

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11>

УДК (UDC) 502.5: 502.7

**М. В. ТЕСЛОВИЧ<sup>1</sup>,**

аспірантка кафедри конструктивної географії і картографії  
e-mail: [teslovich\\_marjana@ukr.net](mailto:teslovich_marjana@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-7077>

**Д. А. КРИЧЕВСЬКА<sup>1</sup>,** канд. геогр. наук, доц.,  
доцент кафедри конструктивної географії і картографії  
e-mail: [diana\\_kr@ukr.net](mailto:diana_kr@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-5943>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Петра Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНО ВАЖЛИВИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ПЕРЕБУВАННЯ ВЕДМЕДЯ БУРОГО У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

**Мета.** Здійснити пошук потенційно важливих територій для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) у межах Закарпатської області із використанням інструментів геоінформаційного моделювання для оптимізації меж структурних елементів екомережі.

**Методи.** Геоінформаційне моделювання, геопросторовий аналіз, опрацювання фондових матеріалів природоохоронних служб.

**Результати.** В межах Закарпатської області проведено комплексну оцінку природного середовища із використанням інструментів геоінформаційного моделювання через попередній аналіз придатності для життєдіяльності виду таких п'ятьох параметрів: типів наземного покриву, близькості нелісових біотопів до лісових, висотних біокліматичних поясів, ступенів розчленування рельєфу, віддаленості від населених пунктів і доріг. У результаті отримано картографічну модель «Інтегральна придатність біотопів для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*)» на якій також продемонстровано зафіксовані експертами оселища та місця реєстрації виду. Встановлено, що загальна площа територій, які потенційно придатні для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпаття становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах орографічного екорегіону підвищеного розчленованого середньогір'я. Найбільш придатні та придатні біотопи, утворені в результаті моделювання, зустрічаються також у межах Горганської Верховини (на межі Закарпатської і Івано-Франківської областей), яка відноситься до екорегіону підвищеного низькогір'я. Змодельовані території достатньо добре корелюють із локалітетами, де зафіксовані реальні ознаки поширення виду. На другому етапі досліджень відповідно до обраної методики отримано картографічну модель «Потенційно важливі території для перебування ведмеда бурого», на якій окреслено популяційні, відтворювальні та інші ділянки, а також ключові території екомережі області та природоохоронні території. Охарактеризовано також просторові особливості розташування популяційних, відтворювальних ділянок в інших морфогенних екорегіонах Карпат, встановлено природні та антропогенні перешкоди, а також загрози для міграції та життєдіяльності виду. Зазначено, що природні умови прикордоння є сприятливими для міграції ссавців із Румунії, Словаччини та Польщі, що підтверджують також моніторингові дослідження, які проводять природоохоронні установи, управління лісового та мисливського господарства тощо.

**Висновки.** У Закарпатській області склалися сприятливі умови для існування ведмеда бурого (*Ursus Arctos*), зокрема велика частка лісових екосистем, наявність важкодоступних ділянок, скорочення чисельності населення маленьких гірських сіл тощо. Проте постійний розвиток рекреаційної та енергетичної інфраструктури може зумовити фрагментацію природного середовища. Тому окреслені нами ділянки, що є важливими для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*), можуть бути основою для оптимізації меж структурних елементів екомережі гірської частини Закарпатської області. У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда бурого у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори із впровадженням заходів щодо дотримання норм природоохоронних обмежень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ведмідь бурий (*Ursus Arctos*), ключові території, екологічні коридори, Смарагдова мережа

**Як цитувати:** Теслович М. В., Кричевська Д. А. Геоінформаційне моделювання потенційно важливих територій для перебування ведмеда бурого у Закарпатській області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2023. Вип. 39. С. 117 - 131. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11>

© Теслович М. В., Кричевська Д. А., 2023



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**In cites:** Teslovych M. V., & Krychevska D. A. (2023). Geoinformation modeling of potentially important territories for the brown bear's stay in the Transcarpathian region. *Man and Environment. Issues of Neoeecology*, (39), 117 -131. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11> (in Ukrainian)

### Вступ

Однією з причин скорочення біотичного різноманіття є фрагментація середовищ існування видів. Часто вона зумовлена розвитком житлової та транспортної інфраструктури, створенням нових об'єктів господарства тощо. Найбільш чутливими до наслідків фрагментації у Карпатах є великі ссавці, зокрема, ведмідь бурий (*Ursus arctos*) [1]. Цей вид із 2003 року занесено до Червоної книги України як «вразливий», а у 2009 році його статус було змінено на «зникаючий».

Згідно з Додатком до Плану дій щодо збереження ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) в Україні, затвердженого Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №679 від 20.10.2021 року (Далі «План ...») [2], чисельність його популяції в Українських Карпатах на сьогодні становить близько 335 особин, що у 3 рази менше, ніж на початку 70-х років минулого століття. Для порівняння чисельність ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) у Румунських Карпатах становить близько 6 тис. осіб, у Словацьких Карпатах — 1256 особин [3], проте через недосконалість методик обліку цей показник може бути суттєво завищеним. Зі Словаччини близько 2-5 особин на рік мігрує до Угорщини, де за офіційними даними не виявлено постійного населення виду [4]. У Польських Карпатах чисельність популяції оцінюється у 369 осіб [4] і спостерігається тенденція до збільшення.

В усіх країнах Карпатського регіону ведмідь бурий (*Ursus arctos* L.) охороняється за національним та міжнародним законодавством. Проте досі актуальними є дослідження, спрямовані на виявлення та охорону його середовищ існування [5]. Серед заходів, спрямованих на подолання негативних наслідків фрагментації середовищ існування, є розвиток мережі природоохоронних територій та формування екологічної мережі із системою екокоридорів. Ці заходи передбачають попереднє вивчення *потенційної придатності біотопів для перебування ведмеда бурого* (*Ursus arctos* L.), реальних місць

його розселення та міграційних шляхів. Сьогодні поведінкові особливості виду є предметом дослідження закордонних [6] та вітчизняних [7; 8; 9; 10] науковців. Окремі з них визначають ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) як такого, що здатен мігрувати на значні відстані [11] і є дуже чутливим до штучних бар'єрів. Багато сучасних наукових досліджень, спрямовано на виявлення особливостей розселення виду в Румунії [12; 13; 14], оскільки тут збереглась найбільш чисельна його популяція серед країн Карпатського регіону.

В Україні на сьогодні триває процес напрацювання підходів до моніторингу за чисельністю популяції ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) та його охорони. Окремі наукові дослідження спрямовані на вивчення просторових особливостей поширення виду [8], окреслення екологічних коридорів на загальнокарпатському рівні [7] та в межах Мараморощини [15]. У 2010 році групою фахівців здійснено моделювання екологічних коридорів (для ведмеда бурого, зокрема) з використанням ГІС технологій: Турківського (між регіональним ландшафтним парком «Надсянський» і національним природним парком «Сколівські Бескиди») та Буковинського (між національним природним парком «Вишницький» та загальнозоологічним заказником «Зубровицький») [16].

Зазначимо, що ведмідь бурий (*Ursus arctos*) є середовищеутворювальним та одним із найбільш чутливих до фрагментації видом [16]. Саме тому встановлення ключових територій та екологічних коридорів із використанням знань про місця його перебування, можуть забезпечити міграційні потреби інших видів, які співіснують із ним в однакових умовах.

Загалом розробка структурних елементів екомережі для Закарпатської області триває ще з часу прийняття перших нормативних документів про її формування [17, 18; 19, 20, 21, 22]. Проте вони переважно схематичні, не всі з них мають чітко встановлені межі. Крім того, на сьогодні в Україні відсутні дієві правові механізми, які регулю-

ють природокористування у межах цих елементів екомережі, особливо в межах екокоридорів [23]. Це суттєво ускладнює можливість для розробки та впровадження системи менеджменту на цих територіях, яка дозволила б забезпечити можливість для вільної міграції видів, зокрема і ведмеда бурого (*Ursus arctos*).

