

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НІШІ ЗЯБЛИКА (*FRINGILLA COELEBS*) ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

О. Жуков¹, О. Пономаренко¹, А. Зимарова²

¹Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
вул. Наукова, 10, корп. № 17, Дніпропетровськ 49000, Україна

²Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, Житомир 10008, Україна
e-mail: anastasia_zima@mail.ru

Провівши факторний аналіз екологічної ніші зяблика, ми виявили, що цей вид має високу маргінальність щодо таких екогеографічних змінних: нормалізований різницевий індекс рослинності, зелений NDVI, висота місцевості над рівнем моря, розсіяна інсоляція, активність хлорофілу, індекс впливу вітру Ліварда. Цей вид птахів є високоспеціалізованим щодо різних індексів вегетації. На основі карти преференції місцеперебувань виду виявлено, що не вся потенційна ніша *Fringilla coelebs* в її просторовому вираженні реалізована. У роботі вперше запропонований новий підхід до вивчення екологічної ніші виду, для чого використано різні масштабні рівні. Розглядаючи екологічну нішу зяблика на різних масштабних рівнях, ми помітили певні особливості: по-перше, перелік чинників, які впливають на розподіл зяблика, суттєво змінюються при зміні масштабу, по-друге, при зменшенні масштабу на передній план виходять більш дрібні деталі рельєфу; по-третє, спеціалізація зяблика не змінюється при зміні масштабу.

Ключові слова: зяблик, факторний аналіз екологічної ніші, екогеографічні змінні, маргінальність, спеціалізація.

Ставлення будь-якого виду до факторів середовища – один із основних предметів вивчення сучасної біології та екології. В екологічному аспекті ці відношення формалізуються через концепцію екологічної ніші.

В основі факторного аналізу екологічних ніш лежить припущення про те, що види розподілені не випадково щодо екогеографічних змінних [11, 13]. Вид, який нас цікавить, може мати певну маргінальність (що виражається у відмінності видового середнього від глобального середнього значення екогеографічної змінної) і певну спеціалізацію (видова дисперсія менша від глобальної дисперсії).

Сучасні методиками вивчення екологічної ніші дають змогу вирішувати цілу низку питань, у тому числі стосовно еволюційних процесів, питань конкуренції, хижацтва і популяційної динаміки. Паралельно з цим, останні 15 років спостерігається зростання кількості досліджень із моделювання придатності місць проживання [9], які спрямовані на передбачення ймовірності виникнення і проживання видів на основі екологічних змінних [12, 13]. Прогнозні моделі проживання на основі вимог видів у великих географічних районах мають широкий спектр використання у ландшафтній екології, природоохоронній біології та управлінні дикою природою [10, 12, 15, 16].

Факторний аналіз екологічної ніші (*Ecological-Niche Factor Analysis*, далі ENFA) – метод моделювання, що використовує тільки інформацію про наявність виду [13] – може бути використаний для виявлення кореляції між екогеографічними змінними (далі EGVs)

і моделями розподілу виду та для визначення придатності місць перебування. У наших дослідженнях ENFA був використаний з метою визначення придатності середовища для проживання окремого виду птахів, а саме зяблика.

Принципом ENFA є порівняння розподілів EGVs між наявними даними і всією областю дослідження. ENFA узагальнює кілька екогеографічних змінних у кілька некорельованих факторів, зберігши більшу частину інформації. Таким чином, цей тип аналізу визначає нішу, зайняту видом, порівнюючи його розподіл в екологічному просторі («розподіл видів») з розподілом усіх квадратів («глобальний розподіл») [14, 15].

Дослідження екологічної ніші можна будувати на основі частоти трапляння або слідів життєдіяльності представників конкретного виду, або ж на основі радіомічення і супутникової навігації [7]. У наших дослідженнях використано частоту трапляння птахів на маршрутах обліку [6]. Для досліджень було обрано зяблика (*Fringilla coelebs*) – співочого птаха родини в'юркових, досить численного та поширеного в Україні. Зяблик гніздиться на всій території країни. Основна умова поселення виду – наявність деревної рослинності. Біотоп зяблика розмаїтий. Він включає культурні деревні ландшафти (сади, парки, бульвари, кладовища), світлі діброви, березові, вербові та соснові гаї, узлісся хвойних і листяних лісів, заплавні не густі ліси та ліси острівного типу в степовій зоні. Зазвичай уникає великих вологих і темних борів, оселяючись лише на їхніх узліссях [8].

Метою проведених нами досліджень є опис екологічної ніші зяблика на ландшафтному рівні в термінах факторного аналізу екологічної ніші за допомогою екогеографічних змінних, визначених за даними дистанційного зондування Землі. У роботі запропоновано новий підхід до вивчення екологічної ніші виду, використовуючи різні масштабні рівні.

Матеріали та методи

Матеріал даної роботи збирали по сезонах у 2011–2014 рр. на екологічному профілі ННЦ ДНУ імені Олеся Гончара «Присамарський біосферний стаціонар імені О.Л. Бельгарда» Комплексної експедиції Дніпропетровського університету. Основні біогеоценотичні характеристики пробних площ у межах стаціонару наведені в роботі О.Л. Пономаренка [6]. Площа референтного полігону, який охоплює основні типи біогеоценозів дослідженої місцевості, становить 38,35 км². Площа вигнутого полігону, який містить точки фіксацій птахів, становить 5,23 км². Площа покриття точок псевдовідсутності, за умови їх відстані не менше 100 м від точок присутності – 6,44 км², 250 м – 8,39 км², 500 м – 11,96 км², 1000 м – 20,25 км².

