

АНАЛІЗ ФРАГМЕНТУВАННЯ ЛАНДШАФТІВ БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ “ШАЦЬКИЙ”

О. В. Альохіна, І. М. Горбань, Д. В. Івченко

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

E-mail: alokhina@ipm.lviv.ua, ihorban@yahoo.com.ua, divchenko@ipm.lviv.ua

Досліджено фрагментування ландшафту біосферного резервату “Шацький”. Проаналізовано фрагментатори різного походження, а саме природні та антропогенні, які створюють бар’єри для багатьох видів біологічного різноманіття в межах цієї природоохоронної території. Розраховані кількісні показники, що характеризують ступінь фрагментування території біорезервату.

Ключові слова: біосферний резерват “Шацький”, фрагментувальна мережа, фрагментатори, біологічне різноманіття, природно-заповідна територія.

FRAGMENTARY ANALYSIS OF LANDSCAPES OF THE “SHATSKYI” BIOSPHERE RESERVE

O. V. Alokhina, I. M. Horban, D. V. Ivchenko

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine

A landscape fragmenting of the UNESCO natural – protected territory, namely “Shatskyi” Biosphere Reserve was studied. Fragmentation elements of different origin, which make barriers for many species of biological diversity (birds of wetlands, rare plant species and small mammals) within the present protected territory, were defined and analyzed. Three fragmentation networks, which include natural (lakes, rivers) and anthropogenic (roads, melioration network, settlements) fragmentation elements of different complexity were created. Fragmentation of the above-mentioned territory was performed using GIS instruments. According to fragmentation results, the quantitative indexes that characterize the degree of the Biosphere Reserve territory fragmentation were calculated.

Keywords: “Shatskyi” Biosphere reserve, fragmentation network, fragmentation elements, biological diversity, natural-protected territory.

Відомо, що ландшафти є місцем для всіх видів та форм людської діяльності. Вони забезпечують середовище проживання як людей, так і всіх інших форм життя, а саме тварин, рослин тощо. Одним з наслідків такої діяльності є фрагментація ландшафтів, яка, перш за все, впливає на біологічні компоненти. Об’єкти, що спричиняють фрагментацію, можуть бути як антропогенного (населені пункти, транспортна мережа, лінії електропередач), так і природного (гідрологічна мережа, озера) походження. Фрагментація ландшафтів є досить негативним чинником: фрагментувальна мережа (ФМ) перешкоджає доступу до природних ресурсів, сприяє поширенню інвазійних видів, зменшує площу та якість ареалів, розділяє та ізолює популяції на дрібніші та вразливіші частинки. Своєю чергою, це сприяє негативним генетичним наслідкам таким, як інбридинг, генетичні мутації та виродження популяцій. Також, фрагментувальна мережа, особливо транспортні шляхи, перешкоджають міграції тварин та є причиною їхньої гибелі.

У поліській зоні України, а саме на Волинському Поліссі, проблема фрагментації ландшафтів є досить суттєвою, перш за все, через густу мережу меліоративних каналів, створену ще у 60–70-их роках. Однак цьому питанню приділяється дуже мало уваги, ґрунтовних досліджень впливу фрагментації на біологічне різноманіття та її кількісні характеристики в межах Західного Полісся практично немає. Водночас в європейських країнах вивченню фрагментації ландшафтів при-

© О. В. Альохіна, І. М. Горбань, Д. В. Івченко, 2015

діляється значна увага, широко застосовується кількісна оцінка фрагментації ландшафтів. З її допомогою оцінювали низку таких регіонів, як Баден-Вюртемберг, Баварія, Гессен (Німеччина), Швейцарію та країн Європейського союзу [1–4]. Слід зазначити, що досліджували у межах адміністративних одиниць цих країн. Окремі території, наприклад заповідники чи національні природні парки, не вивчали.

Для вивчення фрагментування території біосферного резервату “Шацький” використано методики кількісної оцінки фрагментації ландшафтів на території України [5, 6]. Нижче подані результати виділення і картографування фрагментувальних мереж різного рівня та кількісна оцінка фрагментації ландшафту.

Об’єкт та методи досліджень. Біосферний резерват “Шацький” знаходиться у північно-західному куточку України. Саме він у 2012 році став українською частиною міжнародного трilaterального біосферного резервату “Західне Полісся”, створеного за програмою ЮНЕСКО МАБ шляхом об’єднання в єдину природоохоронну територію біосферних резерватів “Шацький” (Україна), “Західне Полісся” (Польща) та “Прибузьке Полісся” (Білорусь).