### Методика дослідження

Використано головні методичні прийоми та принципи, які запропоновані групою фахівців (Ф.Д.Деодатус, Л.Проценко, А.Т.Башта, І.Круглов та інш.) і викладені у посібнику «Створення екологічних коридорів в Україні» (2010) [15]. Відповідно до цієї методики екологічні коридори пропонується визначати з використанням ГІС шляхом інтегральної оцінки різних геопросторових даних, які є важливими для існування популяції певних модельних видів. Так для визначення важливих оселищ для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) запропоновано аналізувати такі п'ять параметрів: 1) типи наземного покриття; 2) співвідношення площ лісу і лук в околиці 250 м (у %); 3) висотні біокліматичні пояси; 4) ступінь вертикальної розчленованості рельєфу; 5) віддаленість від населених пунктів і доріг.

У представленому дослідженні адаптовано цю методику до більш дрібного масштабу (1:500 000) та програмного забезпечення QGIS 3.16.8. Параметр «співвідношення площ лісу і лук в околиці 250 м (у %)» замінено на параметр «близькість нелісових екосистем до лісових біотопів (у м)», що дало можливість визначити найбільш придатні за цим показником біотопи для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) доступними для зазначеного програмного забезпечення інструментами.

При аналізі 4-го і 5-го параметрів і формуванні відповідних растрових шарів використано дані SRTM (N47E022, N47E023, N47E024, N48E021, N48E022, N48E023, N48E024, N49E022) із розміром комірки 30x30 м.

Геоінформаційний аналіз кожного з параметрів дозволив побудувати п'ять растрових шарів. Більш детально особливості застосування методів для отримання растрових шарів описано нижче у розділі «результати і обговорення». З метою комплексного аналізу сформованих шарів і проведення інтегральної оцінки придатності біотопів

Мета дослідження – здійснити пошук потенційно придатних територій для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпатської області із використанням інструментів геоінформаційного моделювання для оптимізації меж структурних елементів екомережі

для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) отримані растрові шари поєднано за допомогою зваженого адитивного оверлейного аналізу. При цьому всі показники, крім віддаленості від заселених територій та доріг, вважалися рівнозначними і для них застосовано ваговий коефіцієнт, який дорівнював 1. Для шару оцінки віддаленості від населених пунктів та доріг застосовано ваговий коефіцієнт, який дорівнює 2, оскільки ведмідь бурий (*Ursus arctos*) є досить чутливим видом до людської присутності. Отримані значення інтегральної придатності біотопів для перебування виду ми привели до бальної шкали від 0 до 100 та відобразили на відповідній картосхемі (рис.1), де вказано шість градацій територій: від «абсолютно непридатних для перебування ведмеда» (придатність становить 0 балів) до «найбільш придатних для перебування ведмеда» (придатність — більше 71 балу).

З метою визначення найбільш цінних оселищ на складену нами карту потенційно важливих територій для перебування ведмеда нанесені площинні та точкові локалітети реальних місць розселення виду, які зафіксовані зоологами під час польових та інструментальних досліджень [7, 15, 24]. Такі критично цінні оселища, на нашу думку, мають бути захищені на державному рівні в межах природоохоронних територій різного статусу.

Відповідно до запропонованої методики території потенційного перебування ведмеда бурого, що отримали бали вищі за 55, можуть формувати популяційні та відтворювальні ділянки. Для популяційних ділянок мінімальна площа може становити 10 тис. га, для відтворювальних — 2 тис. га. Ділянки, які непридатні для постійного перебування чи відтворення виду і можуть використовувались лише для міграції, мають площу меншу за 2 тис. га. Враховуючи цей критерій відповідні оселища поділені на три групи і представлені на картосхемі (рис.2).

Для просторового аналізу стану захищеності визначених оселищ та потенційно важливих територій для перебування ведмедя додано шари із межами природоохоро-

ронних територій національного та міжнародного значення, а також ключових територій, окреслених на схемах науковців [17, 18] та геопланувальних документах Закарпатської області [21, 22].

### Результати дослідження та обговорення

Відповідно до обраної методики проаналізовано п'ять параметрів, які є важливими для визначення *потенційно придатних територій для перебування ведмедя бурого* (*Ursus arctos*): типи наземного покриття, близькість нелісових екосистем до лісових біотопів, висотні біокліматичні пояси, ступінь вертикальної розчленованості рельєфу та віддаленість від населених пунктів і доріг. Нижче охарактеризовано головні методичні прийоми та отримані результати по кожному з параметрів, а також подано просторовий аналіз результатів інтегральної оцінки цих параметрів.

Для створення растрового шару, що характеризує *придатність типів наземного покриття для перебування ведмедя*, використано геодані лабораторії Global Land Analysis and Discovery (GLAD) із розміром комірки 30x30 м [25] для території Закарпатської області та частково суміжних областей і країн (аркуш 50N020E). Растрове зображення перекласифіковано таким чином, щоб кожна комірка містила інформацію про один із наведених класів земельного покриття: хвойний ліс, листяний і мішаний ліс, луки у т.ч. з чагарниками, рілля, поселення, водойми. Серед векторних шарів OpenStreetMap вибрано лінійні об'єкти, які позначають залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, водотоки, та об'єднали їх в один растровий шар. У результаті отримано 2 растрові зображення (з площинними і лінійними типами об'єктів), які містять інформацію про 10 типів наземного покриття (хвойний ліс, листяний і мішаний ліс, луки у т.ч. з чагарниками, рілля, поселення, водойми, залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, водотоки). Кожен із зазначених типів оцінено відповідно до його придатності для перебування (життєдіяльності) ведмедя бурого (*Ursus arctos*).

Відомо, що для ведмедя бурого у Карпатах оптимальним середовищем є лісові екосистеми, серед яких він надає перевагу масивам старих букових, смерекових та ялицевих гірських лісів з вітровалами та ярами,

розчленованими скелястими ділянками. Зважаючи на масштаб дослідження, всі лісові екосистеми області оцінені у 100 балів.

У пошуку сезонно доступних кормів ведмідь бурий використовує старі, заростаючі ожиною та малиною зруби, що старші за 10 років. Також відвідує території біля населених пунктів із фруктовими садами, пасіками. У період врожаю чорниці звірі концентруються на субальпійських луках. Відповідно луки у т.ч. з чагарниками оцінені у 20 балів, а інші типи наземного покриття (об'єкти водного фонду, території з житловою та транспортною інфраструктурою, рілля), які є загрозливими для життєдіяльності виду, визначені як «абсолютно непридатні» та відповідно оцінені у 0 балів.

Проведений ГІС аналіз растрового шару типів наземного покриття на предмет виявлення потенційно придатних екосистем для перебування ведмедя дозволив встановити наступне. Загалом до таких екосистем віднесено 1070,4 тис. га, що становить 83,9 % від площі області. Серед них виділяються лісові екосистеми (775,3 тис. га; 60,8% від території Закарпаття) та луки в т.ч. із чагарниками (295,1 тис. га; 23,1% від території Закарпатської області). Серед лісових типів наземного покриття виділені широколистяні, хвойні і мішані ліси (табл. 1). До лук у т.ч. з чагарниками ми віднесли гірські субальпійські і альпійські, вторинні луки, а також сільськогосподарські угіддя за винятком ріллі.

Зауважимо, що за офіційними даними Закарпатського управління лісового та мисливського господарства площа всіх лісів області становить 687,9 тис. га (53,9% від території області). Така відмінність із нашими показниками може бути зумовлена наявністю площ необлікованих самосійних лісів, що переважно займають закинуті пасовища, сіножаті, які не використовуються за призначенням. Крім того, обчислений нами показник враховує всі території із деревною рослинністю, до яких можуть належати також захисні лісосмуги, багаторічні насадження (сади), міські парки тощо.