Як основний методичний прийом для вивчення зв'язків птахів зі середовищем існування було використане хронометрування бюджету часу птахів [5]. Використання цього методичного прийому для дослідження активності птахів у деревостані було напрацьоване О.Л. Пономаренком [6]. На відміну від праць В.В. Дольника, за допомогою візуального спостереження фіксували бюджет часу птахів для кожного екземпляра деревостою. Реєстрації активності виконували на відстані не менше 30 м одна від одної, що визначається розміром пікселя на супутникових знімках.

У межах даної публікації обговорюються тільки результати, які стосуються параметрів екологічної ніші зяблика, одержаних на основі даних дистанційного зондування Землі. Але ми вважаємо за доцільне навести відомості про всю методику фіксації та обліку птахів.

У процесі виконання методики фіксували:

- 1) вид кожного птаха;
- 2) породу дерева, у кроні якого перебував птах;

- 3) характеристики конкретної особини детермінанта (віковий стан дерева, його висота і розмах крони, які визначали за допомогою приладу ДВН-1);
- 4) місцезнаходження птаха:
 - а) у системі градацій вертикальної та горизонтальної структури дерева [2];
 - б) у системі градацій субстрату [2];
 - в) у системі біогеогоризонтів (БГГ) Бялловича [3];
- 5) вид функціональної взаємодії з окремим екземпляром дерева за системою консортивних зв'язків [1]: трофічні зв'язки; топічні зв'язки [5]; фабричні зв'язки; форичні зв'язки;
- 6) тривалість даного виду взаємодії в секундах (визначали за допомогою стандартних секундомірів);

7) також після виконання реєстрації та відльоту птаха з місця спостереження фіксувалися точні координати реєстрації за допомогою GPS-навігатора Garmin E-trex.

Розвиток багатоканальної космічної зйомки і технологій побудови тривимірних моделей рельєфу створює нові можливості для дослідження зв'язків видів з умовами середовища й оцінки якості місцезростань [7]. У даній роботі використано матеріали, одержані за допомогою набору інструментів Operational Land Imager (OLI), встановленого на супутнику Landsat 8 [18]. Знімки земної поверхні проведені 16 травня 2014 р. Координати точок фіксації птахів наведені у планарній універсальній трансверсальній проекції Меркатора (Universal Transversal Mercator – UTM), яка забезпечує проекцію сферичної поверхні Землі на двовимірну поверхню Декартових координат.

У контексті факторного аналізу під екологічною нішею розуміють підмножину клітин в екогеографічному просторі, де вид, який нас цікавить, може траплятися з прийнятною ймовірністю. Екологічна ніша в такому розумінні може бути кількісно оцінена за кожною з складових її осей за допомогою індексів маргінальності і спеціалізації [13].

Коефіцієнти m_j фактора маргінальності виражають маргінальність виду за кожною екогеографічною змінною, котра представлена в одиницях стандартного відхилення глобального розподілу. Чим вище абсолютне значення коефіцієнта m_j , тим далі лежить оптимум виду від середнього значення відповідної змінної в межах досліджуваної території. Негативне значення коефіцієнта свідчить про те, що вид має значення екогеографічної змінної менші, ніж його середнє глобальне значення, тоді як позитивне значення вказує на надання видом переваги рівням змінних вище середнього по досліджуваній території [13]. Коефіцієнти інших факторів (чинників спеціалізації) можуть мати таку інтерпретацію: чим вищими є абсолютні значення коефіцієнта, тим у більш обмеженому діапазоні змінної може мешкати вид, який нас цікавить. Власне значення λ_i , пов'язане з кожним фактором спеціалізації, виражає кількість спеціалізації, що враховується цим фактором, тобто ставлення глобальної варіації до варіації, яка описується цим фактором. Власні значення в порядку зменшення швидко скорочують свої значення, тому перших кількох факторів достатньо, щоб оцінити прийнятність середовища існування для кожного виду [4].

Рівень точності, або адекватності одержаної моделі, може бути оцінений як ступінь її відмінності від випадкової альтернативи. Це завдання вирішене за допомогою методу Монте-Карло. Було згенеровано 300 випадкових розподілів виду в межах досліджуваної території. Статистики ENFA-аналізу (маргінальність і спеціалізація) порівняли з відповідними статистиками випадкового розподілу, на основі чого розраховали рівень імовірності відмінності спостережуваної структури від випадкової альтернативи.

На основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР EarthExplorer Aster Global DEM [18]) було розраховано такі похідні геоморфологічні параметри досліджуваної території: топографічний

індекс вологості за алгоритмом SAGA (TWI_Saga); топографічний індекс розчленованості рельєфу – Topographic Ruggedness Index (Ruggedness); кривизна у профілі та плані (Prof_curv і Plan_curv); індекс балансу маси – Mass-balance index (Friedrich, 1998); фактор довжина-ухил (LS, ls_factor) універсального рівняння втрати ґрунту (Universal Soil Loss Equation – USLE).