Регіон Західного Полісся і, зокрема, біосферний резерват “Шацький”, відіграє особливу кліматоутворювальну роль для значної частини європейського континенту завдяки своєму територіальному розташуванню на Чорноморсько-Балтійському вододілі, великій водонасиченості території, обумовленій значною кількістю малих річок, замкнених озерах, водно-болотних та лісових екосистем. Ця природоохоронна територія особливо багата природничими цінностями, що зумовлено її ландшафтним різноманіттям. Найцінніші біотопи підтримують унікальні умови для збереження особливо рідкісних видів тварин і рослин та утворюють місцеві центри біологічного різноманіття (рис. 1).

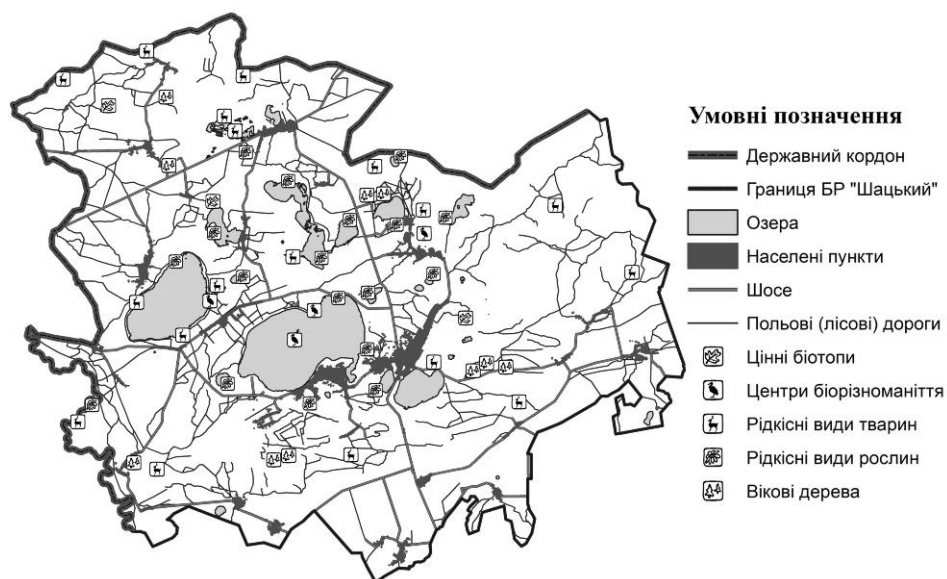


Рис. 1. Природничі цінності біосферного резервату “Шацький”.

Однак достатньо щільна фрагментувальна інфраструктура в межах території біорезервату створює значні загрози певним видам біологічного різноманіття.

Як об’єкти досліджень розглядали фрагментувальну інфраструктуру та ландшафти, які вона розділяє. Фрагментувальна інфраструктура – це об’єкти, які тією чи іншою мірою є перепонами для різних видів біологічного різноманіття.

На території біорезервату такими об'єктами є: річки різної ширини, шосе, лінії електропередач, ґрунтові дороги, меліоративні канали різної ширини, населені пункти, озера тощо. Шосе і різного типу дороги, лінії електропередач та населені пункти обумовлюють антропогенну фрагментацію, а озера, річки та меліоративні канали – природну. Оскільки рельєф території біорезервату є достатньо рівнинний, то фрагментацію викликану його специфікою не розглядали.

Для отримання вихідних даних використана геоінформаційна система (ГІС) біосферного біорезервату “Шацький”, створена екологічною лабораторією Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України. Ця ГІС містить векторні шари фрагментувальних об'єктів та їх атрибутивні дані, які є необхідними для розрахунку кількісних характеристик фрагментації.

Оскільки для різних тварин ступінь подолання різних природних та антропогенних бар'єрів відрізняється, то створено три типи фрагментувальних мереж (слабкий, середній та високий рівні подолання).

Фрагментувальна мережа першого рівня (ФМ-1) включає річки шириною понад 10 м, автомобільну дорогу державного значення, населені пункти та озера. Фрагментувальна мережа другого рівня (ФМ-2) включає всі об'єкти ФМ-1, річки шириною від 2 до 10 м та ґрунтові дороги. Фрагментувальна мережа третього рівня (ФМ-3) включає всі об'єкти ФМ-2, річки шириною менше 2 м та мережу меліоративних каналів.