До типів наземного покриття, які є абсолютно непридатними для перебування ведмедя віднесено: значні за розмірами водотоки та водойми, які є бар'єром для пересування виду (18,4 тис.га; 1,4% від площі області), а також території зі щільною житловою, транспортною інфраструктурою і рілля

(187,5 тис. га; 14,7% від території Закарпатської області).

Зауважимо, що малі водотоки при більш крупномасштабних дослідженнях все ж можуть бути долучені до місць перебування ведмедів, оскільки є середовищами існування риби, якою харчується цей звір.

Таблиця 1

Типи наземного покриття Закарпатської області придатні для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) та їх природоохоронний статус

Table 1

Land cover types of the Transcarpathian region are suitable for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) and their conservation status

№	Типи наземного покриття, придатні для перебування ведмедя бурого ( <i>Ursus arctos</i> )	Площа*, тис.га	Землі, що перебувають у складі території природно-заповідного фонду (ПЗФ)*		Землі, що перебувають у складі затверджених Постійним комітетом Бернської конвенції територій Смарагдової мережі*			
					із врахуванням ПЗФ		без врахування ПЗФ	
			тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%
1	Широколисті ліси	397,6	46,6	11,7	44,3	11,1	9,0	2,3
2	Мішані ліси	302,0	90,2	29,9	94,4	31,3	0,0	0,0
3	Хвойні ліси	75,7	29,7	39,2	47,6	62,9	20,4	27,0
	<i>Разом лісові землі</i>	<i>775,3</i>	<i>166,2</i>	<i>21,4</i>	<i>186,3</i>	<i>24,0</i>	<i>29,4</i>	<i>3,8</i>
4	Луки в т.ч. із чагарниками	295,1	21,6	7,3	30,2	10,2	10,6	3,6
5	Загалом	1070,4	188,1	17,6	216,5	20,2	40,0	3,7

\*отримано за розрахунками на основі растрових просторових даних [25]

\*obtained according to calculations based on raster spatial data [25]

Для створення растрового шару, що характеризує *близькість нелісових екосистем до лісових біотопів* (*y m*) за допомогою калькулятора растрів цільовим коміткам растрового шару наземного покриття, які містять інформацію про заліснені території, було присвоєно значення 1, а всім іншим (нелісовим) — відповідно 0. Із використанням інструменту «близькість (растрова відстань)» створено буфер розміром 250 м (за координатами географічної прив'язки) навколо цільових коміток. Відповідно у радіусі 250 м навколо будь-якої комітки, що містить інформацію про нелісові екосистеми і розміщена на межі або за межами отриманого буферу, значення кількості коміток, які відображають заліснені території, буде рівне 0. Це дозволяє віднести їх до абсолютно непридатних за зазначеним параметром, тоді як найбільш придатними є власне заліснені території. Значення коміток растру, які потрапляють у межі буферу навколо заліснених територій було перекласифіковано таким чином, щоб згрупувати їх у 3 рівні категорії за значенням відстані: від 1 до 83 м, від 84 до

166 м, від 167 до 249 м. Зі збільшенням віддалі зменшується рівень придатності території для перебування виду. Відповідні значення близькості нелісових екосистем до лісових біотопів було оцінено таким чином, як наведено у таблиці 2.

Зазначимо, що буфер навколо заліснених територій може враховувати не лише лучні екосистеми, а й суттєво трансформовані внаслідок господарського освоєння – рілля, населені пункти тощо. Проте під час обчислення інтегрального показника придатності біотопів, таким растровим коміткам присвоєно найнижчі значення за параметрами «типи наземного покриття» та «віддаленість від населених пунктів і доріг», що дозволяє відокремити їх від найбільш придатних біотопів.

У результаті отримано растр, комітки якого містять інформацію про близькість нелісових екосистем до лісових біотопів і мають розмір 30x30 м. Цей шар відображає поведінкові особливості ведмедя бурого, що надає перевагу лісовим масивам, біля яких розташовані лісо-лучні екотопи. На відкриті ділянки він заходить у літній час для пошуку

Таблиця 2

Оцінка близькості нелісових екосистем до лісових екоотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 2

Valuation of the proximity of non-forest ecosystems to forest ecotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*)

Параметр	Значення близькості нелісових екосистем до лісових біотопів (м)				
	≥ 250	167 — 249	84 — 166	1 — 83	0
Оцінка (бали)	0	25	50	75	100

їжі: чорниці, ожини, малини та ін. На території Закарпаття найбільш придатними за цим показником є її гірська частина, а також збережені лісові масиви низовини, які розташовані навколо урочища Чорний Мочар і в пониззі річок Тиса, Боржава та Латориця.

Для отримання третього растрового шару, який відображає оцінку *придатності висотних біокліматичних поясів для перебування ведмедя*, використано дані SRTM із розміром комірки 30x30 м. Оціночні бали висотних біокліматичних поясів представлені у таблиці 3. Відповідно до методики [13] найбільш придатними для ведмедя бурого є біокліматичні висотні пояси помірно-

прохолодних смереково-букових та прохолодних буково-смерекових лісів, що проходять на інтервалі висот від 700 до 1300 м. над р. м., яким присвоєно 100 балів. Досить придатними є також пояси помірно теплих букових лісів (350 — 700 м. над р.м.) та дуже прохолодних смерекових лісів (1300 — 1500 м. над р.м.) (80 балів). Посередньо придатним є пояс теплих дубових лісів (0 — 350 м. над р.м.), який природно охоплює низовинну частину Закарпатської області, а найменш придатними — помірно холодний субальпійський та холодний альпійський пояси (понад 1500 м. над р.м.), що проходять у високогірній частині області (табл.3).

Таблиця 3

Придатність висотних біокліматичних поясів для ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 3

Suitability of high-altitude bioclimatic zones for the brown bear (*Ursus arctos*)

№	Висотні біокліматичні пояси	Висоти (м. н р. м.)	Оцінка (бали)
1	Теплих дубових лісів	0 — 350	50
2	Помірно теплих букових лісів	350 — 700	80
3	Помірно прохолодних смереково-букових лісів	700 — 1100	100
4	Прохолодних буково-смерекових лісів	1100 — 1300	100
5	Дуже прохолодних смерекових лісів	1300 — 1500	80
6	Помірно холодний субальпійський	1500 — 1800	30
7	Холодний альпійський	Понад 1800	10

Встановлено, що площа найбільш придатних територій за вказаним параметром становить 384,7 тис. га (30,2% від території Закарпатської області). Вони переважно поширені у південно-східній частині Закарпатської області, охоплюючи північні схили Марамороського та південно-західні схили Черногірського гірських хребтів. Також найбільш придатними є верхні частини схилів Полонинського та Вододільно-Верховинського хребтів. У низькогір'ї придатними є привершинні схили гір Вітрова Скала (1025 м над р. м), Анталовецька Поляна (968 м над р. м), Маковиця (978 м над р. м), Дунавка

(1018 м над р. м), Дехманів Верх (1018 м над р. м), Бужора (1081 м над р. м) Вулканічного хребта.

Для представлення растрового шару, який відображає придатність ландшафтів із певним ступенем вертикальної розчленованості рельєфу для перебування ведмедя, також використано дані SRTM із розміром комірки 30x30 м. За допомогою відповідного інструменту аналізу растрів програмного забезпечення QGIS3.16.8 на основі цих даних обчислено відносні перевищення у метрах, що відображають ступінь розчленованості рельєфу, оцінка придатності яких наведена у таблиці 4.