Інші умовні позначення, використані у роботі: NDVI – нормалізований різницевий індекс рослинності – чиста продукція, транспірація; VI – індекс рослинності – відмінності біомаси і типів рослинності; Green NDVI – зелений NDVI – дуже чутливий до концентрацій хлорофілу; NDWI – нормалізований різницевий водний індекс – вміст води в зеленій біомасі; NDB4 – активність хлорофілу; GR – «зеленість»; DEM – висота рельєфу над рівнем моря; TWI – топографічний індекс вологості; Slope – кут ухилу поверхні рельєфу; W – «вологість»; direct_insol – пряма інсоляція; diffuse_insol – дифузна інсоляція; mrrtf – різномасштабний індекс плакорної рівнинності; mrvbf – різномасштабний індекс ідентифікації долин; wind – індекс впливу вітру Ліварда; altitude – висота над мережею каналів [4].

У даній роботі був застосований новий методичний підхід до вивчення екологічних ніш, а саме розгляд ніші на різних масштабних рівнях. У рамках методичного підходу ENFA-аналізу властивості екологічної ніші, оціненої за показниками середовища у місцях фіксації наявності виду, висвітлюються за допомогою порівняння з референтною областю, у межах якої штучно розподіляють точки псевдо відсутності [13]. Зазвичай розмір і конфігурацію референтної області обирають дуже вільно. Ми розглянули особливості характеристики екологічної ніші, яку одержали при різних межах наближення розміщення точок псевдовідсутності до вигнутого полігону, який містить точки наявності виду. Для цього був побудований розподіл точок псевдовідсутності, які розташовані на відстанях не більше 1000 м, 500 м, 250 м та 100 м від точок наявності або фіксації зяблика.

Статистичні розрахунки здійснено за допомогою програмної оболонки Project R «R: A Language and Environment for Statistical Computing» [17]. Для обробки графічних даних використано пакет програм Surfer 11.

Результати і їхнє обговорення

Просторовий розподіл точок трапляння зяблика на досліджуваній ділянці зображено на рис. 1.

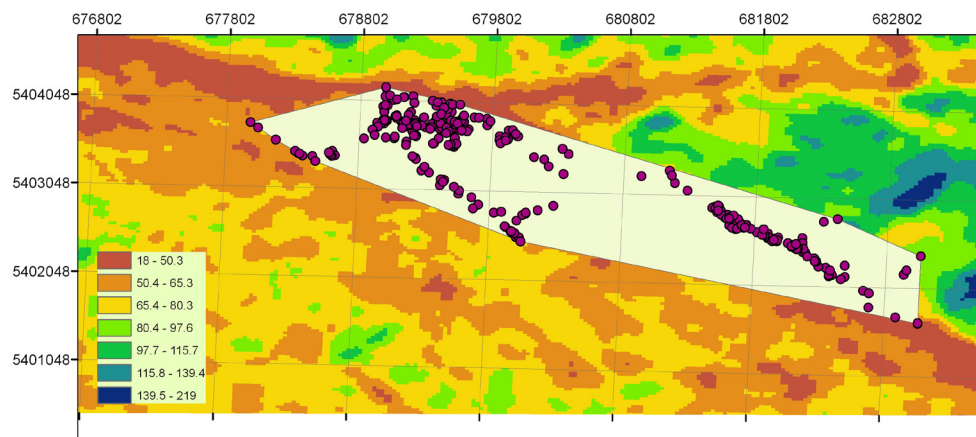


Рис. 1. Просторовий розподіл точок фіксації зяблика: координати наведені в системі UTM (36 зона); кольором позначена висота над рівнем моря (м), вигнутий полігон позначає зону траплянь птахів під час маршрутних обліків.

За результатами ENFA можна відобразити екологічну нішу зяблика за двома факторами: маргінальність та спеціалізація виду, які розглядаються щодо різних екогеографічних змінних (рис. 2).

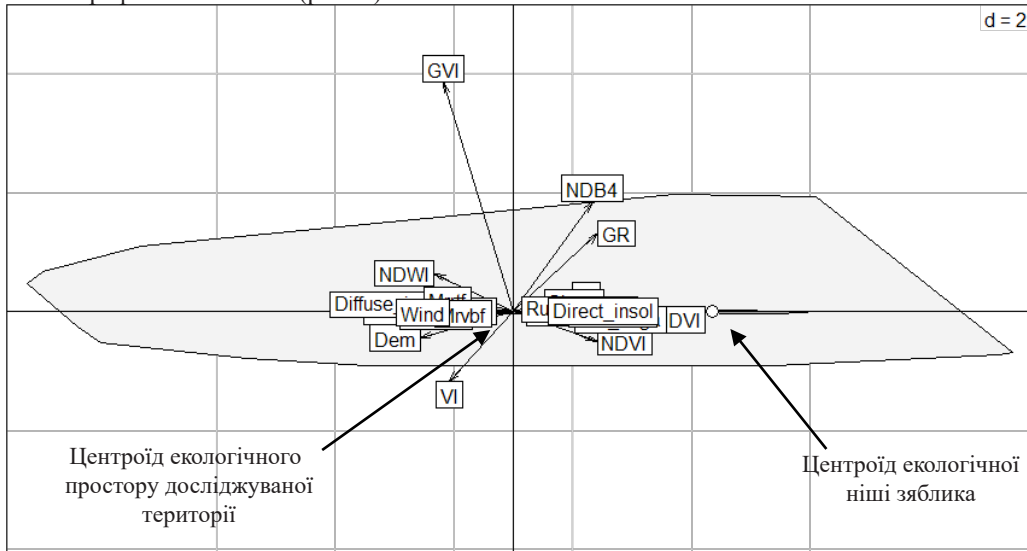


Рис. 2. Результати ENFA-відображення екологічної ніші зяблика.