Для вирізання фрагментувальних об'єктів з території біорезервату “Шацький” необхідно трансформувати векторні лінійні об'єкти (дороги, річки, меліоративні канали) у полігональні. Отримані полігони об'єднали у ФМ трьох рівнів і вирізували з полігону території біорезервату. Для виконання цих операцій використовували інструменти Буфер (Buffer), Об'єднання (Union) та Вирізання (Erase) з набору ArcToolbox програмного комплексу ArcGis. Отримані шари розбили на складові (фрагменти) і відповідно для кожного фрагмента вирахували його площу і периметр [6].

Розраховані площі й периметри фрагментів для території біорезервату використані для визначення таких кількісних характеристик фрагментації [3, 6]:

– *показник когерентності (C)* – ймовірність знаходження двох довільно обраних точок в межах одного фрагмента території. Вона вимірюється в частках від цілого або відсотках і розраховується за формулою

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_g} \right)^2, \quad (1)$$

де C – когерентність; F_i – площа фрагмента; F_g – загальна площа території; n – загальна кількість фрагментів;

– *ефективний розмір комірки (meff – effective mesh size)* – це площа, яка буде отримана, якщо всю територію розділити на однакові фрагменти, зберігши при цьому наявну когерентність. Порівняно з середньою площею фрагмента ця характеристика показує більшу чутливість до фрагментації:

$$meff = F_g \times C; \quad (2)$$

– *показник щільності ефективних комірок (SDEN – splitting density)* – кількість ефективних комірок на одиницю площі, тобто щільність ефективних комірок:

$$SDEN = \frac{1}{(F_g \times C)} = \frac{1}{meff}; \quad (3)$$

– *індекс розчленованості (SPLI – splitting index)* – кількість однакових комірок, на яку потрібно розділити територію, щоб зберігся поточний показник коге-

рентності, тобто загальна кількість ефективних комірок на досліджуваній території:

$$SPLI = \frac{1}{C}; \quad (4)$$

– *індекс розділення ландшафту (DIVI – degree of landscape division)* – ймовірність того, що дві довільно обрані точки лежать у різних фрагментах території:

$$DIVI = 1 - C. \quad (5)$$

Усі вищенаведені характеристики фрагментації обчислюють через показник когерентності, окрім *індексу порізаності ландшафту (LDI – landscape dissection index)* – єдиний з розглянутих індексів, що реагує на врізання фрагментувальної мережі в ландшафт без повного розсікання. Це досягається шляхом використання в розрахунках периметра фрагментів:

$$LDI = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sqrt[2]{\pi \times F_g \sum_{i=1}^n F_i}}, \quad (6)$$

де P_i – периметр фрагмента.

Отримані кількісні характеристики фрагментації дозволили проаналізувати фрагментування ландшафтів біосферного резервату “Шацький”.

Результати та їх обговорення. Попередні кількісні характеристики фрагментування території біосферного резервату “Шацький” отримано в результаті розрахунку щільності фрагментувальної мережі, яка виражається у відношенні довжин лінійних фрагментаторів трьох рівнів до загальної площі біорезервату (табл. 1).

Таблиця 1. Щільність фрагментувальної мережі біорезервату “Шацький”, км/км²

Фрагментувальна мережа	Загальна	Антропогенна	Гідрогенна
ФМ-1	0,32	0,30	0,03
ФМ-2	0,53	0,46	0,07
ФМ-3	1,99	0,46	1,53

Найщільнішу фрагментувальну мережу спричиняють природні бар’єри (гідрогенні), особливо це стосується ФМ-3, в яку входить мережа меліоративних каналів. Ця мережа в межах території біорезервату є достатньо щільною і представлена каналами різного типу: основними меліоративними каналами, каналами-збирачами та каналами-осушувачами. Всі вони негативно впливають на стан природних оселищ більшості водно-болотних птахів, багатьох видів рідкісних рослин, популяції дрібних ссавців, популяційні структури жуків. Усі меліоративні канали часто є екологічною пасткою для багатьох видів земноводних, де їх успішно виловлюють хижаки. Значення щільності природних фрагментувальних мереж першого і другого рівнів, в які входять річки різної ширини, не сильно відрізняються. В умовах Західного Полісся ці фрагментатори практично не завдають перешкод для природних популяцій більшості рослин і тварин, окрім окремих видів гризунів і ящірок, оскільки є для них природною границею.