Таблиця 4

Придатність рельєфу залежно від ступеня його розчленованості для ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 4

The suitability of the terrain depending on the degree of its dismemberment for the brown bear (*Ursus arctos*)

№	Відносне перевищення, м	Оцінка
1	0 — 50	50
2	50 — 100	100
3	100 — 200	100
4	Понад 200	100

Встановлено, що найвищі показники вертикального розчленування характерні для гірської частини Закарпатської області, а саме для Черногірського, Марамороського та Полонинського (до річки Латориця) гірських хребтів. Дещо нижчим рівнем розчленованості характеризуються Вододільно-Верховинський та Вулканічний хребти, а також Полонинський хребет на північний захід від річки Латориця. Найменш придатною за цим показником є рівнинна частина Закарпатської області.

Для здійснення оцінки придатності території за параметром «віддаленість від населених пунктів і доріг» нами були використані дані SRTM із розміром комірки 30x30 м та векторні шари OpenStreetMap, які позначають залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, а також забудовані території. На основі даних SRTM у межах території дослідження за допомогою відповідного інструменту растрового аналізу QGIS3.16.8 були обчислені значення крутизни схилів у градусах. На основі векторних просторових даних про залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, а також забудовані території, нами було створено растр, де зазначеним об'єктам відповідає значення комірки 1, а 0 — всім іншим територіям. За допомогою інструменту «Близькість (растрова відстань)» програмного забезпечення QGIS3.16.8 було встановлено значення віддаленості будь-якої точки в межах території дослідження від залізниць, магістральних, основних і другорядних доріг, а також забудованих територій у метрах. На основі отриманих растрів за допомогою інструменту «Калькулятор растрів» QGIS3.16.8 було обчислено шар віддаленості від населених пунктів і доріг за формулою:

$$D = \left(\frac{\alpha}{5} + 1\right) \times L,$$

де: D — віддаленість від населених пунктів і доріг;

$\alpha$  — крутизна схилів, °;

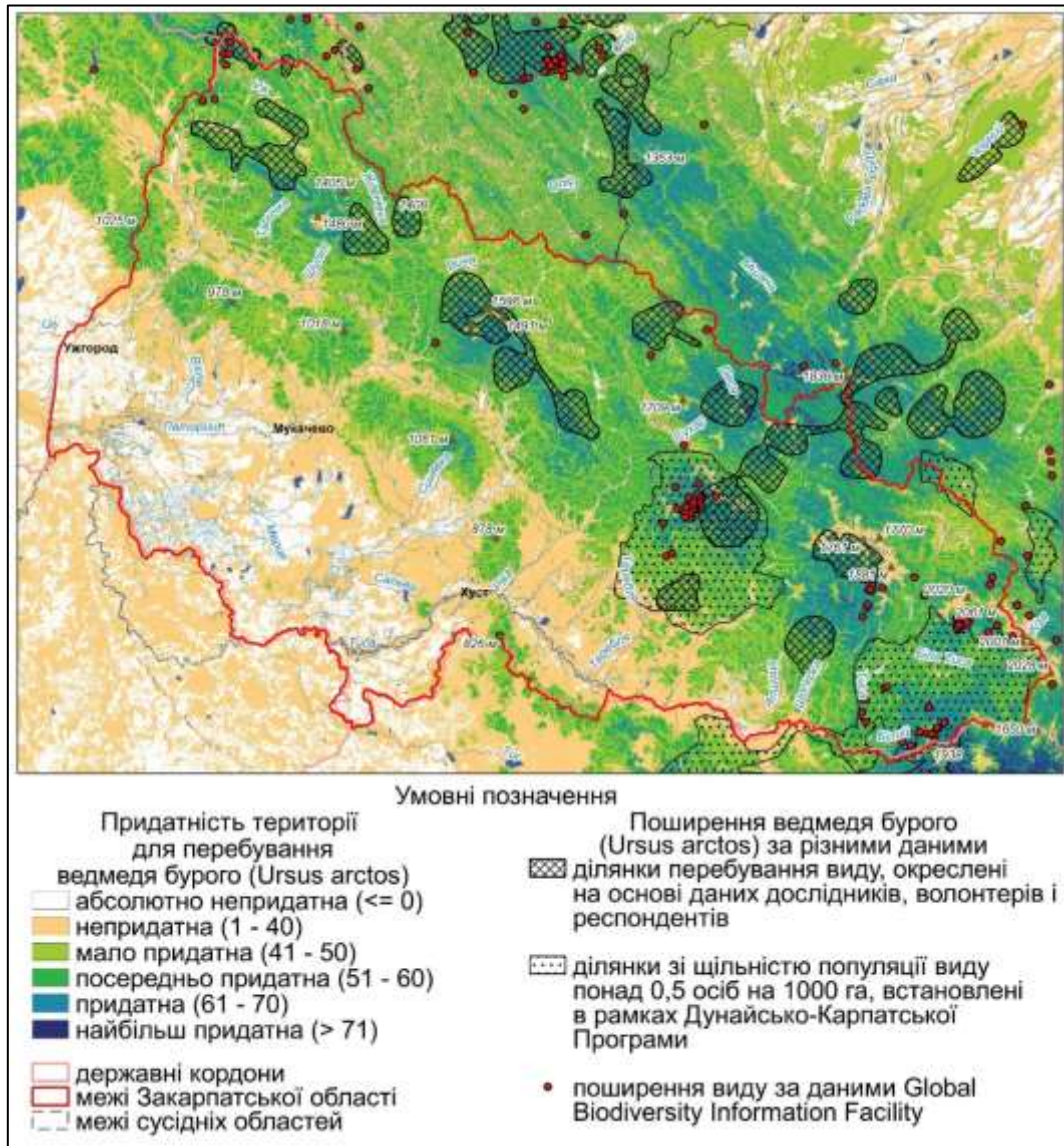
L — відстань від населених пунктів і основних доріг, м.

Отримані значення приведено до шкали від 0 до 100, де 0 — це власне дороги та населені пункти, а 100 — найвіддаленіші від них території. Отримана геомодель показала, що найбільш віддалені від антропогенного чинника території знаходяться в умовах підвищеного розчленованого середньогір'я та підвищеного низькогір'я (за Кругловим, 2008) на межі із Румунією та Івано-Франківською областю, а також уздовж верхів'їв Полонинського та Вулканічного хребтів. Натомість, досить заселеними є вирівняні днища долин великих та середніх річок (Тиси, Тересви, Терєблі, Боржави, Латориці, Ріки, Ужа) та Закарпатська низовина.

З метою інтегральної оцінки придатності біотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) отримані нами п'ять растрових шарів було поєднано за допомогою зваженого адитивного оверлейного аналізу. У результаті отримали картографічну модель (рис. 1), за якою встановлено, що загальна площа територій, які потенційно придатні для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпаття, становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. При цьому найбільш придатні та придатні території (з інтегральною оцінкою більше 61 балу) займають 98,3 тис. га (2,4 і 95,9 тис. га, відповідно).

Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах підвищеного розчленованого середньогір'я (за Кругловим, 2008). До цього орографічного екорегіону належать такі морфогенні екорегіони, як Внутрішні Горгани, Полонини





**Рис. 1** – Інтегральна придатність біотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*), зафіксовані оселища та місця реєстрації виду (складено за [7, 15, 16, 24])

**Fig. 1** – Integral suitability of biotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*), recorded habitats and places of registration of the species (compiled according to [7, 15, 16, 24])

Чорногори, Свидівця та Боржави-Красної, Рахівські флішові та кристалічні полонини [26]. Найбільш придатні та придатні біотопи, утворені в результаті моделювання, зустрічаються також у межах Горганської Верховини (на межі Закарпатської і Івано-Франківської областей), яка відноситься до орографічного екорегіону підвищеного низькогір'я.

Значно меншою є частка таких ареалів у межах середньогір'я. Вони приурочені переважно до заліснених схилів у межах таких морфогенних мезоекорегіонів як Полонина Брдо-Манчула та Полонина Равки-Руни, практично відсутні в межах Полонини Буковець.

Найменші за площею території потенційно придатних для перебування виду розташовані в межах екорегіону Вигорлат-Гутинської гряди, який репрезентує низькогірний морфогенний екорегіон.