Тест дав змогу встановити, що як вісь маргінальності екологічної ніші зяблика, так і вісь спеціалізації, статистично вірогідно відрізняються від випадкової альтернативи ($Mar=11,22, p=0,003$; $Spe1=237,25, p=0,01$) (рис. 3).

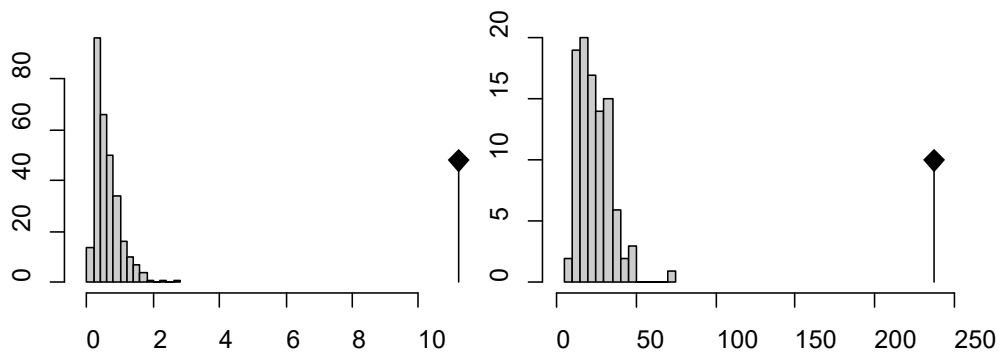


Рис. 3. Результати імітації за методом Монте-Карло значень маргінальності (зліва) та спеціалізації (справа). Гістограми – значення відповідних статистик для випадкових вибірок; лінії з ромбом – спостережувані статистики для експериментальних вибірок.

До еколого-географічних змінних (EGVs), які в основному корелюють із наявністю зяблика, відповідно до першого фактора – маргінальності (Mar), можна віднести: NDVI (нормалізований різницевий індекс рослинності, GreenNDV – зелений NDVI, Dem – висоту місцевості над рівнем моря, Diffuse_insol (розсіяну інсоляцію), NDB4 (активність хлорофілу), wind – індекс впливу вітру Ліварда тощо (табл. 1).

Встановлено, що зяблик надає перевагу місцям із більшим індексом рослинності, вологістю і прямою інсоляцією, аніж середнє по досліджуваній території, але рівень розсіяної інсоляції та індекс впливу вітру для нього оптимальний на нижчому рівні ніж

середній території. Також відмічено, що зяблик оселяється на територіях, які лежать нижче, ніж середня висота території над рівнем моря (табл. 1).

Таблиця 1

Результати факторного аналізу екологічної ніші зяблика

Екогеографічні змінні	Загалом		Масштабні рівні							
			1000 м		500 м		250 м		100 м	
	Mar	Spe1	Mar	Spe1	Mar	Spe1	Mar	Spe1	Mar	Spe1
NDVI	0,30	-0,11	0,29	-0,06	0,22	-0,01	0,18	0,12	0,17	0,17
NDWI	-0,28	0,14	-0,32	-0,43	-0,25	-0,31	-0,18	-0,08	-0,09	-0,08
GR	0,30	0,28	0,23	-0,02	0,15	0,01	0,11	-0,07	0,09	-0,04
GreenNDVI	0,31	-0,03	0,25	-0,10	0,18	-0,08	0,16	0,00	0,15	-0,07
GVI	-0,25	0,81	-0,21	-0,66	-0,15	-0,67	-0,11	-0,70	-0,09	-0,67
NDB4	0,28	0,39	0,17	-0,50	0,11	-0,62	0,10	-0,65	0,10	-0,67
VI	-0,23	-0,25	-0,27	0,16	-0,24	0,18	-0,19	0,22	-0,18	0,21
W	0,21	0,06	0,35	-0,28	0,29	-0,17	0,18	0,02	0,06	0,01
Dem	-0,33	-0,09	0,17	0,02	0,20	0,03	0,12	0,04	0,07	0,06
Twisaga	0,22	-0,03	-0,06	-0,04	-0,10	-0,03	-0,07	-0,01	0,06	0,09
TWI	0,05	0,00	-0,11	0,00	-0,12	0,00	-0,15	0,00	-0,30	-0,01
Slope	0,11	0,03	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,04	-0,13	0,09
Ruggedness	0,03	0,01	0,08	-0,01	0,07	0,00	0,10	0,00	0,00	0,02
Prof_curv	-0,15	0,01	0,25	0,00	0,32	0,00	0,44	0,01	0,43	0,02
Plan_curv	-0,06	0,00	0,21	0,00	0,26	0,00	0,32	0,00	0,29	0,00
Mass_balance	-0,06	0,00	0,12	0,00	0,15	0,00	0,20	0,00	0,22	-0,01
Ls_factor	0,20	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,05	-0,05	-0,04	-0,19	-0,04
Direct_insol	0,13	0,00	0,19	0,00	0,29	0,01	0,38	0,01	0,42	0,02
Diffuse_insol	-0,23	0,02	0,08	-0,01	0,13	-0,01	0,07	0,00	0,16	0,02
Altitude	-0,14	-0,02	0,17	-0,02	0,24	-0,02	0,19	-0,02	0,12	0,01
Mrrtf	-0,15	0,04	-0,07	0,01	-0,06	0,01	-0,09	0,01	-0,12	0,01
Mrvbf	-0,08	-0,01	0,12	0,01	0,16	0,02	0,15	0,02	0,24	0,02
Wind	-0,23	0,00	0,41	-0,04	0,46	-0,03	0,45	-0,03	0,36	-0,01

Примітка. Mar – вісь маргіальності; Spe1 – вісь спеціалізації.