Щільність антропогенних фрагментувальних мереж в межах першого і двох інших рівнів відрізняється не суттєво. ФМ-1 представлена таким фрагментатором, як *шосе* – головна перешкода для лісових та лучних видів більшості земноводних, багатьох плазунів, які затримуються на шосейному полотні та гинуть під

колесами авто, а також лісових хижих жуків, багатьох ссавців, особливо з нічним способом життя і дрібних птахів. Значення щільності ФМ-2 підвищується внаслідок такого фрагментатора, як *грунтові дороги*, які негативно впливають на популяції дрібних горобинних птахів, яким властива висока територіальність. Щільно розташовані ґрунтові дороги створюють надмірну мережу границь для гніздових популяцій, і цим негативно впливають на міжвидові конкурентні відносини та загальну успішність гніздування.

Розрахована щільність фрагментувальних мереж свідчить про загальний стан фрагментування території, але при цьому кількість фрагментів на різних рівнях може відрізнятися (табл. 2).

Таблиця 2. Кількість фрагментів ландшафту біосферного резервату “Шацький”

Фрагментувальна мережа	Найбільший фрагмент, км ²	Загальна кількість фрагментів, шт.	Кількість фрагментів більше <i>meff</i>	Загальна площа фрагментів більше <i>meff</i> , км ² /%
ФМ-1	165,93	24	3	394,9/0,52
ФМ-2	110,83	74	4	312,45/0,41
ФМ-3	62,44	417	11	257,19/0,34

Фрагментування ландшафту біорезервату “Шацький” на всіх рівнях нерівномірне (рис. 2). З трьох фрагментувальних мереж найбільша кількість фрагментів належить ФМ-3. При цьому площа її найбільшого фрагмента є найменшою. Наявність у ФМ-3 такого фрагментатора, як мережа меліоративних каналів, призводить до збільшення кількості фрагментів і зменшення їх площі порівняно з ФМ-1 та ФМ-2. Однак, якщо різниця у 3 рази в загальній кількості фрагментів для ФМ-3 і ФМ-2 пояснюється потужною мережею меліоративних каналів, то для ФМ-1 та ФМ-2 така значна різниця викликана тільки мережею ґрунтових доріг. Такий розподіл впливає на показники когерентності (*C*) та індекс розділення ландшафту (*DIVI*). Тобто ймовірність знаходження двох довільно обраних точок у межах одного фрагмента для ФМ-3 становить 1,7%, а значить ймовірність того, що дві довільно обрані точки лежать у різних фрагментах території (індекс *DIVI*) становить 98,3% (табл. 3).

Таблиця 3. Показники фрагментування території біорезервату “Шацький”

Фрагментувальна мережа	<i>C</i> , %	<i>meff</i> , км ²	<i>SDEN</i> , шт./1000 км ²	<i>SPLI</i> , шт.	<i>DIVI</i> , %	<i>LDI</i>
ФМ-1	10,500	80,43	12,43	9,50	89,5	0,001
ФМ-2	5,750	43,98	22,74	17,37	94,2	0,001
ФМ-3	1,700	12,96	77,16	58,94	98,3	0,002

Аналізуючи фрагментувальні мережі всіх трьох рівнів, слід зауважити, що показники когерентності для них є достатньо низькими, а найменший індекс розділення ландшафту становить 89,5%.

Індекс порізаності ландшафту (*LDI*), збільшення якого вказує на неповне розсічення ландшафту фрагментувальною мережею, є достатньо низьким через малу порізаність. Але для ФМ-3 індекс дещо збільшується, що спричинено великою кількістю малих каналів, які не до кінця розсікають територію і не формують цілого фрагмента.

На сьогодні ефективна комірка (*meff*) для другого рівня фрагментування є визначеною для всіх країн Європейського союзу [4, 6]. За площі Люксембургу, яка становить ~2500 км², *meff* дорівнює 7,40 км², що у 6 разів менше ніж *meff* для

території біосферного резервату “Шацький” за площі 764 км². Якщо порівнювати з середньоєвропейським значенням ефективної комірки, яке становить 573 км², то фрагментування ландшафтів біорезервату є у 13 разів меншим.