Аналіз літературних джерел [7, 15] про поширення ведмедя бурого (*Ursus arctos*) в Українських Карпатах відображає певну кореляцію між територіями потенційного поширення виду, що були отримані нами за допомогою геоінформаційного моделювання, та оселищами, у яких були зафіксовані реальні місця перебування ведмедя бурого. У наукових публікаціях (І. В. Дикий, М. Г. Шквиря, П. Б. Хоєцький, Є. М. Улюра,



Є. Б. Яковлев, Н. П. Коваль) зафіксовано близько 12-ти осередків реєстрації виду в межах Закарпаття [7]. Згідно з просторовими даними Глобального інформаційного фонду біорізноманіття [24] місця перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) та інші знахідки слідів його життєдіяльності були зареєстровані переважно в межах діючих природоохоронних установ: у масивах Карпатського біосферного заповідника, національних природних парках «Ужанський» (Стужицьке та Лубнянське лісництва) та «Синевир», де проводиться постійний моніторинг за станом біотичного різноманіття.

Іншим важливим центром дослідження міграцій ведмедя бурого (*Ursus arctos*) є біотоп, що знаходиться на південному сході на кордоні з Румунією у Рахівсько-Чивчинських горах (Мармароші). Зазначимо, що популяція виду тут суттєво поповнюється завдяки міграції із Румунії. Це підтверджується результатами досліджень, що були проведені науковцями [15] в рамках реалізації Дунайсько-Карпатської програми WWF. Саме в Румунії на сьогодні збереглась найбільш чисельна популяція ведмедя бурого (*Ursus arctos*). З цієї ж причини частими тут є випадки виникнення конфліктів «хижак-людина» [14].

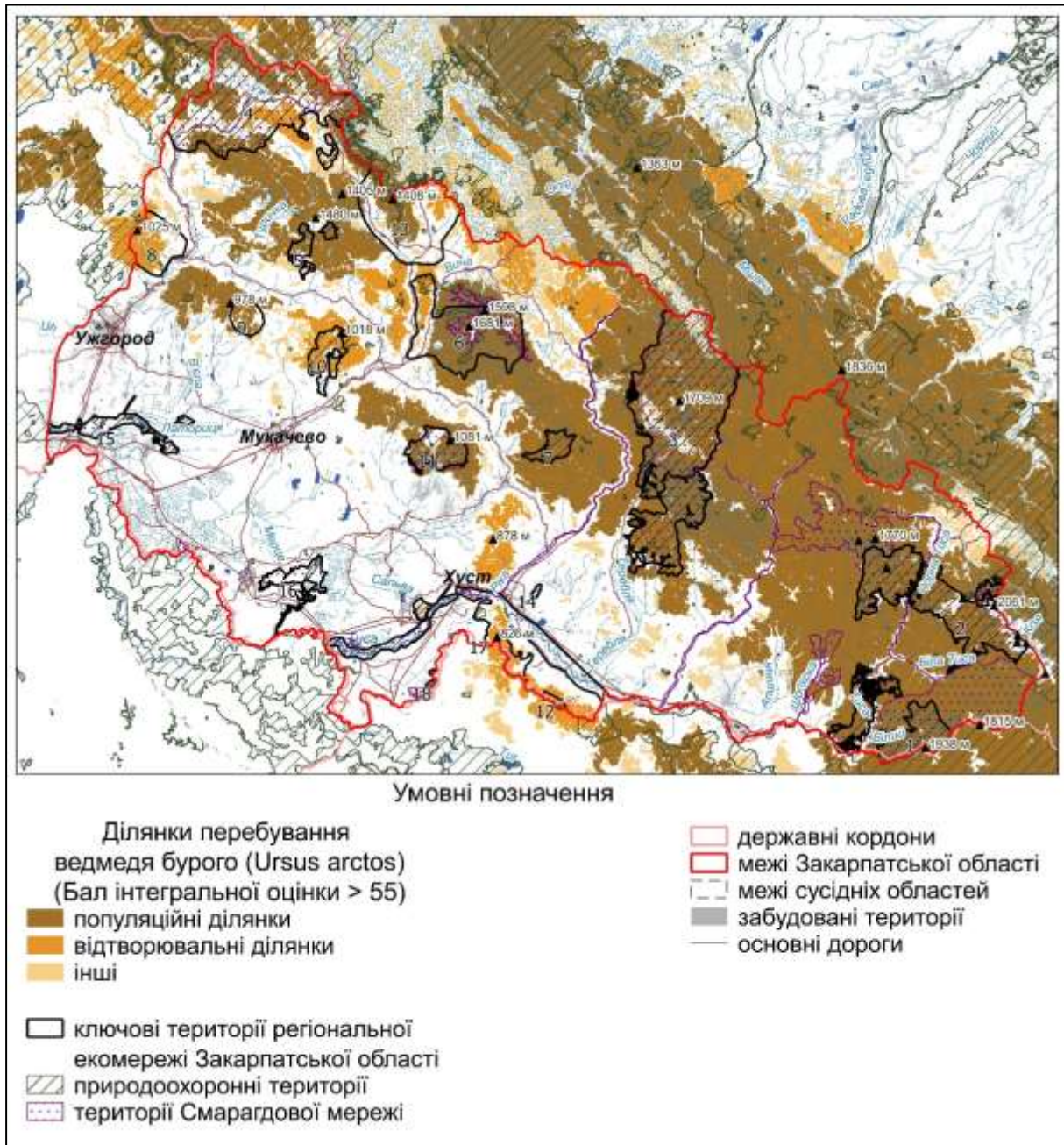
Осередки поширення виду зафіксовані також у лісових біотопах Полонинського хребта, у гірських масивах Горган, Свидовця та Чорногори. На нашу думку такі реально зафіксовані оселища ведмедя бурого мають бути захищені в межах ключових територій екомережі, інші території, важливі для перебування виду є основою для встановлення меж екокоридорів (рис. 2).

Відповідно до обраної методики серед територій, що потенційно придатні для перебування ведмедя, визначено близько 7 популяційних ділянок загальною площею 477,0 тис. га, 14 відтворювальних (55,1 тис. га) та 639 інших (42,5 тис. га.). Серед них лише 22,8% знаходиться у межах об'єктів ПЗФ. Переважно за межами природоохоронних територій розташовані відтворювальні та інші ділянки перебування ведмедя бурого.

Найбільші за площею популяційні ділянки ведмедя бурого (*Ursus arctos*) розташовані в межах підвищеного розчленованого середньогір'я. Лише на крайньому північному заході екорегіонів Внутрішніх Горган та Полонини Боржави-Красної знаходяться менші за площею відтворювальні ділянки. Бар'єрами на