Стосовно другого фактора – спеціалізації (Spe1), зяблик має високі вимоги щодо різних індексів вегетації: GVI (стан зеленої біомаси), NDB4 (активність хлорофілу), GR («зеленість») (табл. 1). Це свідчить про те, що для розселення зяблика велике значення має наявність рослинності, і він може мешкати в невеликих діапазонах коливання цих змінних.

Карта преференції місцеперебувань для зяблика була отримана також за допомогою ENFA. Карта придатності місць проживання представлена у вигляді сітки, в якій кожен квадрат має значення в діапазоні від 0 до 100, що відповідає нульовій і високій придатності середовища проживання відповідно (рис. 4).

Враховуючи характеристики простору ніші, можна відобразити ділянку, оптимальну для життєдіяльності зяблика. Більш світлі ділянки маркують вищий ступінь прояву ознаки. Оптимальну зону преференції можна розглядати як потенційну нішу, за Г. Хатчинсоном [14], а спостережувані точки фіксації – як реалізовану. Очевидно, що не вся потенційна ніша зяблика в її просторовому вираженні реалізована.

Кожен вид в екологічному просторі займає своє, характерне лише йому, положення, яке обумовлене його особливими вимогами до середовища існування. Отже, кожна територія характеризується доступними ресурсними одиницями, а кожен вид – своїм ступенем використання цих ресурсів (рис. 5).

Враховуючи характеристики простору ніші, можна відобразити ділянку, оптимальну для життєдіяльності зяблика. Більш світлі ділянки маркують вищий ступінь прояву ознаки.

Оптимальну зону преференції можна розглядати як потенційну нішу, за Г. Хатчинсоном [14], а спостережувані точки фіксації – як реалізовану. Очевидно, що не вся потенційна ніша зяблика в її просторовому вираженні реалізована.

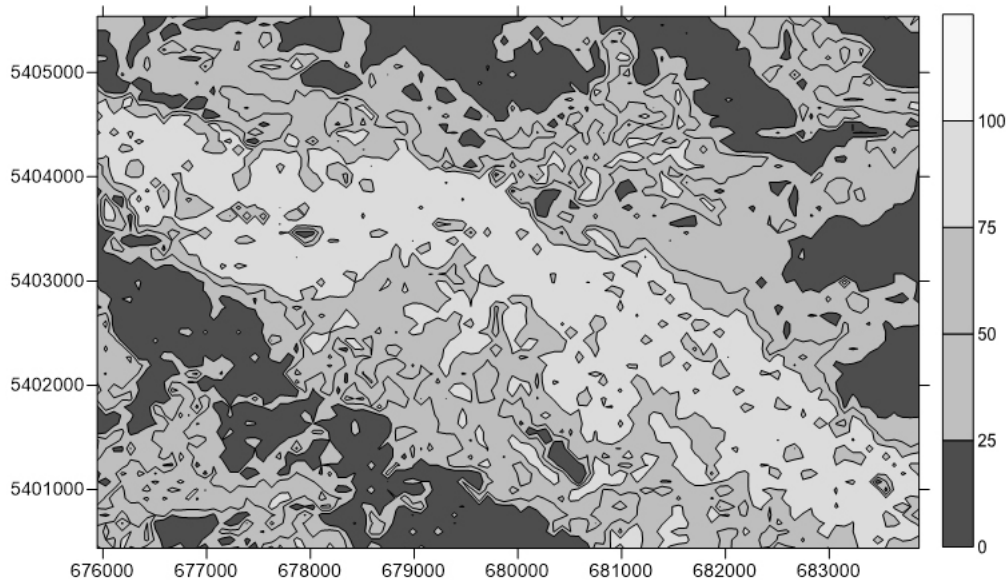


Рис. 4. Індекс преференції місцеперебувань зяблика (100 – максимальна преференція, 0 – мінімальна преференція): координати наведені в системі UTM (36 зона).

Кожен вид в екологічному просторі займає своє, характерне лише йому, положення, яке обумовлене його особливими вимогами до середовища існування. Отже, кожна територія характеризується доступними ресурсними одиницями, а кожен вид – своїм ступенем використання цих ресурсів (рис. 5).

Як «вага доступності» може виступати частка досліджуваної території з даною властивістю, сукупність ваг доступності становить розподіл доступності ресурсів. Вага використання описує інтенсивність використання ресурсних одиниць видом. Як вага використання може бути частка траплянь даного виду від сумарного їх числа, в межах ділянки із заданою властивістю. Сукупність ваг використання становить розподіл використання ресурсів [4].

Отже, розподіл використання зябликом ресурсів, відрізняється від розподілу ресурсів території, особливо за такими змінними як: висота над рівнем моря, нормалізований різницевий індекс рослинності, індекс впливу вітру Ліварда тощо.

За допомогою нової методики ми маємо змогу змінювати точку розгляду екологічної ніші, просто змінюючи масштаб. Такий підхід є досить цікавим в екологічному сенсі, оскільки, як правило, спостерігач не має такої змоги, коли досліджує конкретний біологічний вид у природних умовах, тому що в даному випадку перебуває з ним на одному масштабному рівні. Змінюючи масштаб, ми можемо виявити закономірності розселення видів на локальному та глобальному рівнях.

Екологічну нішу зяблика розглянуто нами за допомогою побудови розподілу точок псевдовідсутності, які розташовані на відстанях не менше 1000 м, 500 м, 250 м та 100 м від точок наявності або фіксації птаха (рис. 6).

