідків зміни клімату та заходів з мінімізації її негативного впливу. Визначення кліматично нестійких та стабільних територій виду може бути корисним при здійсненні довготермінового планування заходів з його охорони.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Загороднюк І. Міжвидова гібридизація і фактори її формування на прикладі теріофауни Східної Європи / І. Загороднюк // Біологічні Студії / *Studia biologica*. – 2011. – Том 5, №2. – С. 173–210.
2. Зізда Ю. Поширення кольорових форм вивірки (*Sciurus vulgaris*) у Закарпатті та в суміжних областях України. // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія – 2005 – Випуск 17. – С. 147–154.
3. Коломицев Г.О. Досвід першого цифрового узагальнення впливів на біорізноманіття наземних екосистем України за методикою GLOBIO3. / Г.О. Коломицев // Наукові доповіді НУБіП – 2011 – 4 (26).
http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_4/11kgo.pdf
4. Ландшафтна екологія: навчально-методичний посібник з моделювання біорізноманіття, урахування впливів на нього (для освітніх цілей національного та регіонального рівнів) / [В. І. Придатко, Г. О. Коломицев, Р. І. Бурда, С. М. Чумаченко] – К.: НАУ, 2008. – 174 с.
5. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050 / Bakkenes, M., Alkemade, J. R. M., Ihle, et. al. // *Global Change Biology*. – 2002. – Vol. 8. – P 390– 407.
6. Bakkenes M. Impacts of different climate stabilisation scenarios on plant species in Europe / Bakkenes, M., Eikhout, B., & Alkemade, R. // *Global Environmental Change*, – 2006. Vol. 16(1), – P 19–28.
7. Climatic Atlas of European Breeding Birds / [Huntley B., Green R., Collingham Y. and Willis S.] – Lynx Edicions, 2007. – 521 p.
8. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report. – Copenhagen: European Communities, 2008. – 246 p.
9. Global environment outlook 4 (GEO-4): Environment for development, UNEP. – Malta: Progress Press Ltd, 2007. – 540 p.

10. Potential Impacts of Climate Change on the Distribution and Diversity Patterns of European Mammals / [Levinsky I., Skov F., Svenning J.C. Rahbek C.] // Biodiversity and Conservation – 2007. – Vol.16, №13. – P 3803– 3816.
11. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva: IPCC, 2007. – 104 p.
12. Prydatko V. Biodiversity Modelling Experiences in Ukraine / Prydatko V., Kolomytsev G. // Land Use, Climate Change and Biodiversity Modeling: Perspectives and Applications. – N.Y.: IGI, 2011. – P 248–264. DOI: 10.4018/978-1-60960-619-0
13. Using niche-based modelling to assess the impact of climate change on tree functional diversity in Europe / [Thuiller, W., Lavorel, S., Sykes, M.T., Araújo, M.B.] // Diversity and Distributions – 2006. – Vol.12. – P 49–60.
14. Land Use, Climate Change and Biodiversity Modeling : [eds. Trisurat, Y. et al.]. – Pennsylvania: IGI Global, 2011. – 524 p.

**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОГНОЗИРУЕМОГО
КЛИМАТА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ БЕЛКИ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*SCIURUS VULGARIS*) НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ К 2050
ГОДУ**

Г.А. КОЛОМЫЦЕВ

*С целью оценки потенциального влияния ожидаемых изменений климата в Восточной Европе к 2050 году создана цифровая пространственная модель распространения белки обыкновенной (*Sciurus vulgaris*, L. 1758). Исходные картографические материалы представлены историческими и современными данными по распространению вида; пакет климатических карт – данными современного климата и прогностических данных, которые соответствуют базовому сценарию развития общества, состоянием на 2050 год. Источником климатических данных являлась модель IMAGE. В исследовании использован подход обобщённых линейных моделей (GLM). Результаты моделирования*

указывают на ожидаемое смещение границ климатически приемлемых для существования вида территорий в направлении севера. Расчёты показывают, что к 2050-му году стабильная зона распространения белки обыкновенной в условиях изменения климата может составлять 89,8% площади её ареала. Ожидается, что территории, которые могут стать неприемлемыми для существования вида вследствие изменения климата, будут находиться преимущественно в пределах Украины.

Ключевые слова: *белка обыкновенная, Sciurus vulgaris, модель распространения вида, Восточная Европа, изменение климата*

ASSESSING POTENTIAL IMPACT OF FORECASTED CLIMATE CHANGE ON DISTRIBUTION OF RED SQUIRREL (*SCIURUS VULGARIS*) IN EASTERN EUROPE BY 2050

G.A. KOLOMYTSEV

*The species distribution model (SDM) has been developed to assess potential impact of forecasted climate change on red squirrel (*Sciurus vulgaris*, L. 1758) distribution in Eastern Europe by 2050. The modern and historical red squirrel distribution data and IMAGE model climate datasets were used as input. The climate data consists of actual records and forecast by 2050 in accordance with baseline IPCC scenario. SDM was developed using generalized linear model approach. The results of modelling show the shift of red squirrel distribution towards north by 2050. Only 89,8% of red squirrel distribution area is expected to remain suitable in terms of climate requirements. Most territories of potential red squirrel disappearing caused by the climate change are supposed to be found in Ukraine.*

Key words: *red squirrel, Sciurus vulgaris, species distribution model, Eastern Europe, climate change*