шляху міграції тут є: річка Тиса із притоками Чорна та Біла Тиса, уздовж яких розташовані такі населені пункти, як м. Рахів, села Ділове, Костилівка, Новоселиця, Білин, Розтоки, Видричка та ін.; річка Тересва з притоками Мокрянка і Брустурянка та населені пункти Усть-Чорна, Красна, Руська Мокра, Лопухів та ін.; річка Теремля із населеними пунктами Колочава та Мерешор; річка Ріка із населеними пунктами Верхній Бистрий, Майдан, Запереділля, Вучкове, Підчумаль; а також річки Вича та Латориця. Зазначимо, що уздовж перелічених річок проходять також шляхи автомобільного сполучення. Зокрема уздовж р. Латориця проходить траса міжнародного значення М-06, а вздовж річок Вича та Тиса (разом із притокою Чорна Тиса) – залізничні дороги. Крім того, варто відзначити, що застосування застарілих підходів до ведення лісового господарства, зокрема проведення суцільних рубок, а також інші чинники (хвороби, пожежі) призводять до формування зрубів та ослаблених деревних насаджень. Так згідно з геопросторовими даними онлайн-платформи моніторингу лісів Global Forest Watch загальна площа ділянок із втраченим з 2000 року лісовим покривом становить близько 53,0 тис. га (6,8% від усіх лісових екосистем Закарпатської області). Найбільше ділянок із втраченим лісовим покривом поширено на південному сході Закарпатської області, що переважно належить до екорегіонів Внутрішніх Горган, Рахівських флішових та кристалічних полонин [27]. Загрозою для змодельованих тут популяційних ділянок є також реалізація великих рекреаційних та енергетичних проєктів. Так у межах мезоекорегіону Полонини Свидовця планується збудувати масштабний гірськолижний курорт, який призведе до суттєвої фрагментації природних середовищ існування, обмежить міграційні та відтворювальні можливості ведмедя бурого. Крім того, реалізація такого проєкту ускладнить переміщення виду між Свидовецько-Чорногірською (Свидовецько-Чорногірсько-Горганською) та Синевірсько-Угольсько-Широколужанською (Полонинсько-Горганською) ключовими територіями екологічної мережі області. Водночас у межах екорегіону Полонини Боржави-Красної планується встановити вітрові енергоустановки загальною потужністю 120 МВт. Вони матимуть відлякуючий ефект для виду, а мережа під'їзних доріг та ліній електропередач разом із охоронними зонами стануть бар'єром для його міграції.

У межах середньогір'я представлені популяційні, відтворювальні та інші ділянки,



**Ключові території:** 1. Мармароська (Кузійсько-Мармароська). 2. Свидовецько-Черногірська (Свидовецько-Черногірсько-Горганська). 3. Синевірсько-Угольсько-Широколужанська (Полонинсько-Горганська). 4. Ужансько-Сянська (Стужицько-Сянська). 5. Тур'є-Полянська. 6. Осішнянська (Ждимирська). 7. Річанська. 8. Вигорлатська (Вигорлат-Перечинська). 9. Маковицька. 10. Іршавська. 11. Синяцька (Синяк-Чинадіївська). 12. Шаянська. 13. Жденіївська. 14. Хустська. 15. Великодобрунська (Чопсько-Великодобронська). 16. Берегівська. 17. Виноградівсько-Тисенська (Черногорська). 18. Юлівська.

**Рис. 2** – Потенційно важливі території для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*), ключові та природоохоронні території регіональної екологічної мережі Закарпатської області (складено за [16, 17, 18, 21, 22, 28, 29])

**Key territories:** 1. Marmaroska (Kuziysko-Marmaroska). 2. Svydovetsko-Chornohirska (Svydovetsko-Chornohirsko-Gorganska). 3. Synevirsko-Ugolsko-Shyrokoluzhanska (Poloninsko-Gorganska). 4. Uzhansko-Syansk (Stuzhytsk-Syansk). 5. Turye-Polyanska. 6. Osishnianska (Zhdy-myrska). 7. Richanska. 8. Vyhirlatska (Vyhirlat-Perechynska). 9. Makovytska. 10. Irshavska. 11. Syniatska (Synyak-Chinadiivska). 12. Shayanska. 13. Zhdenniivska. 14. Khustska. 15. Velikodobrunska (Chopsko-Velikodobronska). 16. Berehivska. 17. Vynogradivsko-Tysensk (Chornogorsk) 18. Yulivsk.

**Fig. 2** – Potentially important areas for the brown bear (*Ursus arctos*), key and nature conservation areas of the regional ecological network of the Transcarpathian region (compiled according to [16, 17, 18, 21, 22, 28, 29])

які розділені річкою Теремля із с. Вільшани; річкою Ріка, уздовж якої розміщені населені пункти Противень, Нижній Бистрий, Гонцош та ін.; річкою Боржава із с. Березники; річкою Вича, а також річкою Латориця та її притокою — річкою Жденіївка, де розташовані смт. Жденієво, села Підполоззя, Збини, Буковець та ін.; річкою Мала Пиня із населеними пунктами Уклин та Поляна; річкою Уж, уздовж якої розташовані села Ставне, Жорнава, Кострина, Сіль та ін., а також її притокою р. Люта із однойменним населеним пунктом. Фрагментацію природних середовищ існування тут також зумовлюють населені пункти, розташовані в улоговинах між гірськими масивами – села Верхня Грабівиця, Родникова Гута та Вишка.

Підвищене низькогір'я представлене лише на межі з Івано-Франківською областю. Тут розташовані частини великих популяційних ділянок, які відокремлені від інших невеликих та фрагментованих ділянок річкою Чорна Тиса із притокою Лазещина, та прилеглими населеними пунктами: Ясіня, Лазещина, Чорна Тиса (екорегіон Гуцульська Верховина), річкою Слобода (притока р. Теремля) із однойменним населеним пунктом (мезоекорегіон Горганська Верховина).

У межах розчленованого низькогір'я представлені лише відокремлені популяційні та інші ділянки. Така фрагментація зумовлена тим, що тут беруть початок річки Латориця, Вича, Ріка, уздовж яких проходять шляхи автомобільного та залізничного сполучення, а також густа мережа їх приток. Крім того, тут розташовані населені пункти: Міжгір'я, Воловець, Пилипець та ін., активно розвиваються туризм та рекреація на базі існуючих гірськолижних курортів, а природна лісова рослинність суттєво фрагментована.

Однією із найважливіших причин скорочення чисельності популяції ведмеда бурого (*Ursus arctos*) є фрагментація його середовищ існування. Серед природоохоронних заходів, які можуть бути впроваджені для забезпечення міграційних можливостей виду, є обмеження антропогенної діяльності в межах ключових територій та екологічних коридорів, які визначають із врахуванням природних потреб та поведінкових особливостей ведмеда бурого.

В умовах низькогір'я змодельовані популяційні та відтворювальні ділянки ведмеда бурого простягаються почергово уздовж верхніх частин заліснених схилів Вулканічного хребта. Найбільші з них охоплюють схили гір Анталовецька Поляна (968 м над р. м) та Маковиця (978 м над р. м), Дехманів Верх. Бар'єрами для міграцій тут виступають широкі долини річок Уж, Латориця, Боржава, Ріка, де проходять шляхи автомобільного сполучення та розміщені населені пункти (Перечин, Чинадієво та ін.). Зазначимо, що сучасні зоологічні дослідження [7, 15, 24] не підтверджують наявності тут постійних місць перебування чи фактів міграції ведмеда бурого.

Окрім міграцій у межах Закарпаття, важливою проблематикою є забезпечення міграцій ведмеда бурого до інших країн Карпатського регіону. На основі виявлених біотопів поширення виду науковцями [7] вже запроєктовано 11 транскордонних екокоридорів: сім із Польщею, два із Румунією, два зі Словаччиною. Також окреслено два екокоридори на межі Івано-Франківської та Закарпатської областей.

У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори. Для цього потрібно врахувати розташування важливих біотопів для інших ключових карпатських видів. Просторово встановлені екокоридори можуть бути як окремими категоріями у природоохоронному законодавстві, так і зонами територій Смарагдової мережі із обмеженим впливом. Впровадження системи природоохоронного менеджменту на цих територіях позитивно вплине на загальне біотичне різноманіття області.

### **Висновки**

Проведена інтегральна оцінка придатності біотопів Закарпатської області для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) за п'ятьма параметрами показала, що загальна площа таких біотопів потенційно становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. При цьому найбільш придатні та придатні території (з інтегральною оцінкою більше 61 балу) займають 98,3 тис. га (2,4 і 95,9 тис.га, відповідно). Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах підвищене-

ного розчленованого середньогір'я. Відповідно, у цьому морфогенному екорегіоні зосереджені і найбільші за площею популяційні ділянки ведмеда бурого. Змодельовано також популяційні та відновлювальні ділянки в межах інших морфогенних екорегіонів області. У дослідженні зазначені головні бар'єри для міграцій та загрози для життєдіяльності виду. Відмічено також, що сприятливі умови для транскордонної міграції виду склалися на кордонах із Румунією, Польщею та Словаччиною.