Розглядаючи екологічну нішу зяблика на різних масштабних рівнях, ми помітили певні особливості.

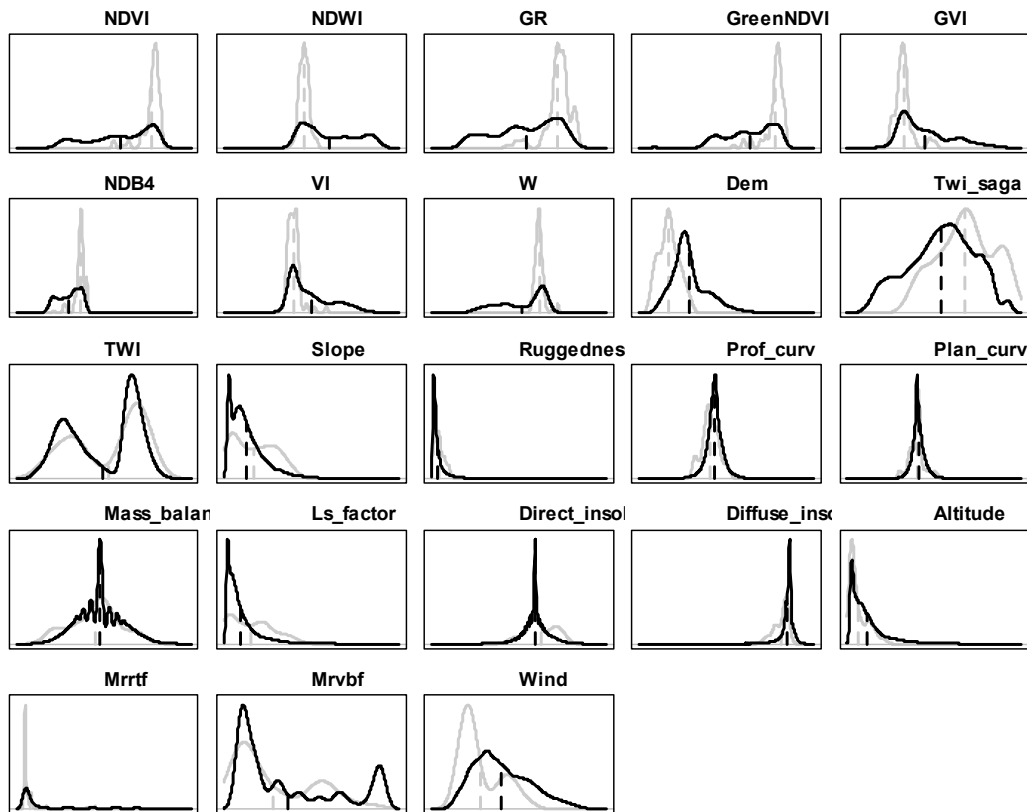


Рис. 5. Розподіл ресурсів (темні лінії) та розподіл використання ресурсів (сірі лінії). Значення ознак нормоване до одиничного значення, яке дорівнює ширині відповідного рисунка.

По-перше, перелік чинників, які впливають на розподіл зяблика, суттєво змінюються при зміні масштабу. Так, зі зменшенням масштабу значення усіх вегетаційних індексів зменшується, тобто вони перестають відігравати настільки велику роль у розселенні зяблика. Можливо, це пов'язано із тим, що територія розгляду стає більш однорідною. На противагу цьому, маргінальність зяблика щодо фактора прямої інсоляції поступово зростає зі зменшенням масштабу розгляду. Так само зяблик стає менш маргінальним щодо висоти над рівнем моря.

При загальному розгляді території вид надає перевагу пониженим ділянкам місцевості. При масштабі 500 м навколо точок наявності він є позитивно маргінальним, тобто віддає перевагу підвищеним місцевостям, а при подальшому зменшенні масштабу вплив даного фактора слабшає, хоча він залишається позитивним. Так само маргінальність щодо розсіяної інсоляції змінюється із негативного значення на загальному рівні до позитивних значень при зменшенні масштабу розгляду. Протилежною є картина із топографічним індексом вологості, який при найбільшому масштабі має позитивну маргінальність, тобто зяблик потребує місць існування із більшою середньою вологістю, а зі зменшенням масштабу маргінальність набуває негативних значень. Вплив вітру на зяблика також змінюється від негативної маргінальності при найбільшому масштабі до позитивних значень при подальшому зменшенні масштабу, причому максимуму

маргінальність зяблика щодо індексу впливу вітру спостерігаємо за масштабу 500 м від точок наявності (0,46) (табл. 1).

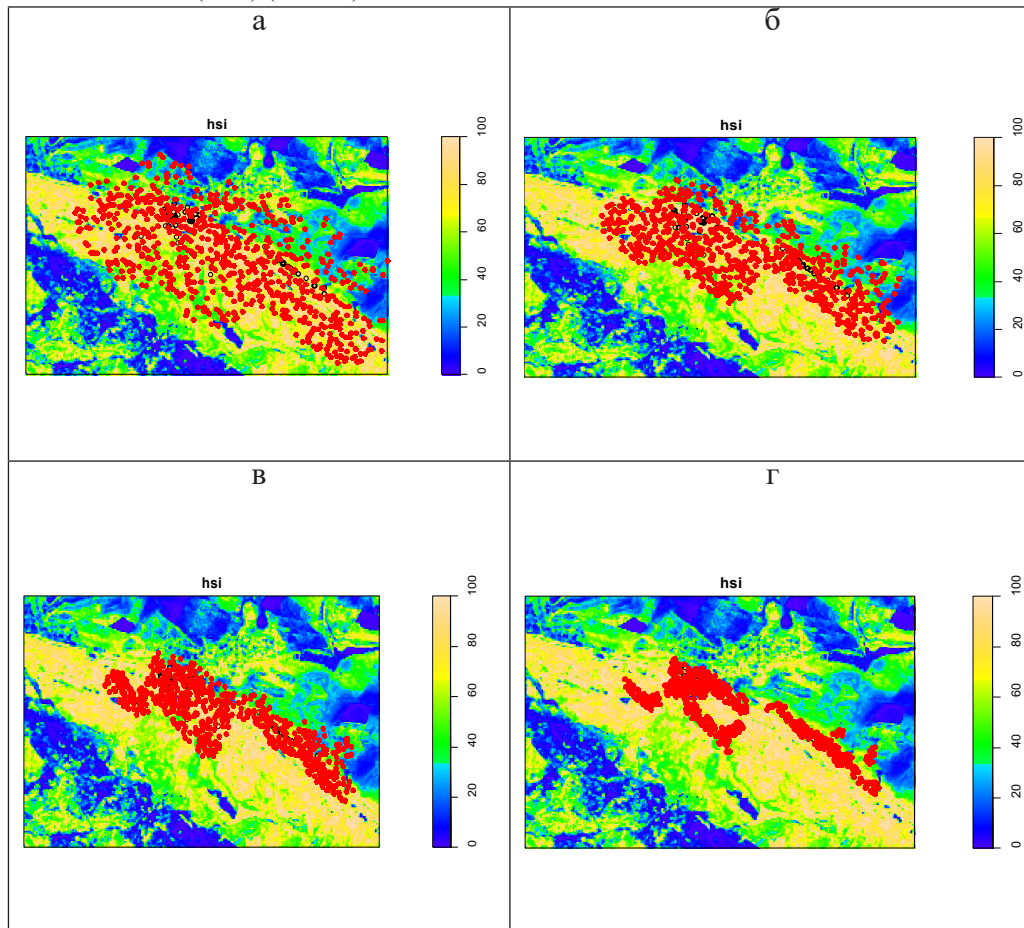


Рис. 6. Розподіл точок псевдовідсутності, які розташовані: а – на відстані не більше 1000 м від точок наявності; б – на відстані не більше 500 м від точок наявності; в – на відстані не більше 250 м від точок наявності; г – на відстані не більше 100 м від точок наявності. Розмірність шкали – див. рис. 4.

По-друге, при зменшенні масштабу на передній план виходять більш дрібні деталі рельєфу, які при великому масштабі не відіграють суттєвої ролі. Таким чином, зменшуючи масштаб, ми можемо дослідити вплив на екологічну нішу зяблика таких змінних як: кривизна рельєфу (*Prof_curv*), кут ухилу поверхні (*Slope*), індекс балансу маси (*Mass-balance index* (за допомогою якого оцінюються ерозійні процеси) тощо. Маргінальність за цими змінними зростає зі зменшенням масштабу.

По-третє, спеціалізація зяблика не змінюється при зміні масштабу, цей вид має найбільшу спеціалізацію за вегетаційними індексами.

За допомогою факторного аналізу екологічної ніші ми виявили, що до еколого-географічних змінних (EGVs), які в основному корелюють із наявністю зяблика відповідно до першого фактора – маргінальності, можна залучити: NDVI (нормалізований різницевий індекс рослинності), GreenNDV – зелений NDVI, Dem – висоту місцевості над рівнем моря,

Diffuse insol (розсіяну інсоляцію), NDB4 (активність хлорофілу), wind – індекс впливу вітру Ліварда тощо. Стосовно другого фактора – спеціалізації – зяблик має високі вимоги щодо різних індексів вегетації: GVI (стан зеленої біомаси), NDB4 (активність хлорофілу), GR («зеленість»).

Також було встановлено, що розподіл використання зябликом ресурсів відрізняється від розподілу ресурсів території, особливо за такими змінними як висота над рівнем моря, нормалізований різницевий індекс рослинності, індекс впливу вітру Ліварда тощо.