На сьогодні природоохоронний статус мають лише 22,8% із виділених ділянок, які було змодельовано у ході дослідження. Та-

кож близько 25,6% входить до складу затверджених Постійним комітетом Бернської конвенції територій Смарагдової мережі. Низький рівень охорони може призвести до подальшої фрагментації природних середовищ існування внаслідок реалізації великих проєктів енергетичної та рекреаційної галузей господарства, розвитку дорожньої інфраструктури тощо. У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда бурого у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори із впровадженням заходів щодо дотримання норм природоохоронних обмежень.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

### Список використаної літератури

1. Scanes C. G. Chapter 19 - Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation. *Animals and Human Society*. 2018. P. 451-482. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00026-5>
2. План дій щодо збереження ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) в Україні: затв. наказом М-ва. а захисту довкілля та природних ресурсів України від 20.10.2021 р. №679. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3554.html> (дата звернення: 30.11.2022)
3. Antal V. et al. Protection and Management of Large Carnivores in Slovakia. / Lešová A, Antal V. (Eds). Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, 2015. 23 p.
4. Hackländer K, Frair J, Ionescu O. Large Carnivore Monitoring in the Carpathian Mountains. A joint publication by the International Council for Game and Wildlife Conservation and the Secretariat of the Carpathian Convention: BOKU-Reports on Wildlife Research & Game Management 24. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences, 2021. 71 p.
5. Bears of the World. Ecology, Conservation and Management / Penteriani V., Melletti M (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 389 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108692571>
6. Garcia-Rodriguez A., Albrecht J., Szczytkowska S., Valido A., Farwig N., Selva N. The role of the brown bear *Ursus arctos* as a legitimate megafaunal seed disperser. *Scientific Reports*. 2021. №1282. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80440-9>
7. Ведмідь бурий (*Ursus arctos*): проблеми збереження та дослідження популяції в Україні / за заг. ред. Дикого І. В., Шквирі М. Г. Київ: ТОВ "СІК ГРУП УКРАЇНА", 2015. 135 с.
8. Делеган І. В., Лушак М. М., Делеган І.І. Динаміка чисельності популяції ведмеда бурого в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. С. 16-24.
9. Джорджеску А., Башта А.-Т., Проць Б. Бурий ведмідь як дорогоцінність Карпатських гір. Байа Маре, Румунія: Студіо Імпресс Дизайн, 2014. 34 с.
10. Методики обліку рисі, ведмеда та вовка: метод. рекомендації. / Б. Вихор та ін. WWF-Україна, 2022. 64 с. URL: <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/11111.pdf>
11. Barton K. A., Zwiłacz-Kozica T., Zięba F., Sergiel A., Selva N. Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes. *Global Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00541>
12. Garcia-Sanchez M.P., Gonzalez-Avila S., Solana-Gutierrez J., Popa M., Jurj R., Lonescu G., Lonescu O., Fedorca M., Fedorca A. Sex-specific connectivity modelling for brown bear conservation in the Carpathian Mountains. *Landscape Ecology*. 2022. №37. P.1311-1329. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01367-8>
13. Pop I. M., Bereczky L., Chiriac S., Iosif R., Nita A., Popescu V. D., Rozyłowicz L. Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation*. 2018. №26. P. 15-31. DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.26.2295>



14. Neagu A. C., Manolache S., Rozyłowicz L. The drums of war are beating louder: Media coverage of brown bears in Romania. *Nature Conservation*. 2022. №50. P.65–84. DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.50.86019>
15. Проць Б. Г., Башта А-Т. В., Ямелинець Т. С. Екологічні коридори міграції бурого ведмеда. 2022. URL: <https://en.calameo.com/read/0071837756d38c631d2b5>
16. Створення екологічних коридорів в Україні: наук. посібн. А-Т. Башта та ін.; за заг. ред. Ф. Деодатус, Л. Проценко. Київ: «Журнал «Радуга»», 2010. 162 с.
17. Брусак В., Безусько А., Возний Ю., Фельбаба-Клушина Л., Масікевич Ю., Матвеев С., Мовчан Я., Попович С., Приходько М. Схема екомережі Українських Карпат (національний рівень). *Жива Україна*. 2006. №9-10. С.8-9.
18. Кричевська Д., Зінко Ю., Брусак В. Географічні основи розробки регіональних екологічних мереж (на прикладі Українських Карпат). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія*. 2010. № 1 (27). С.316-322.
19. Про екологічну мережу України: Закон України від 24.06.2004 р. № 1864-IV. Дата оновлення: 22.03.2018. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
20. Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки: Закон України від 21.09.2000 р. № 1989-III. Дата оновлення: 17.05.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1989-14#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
21. Схема планування території Закарпатської області: URL: <https://oda.carpathia.gov.ua/storinka/shema-planuvannya-terytoriyi-zakarpatskoyi-oblasti> (дата звернення: 19.10.2022).
22. Турис Е.В., Дробнич В. Г., Мигаль А. В., Кічура В. П., Поляновський А. О. До питання формування структури регіональної екологічної мережі Закарпатської області. *Науковий вісник Ужгородського університету: серія: Біологія*. 2015. №38-39. С. 47-51.
23. Теслович М. В., Кричевська Д. А. Історичні та геопросторові аспекти формування екомережі Закарпатської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. №55. С. 299-317. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-22>
24. Animalia. GBIF. URL: <https://www.gbif.org/species/1> (date of access: 08.02.2023).
25. The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived From the Landsat Archive: First Results / P. Potapov et al. *Frontiers in Remote Sensing*. 2022. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903> (date of access: 08.02.2023).
26. Круглов І. Делімітація, метризація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат. *Український географічний журнал*. 2008. Т. 3. С. 59–68.
27. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen et al. *Science*. 2013. Vol. 342, no. 6160. P. 850–853. URL: <https://doi.org/10.1126/science.1244693> (date of access: 08.02.2023).
28. Система моніторингу довкілля Закарпатської області. Природно-заповідний фонд: веб-сайт. URL: <http://ecozakarpat.net.ua/parks/> (дата звернення: 07.09.2022).
29. Protected planet: веб-сайт. URL: <https://www.protectedplanet.net/en> (дата звернення: 16.11.2022)

Стаття надійшла до редакції 07.03.2023

Стаття рекомендована до друку 14.04.2023

#### M. V. TESLOVYCH<sup>1</sup>

graduate student of the Department of Constructive Geography and Cartography  
e-mail: [teslovich\\_marjana@ukr.net](mailto:teslovich_marjana@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-7077>

D. A. KRYCHEVSKA<sup>1</sup>, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Constructive Geography and Cartography  
e-mail: [diana.kr@ukr.net](mailto:diana.kr@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-5943>

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv,  
41, Petro Doroshenko St., Lviv, 79000, Ukraine

### GEOSINFORMATION MODELING OF POTENTIALLY IMPORTANT TERRITORIES FOR THE BROWN BEAR'S STAY IN THE TRANSCARPATHIAN REGION

**Purpose.** Search for important areas for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) within the Transcarpathian region using geosinformation modeling tools to optimize the boundaries of the structural elements of the econetwork.



**Methods.** Geoinformation modeling, geospatial analysis, processing of stock materials of environmental protection services.