Розглядаючи екологічну нішу зяблика на різних масштабних рівнях (на відстанях не менше 1000, 500, 250 та 100 м від точок наявності), ми помітили певні особливості: по-перше, перелік чинників, які впливають на розподіл зяблика, суттєво змінюється при зміні масштабу, по-друге, при зменшенні масштабу на передній план виходять більш дрібні деталі рельєфу, які при великому масштабі не відіграють суттєвої ролі; по-третє, спеціалізація зяблика не змінюється при зміні масштабу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Беклемишев В. Н.* О классификации биогеоценологических (симфизиологических) связей // Бюллетень МОИП. 1951. Т. 55. Вып. 5. С. 3–30.
2. *Боголюбов А. С., Преображенская Е. С.* Временная динамика численности и компоновки пространственных ниш видов, входящих в синичьи стаи // Экологическая ординация и сообщества. М.: Наука, 1990. С. 64–78.
3. *Бяллович Ю. П.* Биогеоценотические горизонты // Труды МОИП. Сб. работ по геоботанике, ботанической географии, систематике растений и палеогеографии. 1960. Т. 3. С. 43–60.
4. *Демидов А. А., Кобец А. С., Грицан Ю. И., Жуков А. В.* Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монографія. Днепропетровск: Свидлер А. Л., 2013. 560 с.
5. *Дольник В. В.* Методы изучения бюджетов времени и энергии у птиц // Труды Зоолог. ин-та. 1982. Т. 113. С. 3–37.
6. *Пономаренко О. Л.* Консоциальні зв'язки птахів у дібровах степового Придніпров'я як фактор стійкості лісових екосистем: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2004. 23 с.
7. *Пузаченко Ю. Г., Желтухин А. С., Сандлерский Р. Б.* Анализ пространственно-временной динамики экологической ниши на примере популяции лесной куницы (*Martes martes*) // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71. № 6. С. 467–487.
8. *Фесенко Г. В., Бокотей А. А.* Птахи фауни України: польовий визначник. К.: Новий друк, 2002. 416 с.
9. *Шарая Л. С.* Предсказательное картирование лесных экосистем в геоэкологии // Поволжский эколог. журнал. 2009. № 3. С. 249–257.
10. *Austin M. P.* Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling // Ecol. Model. 2002. Vol. 157. P. 101–118.
11. *Chase J. M., Leibold M. A.* Ecological niches: linking classical and contemporary approaches – Chicago: The University of Chicago Press, 2003. 421 p.
12. *Franklin D. C., Woinarski J. C., Noske R. A.* Geographical patterning of species richness among granivorous birds in Australia // Biogeogr. 2000. Vol. 27. P. 829–842.
13. *Hirzel A. H., Guisan A.* Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling // Ecol. Model. 2002. Vol. 157(2–3). P. 331–341.
14. *Hutchinson G. E.* The niche: an abstractly inhabited hypervolume // The ecological theatre and the evolutionary play. New Haven, Yale Univ. Press. 1965. P. 26–78.

15. Soares C., Brito J. C. Environmental correlates for species richness among amphibians and reptiles in a climate transition area // *Biodivers Conserv.* 2007. Vol. 16. P. 1087–1102.
16. Guisan A. Zimmermann N. E. Predictive habitat distribution models in ecology // *Ecol. Model.* 2000. Vol. 135. P. 147–186.
17. R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2015. <http://www.R-project.org/>.
18. Geological Survey (U.S.), and EROS Data Center. 1900. EarthExplorer. [Reston, Va.]: U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey. <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS82497>.

Стаття: надійшла до редакції 10.03.15

доопрацьована 21.05.15

прийнята до друку 11.09.15

INVESTIGATION OF SPATIAL PARAMETERS OF THE ECOLOGICAL NICHE OF COMMON CHAFFINCH (*FRINGILLA COELEBS*) USING REMOTE SENSING DATABASE

O. Zhukov¹, O. Ponomarenko¹, A. Zimaroeva²

¹*Dnipropetrovsk National University Oles Honchar
10, Naukova St., Bldg. Number 17, Dnipropetrovsk 49000, Ukraine*

²*Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd., Zhytomyr 10008, Ukraine
e-mail: anastasia_zima@mail.ru*

Ecological-Niche Factor Analysis of finch showed that this species has a high marginality in relation to such ecogeographical variables as: the normalized difference vegetation index, the green NDVI, the altitude, the diffuse insolation, the activity of chlorophyll, the index of wind influence. This species is highly specialized in relation to various vegetation indices. Based on the type of habitat preference map, we found that *Fringilla coelebs* doesn't implement all its potential pro-spatial niche. In the work a new approach to the study of the ecological niche of the species by using the different levels of scale was first proposed. Considering the ecological niche of common chaffinch on different levels of scale, we noticed certain features: first, a list of factors that influence the distribution of common chaffinch significantly altered by changing the scale, secondly, the finer details of the relief come to the forefront when the scale down; third, specialization of finch does not change with zooming.

Keywords: Common chaffinch, Ecological-Niche Factor Analysis, ecogeographical variables, marginality, specialization.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ ЗЯБЛИКА (*FRINGILLA COELEBS*) С ПОМОЩЬЮ
ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

О. Жуков¹, О. Пономаренко¹, А. Зимарова²

¹*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара
ул. Научная, 10, корп. № 17, Днепропетровск 49000, Украина*

²*Житомирский национальный агроэкологический университет
Старый бульвар, 7, Житомир 10008, Украина
e-mail: anastasia_zima@mail.ru*

Проведя факторный анализ экологической ниши зяблика, мы обнаружили, что этот вид имеет высокую маргинальность по отношению к таким экогеографическим переменным как: нормализованный разностный индекс растительности, зеленый NDVI, высота местности над уровнем моря, рассеянная инсоляция, активность хлорофилла, индекс воздействия ветра Ливарда. Этот вид птиц высоко специализированный по отношению к различным индексам вегетации. На основе карты предпочтения местообитаний вида обнаружено, что не вся потенциальная ниша *Fringilla coelebs* в ее пространственном выражении реализована. В работе был впервые предложен новый подход к изучению экологической ниши вида, для чего использованы различные масштабные уровни. Рассматривая экологическую нишу зяблика на различных масштабных уровнях, мы заметили определенные особенности: во-первых, перечень факторов, которые влияют на распределение зяблика, существенно изменяются при изменении масштаба; во-вторых, при уменьшении масштаба на передний план выходят более мелкие детали рельефа; в-третьих, специализация зяблика не изменяется при изменении масштаба.

Ключевые слова: зяблик, факторный анализ экологической ниши, экогеографические переменные, маргинальность, специализация.