**Results.** In order to delineate potentially important areas for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) within the Transcarpathian region, a comprehensive assessment of the natural environment was carried out using geoinformation modeling tools. This modeling involved a preliminary analysis of the suitability for the life of the species of the following five parameters: types of land cover, proximity of non-forest biotopes to forest, high-altitude bioclimatic zones, degrees of dismemberment of the terrain, distance from settlements and roads. As a result of the integral assessment of these parameters, a cartographic model "Integral suitability of biotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*)" was obtained, which also demonstrated the habitats recorded by experts and the places of registration of the species. It was established that the total area of territories that are potentially suitable for the brown bear (*Ursus arctos*) within Transcarpathian region is 574.6 thousand hectares, and covers about 45.1% of the territory of the region. The largest number of such habitats is concentrated in the mountainous southwestern part of the region within the orographic ecoregion of the elevated dissected highlands. The most suitable and suitable biotopes, formed as a result of modeling, are also found within the boundaries of Gorganska Verhovyna (on the border of Transcarpathian and Ivano-Frankivsk regions), which belongs to the ecoregion of elevated lowlands. The simulated territories correlate well enough with localities where real signs of the distribution of the species have been recorded. At the second stage of research, in accordance with the chosen methodology, a cartographic model of "Potentially important areas for the presence of the brown bear" was obtained, on which the population, reproduction and other areas, as well as key areas of the region's eco-network and nature protection areas were outlined. Spatial features of the location of population and breeding areas in other morphogenic ecoregions of the Carpathians were also characterized, natural and anthropogenic obstacles and threats to the species' migration and survival were identified. It is noted that the natural conditions of the border are favorable for the migration of mammals from Romania, Slovakia and Poland, which is also confirmed by monitoring studies conducted by environmental protection institutions, forestry and hunting management, etc.

**Conclusions.** The Transcarpathian region has favorable conditions for the existence of the brown bear (*Ursus Arctos*), in particular, a large share of forest ecosystems, the presence of hard-to-reach areas, a decrease in the population of small mountain villages, etc. However, the constant development of recreational and energy infrastructure can lead to the fragmentation of the natural environment. Therefore, the areas outlined by us, which are important for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*), can be the basis for optimizing the boundaries of the structural elements of the eco-network of the mountainous part of the Transcarpathian region. In the future, it is necessary to continue monitoring studies on the presence of the brown bear within the key territories of the Zakarpattia econetwork and to more clearly delimit ecological corridors with the implementation of measures to comply with the norms of environmental protection restrictions.

**KEYWORDS:** brown bear (*Ursus Arctos*), key areas, ecological corridors, geoinformation modeling, Emerald network, Transcarpathian region

### References

1. Scanes, C. G. (2018). Chapter 19 — Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation. In C. G. Scanes, S. R. Toukhsati, (Eds). *Animals and Human Society*, (pp. 451-482). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00026-5>
2. Action plan on conservation of the Brown bear (*Ursus Arctos*) in Ukraine dated October 20, 2021 (№679, <https://mepr.gov.ua/documents/3554.html>)
3. Lešová, A., & Antal, V. (Eds). (2015). *Ochrana a manažment veľkých šeliem na Slovensku: Protection and Management of Large Carnivores in Slovakia*. Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky.
4. Hackländer, K., Frair, J., & Ionescu O. (2022). *Large Carnivore Monitoring in the Carpathian Mountains. A joint publication by the International Council for Game and Wildlife Conservation and the Secretariat of the Carpathian Convention*. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences.
5. Penteriani, V & Melletti, M (Eds). (2020). *Bears of the World. Ecology, Conservation and Management*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108692571>
6. Garcia-Rodriguez, A., Albrecht, J., Szczutkowska, S., Valido, A., Farwig, N., & Selva, N. (2021). The role of the brown bear *Ursus arctos* as a legitimate megafaunal seed disperser. *Scientific Reports*. 1282. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80440-9>
7. Dykyy, I. V., & Shkvyria, M. G. (Eds.). (2015). *Brown bear (Ursus Arctos): Problems of conservation and studying of population in Ukraine*. Kyiv: LLC «SIK GROUP UKRAINE».
8. Delehan, I.V., Lushchak, M.M. & Delehan, I.I. (2011). Population dynamics of brown bear populations in the Carpathians Ukrainian. *Scientific Bulletin of UNFU*. 16-24.
9. Georgescu, A., Bashta, A-T. & Prots, B. (2014). *The Brown Bear, the Treasure of the Carpathian Mountains (Ukrainian)*. Baia Mare, Romania.

10. World Wildlife Fund of Ukraine. (2022). Lynx, bear, and wolf monitoring methods. Retrieved from [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1\\_1\\_1\\_1.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1_1_1_1.pdf)
11. Barton, K. A., Zwijacz-Kozica, T., Zięba, F., Sergiel, A. & Selva, N. (2019). Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes. *Global Ecology and Conservation*, 17, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00541>
12. Garcia-Sanchez, M.P., Gonzalez-Avila, S., Solana-Gutierrez, J., Popa, M., Jurj, R., Lonescu, G., ... Lonescu, O. (2022). Sex-specific connectivity modelling for brown bear conservation in the Carpathian Mountains. *Landscape Ecology*, 37, 1311–1329. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01367-8>
13. Pop, I. M., Bereczky, L., Chiriac, S., Iosif, R., Nita, A., Popescu, V. D., & Rozyłowicz, L. (2018). Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation*, 26, 15–31. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.26.2295>
14. Neagu, A. C., Manolache, S., & Rozyłowicz, L. (2022). The drums of war are beating louder: Media coverage of brown bears in Romania. *Nature Conservation*, 50, 65–84. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.50.86019>
15. Prots, B., Bashta, A-T., & Yamelinets, T. (2022). *Ecological corridors of brown bear migration*. Retrieved from <https://en.calameo.com/read/0071837756d38c631d2b5>
16. Deodatus, F. & Protsenko, L. (Eds.). (2010). Creation of ecological corridors in Ukraine. Kyiv: "Rainduga Magazine" Publishing House.
17. Brusak, V., Bezusko, A., Voznyi, Yu., Zinko, Yu., Felbaba-Klushyna, L., Masikevych, Yu., ...Prykhodko, M. (2006). Scheme of the eco-network of the Ukrainian Carpathians (national level). *Alive Ukraine*. 9-10, 8-9.
18. Krychevska, D., Brusak, V & Zinko, Yu. (2010). The geographical grounds of regional ecological networks development (on Ukrainian Carpathian example). *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: geography*. 1(27), 316-322. Ternopil: SMP "Type"
19. Law of Ukraine «On Environmental Network of Ukraine» dated June 24, 2004 (№1864-IV, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>)
20. Law of Ukraine «On the National Formation Program of the national ecological network of Ukraine for 2000-2015» dated September 21, 2000 (1989-III, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>)
21. The planning scheme of the territory of Zakarpattia Oblast. (2022, October 19). Retrieved from <https://oda.carpathia.gov.ua/storinka/shema-planuvannya-terytoriyi-zakarpatskoyi-oblasti>
22. Turys, E., Drobnych, V., Myhal, A., Kichura, V. & Polianovskiy, A. (2015). On the question of structure formation regional ecological network of the Zakarpata region. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Biology series*. 36, 47-51. Uzhhorod
23. Teslovych, M.V., & Krychevska, D.A. (2021). Historical and geospatial aspects of formation of the eco-network of the Transcarpathian region. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (55), 299-317. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-22>
24. Animalia. (б. д.). GBIF. Retrieved from <https://www.gbif.org/species/1>
25. Potapov, P., Hansen, M. C., Pickens, A., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., Zalles, V., Li, X., Khan, A., Stolle, F., Harris, N., Song, X.-P., Baggett, A., Kommareddy, I., & Kommareddy, A. (2022). The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived From the Landsat Archive: First Results. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>
26. Kruhlov, I. (2008). Delimitation, metrisation and classification of morphogenic ecoregions for the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 59–68.
27. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
28. Environmental monitoring system of Transcarpathian region. Nature reserve fund. (2022, September 7). Retrieved from <http://ecozakarp.net.ua/parks/>
29. Protected planet (2022, November 16). Retrieved from <https://www.protectedplanet.net/en>

The article was received by the editors 07.03.2023

The article is recommended for printing 14.04.2023