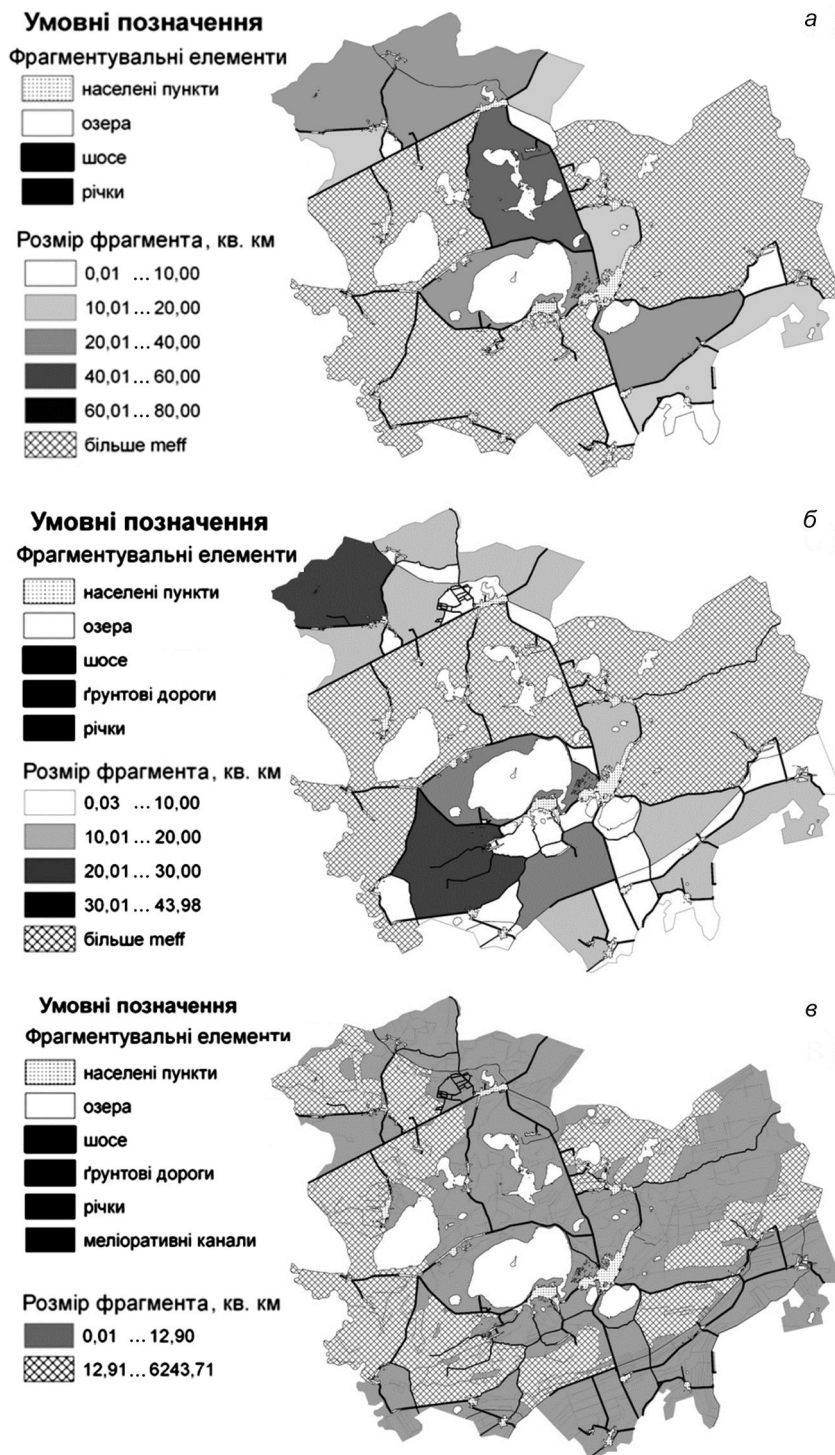


Рис. 2. Розсічення ландшафту біорезервату “Шацький” фрагментувальною мережею першого (а), другого (б) та третього (в) рівнів.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналізу слід зауважити, що для природно-заповідної території біосферного резервату “Шацький”, і при наявності великої кількості різних видів біологічного різноманіття, з яких майже половина занесені до Червоної книги України, отримані показники фрагментування ландшафту є надто високими.

Аналіз ландшафту біосферного резервату “Шацький” фрагментувальними мережами трьох рівнів показав, що достатньо потужними фрагментаторами антропогенного походження є дороги різного типу. Але найбільший вплив на фрагментування цієї території має мережа меліоративних каналів (ФМ-3).

Врахувати потрібно також, що до використаних фрагментувальних мереж не внесені штучні дамби, копанки, протипожежні смуги в лісах, сільськогосподарські ділянки та лінії електропередач. Кожен з цих елементів теж є фрагментатором досліджуваної території й перешкодою для поширення природних популяцій більшості видів рослин та тварин. Лінії електропередач не фрагментують ландшафтів біорезервату, але є повітряним фрагментатором, який перешкоджає мігруючим птахам (переважно хижі птахи, окремі нічні мігранти), а також гніздовим популяціям лелек, оскільки на лініях електропередачі гине багато молодих особин.

1. *Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G.* Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern // Endbericht, im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Bayern. Unveröffentlicht. – Stuttgart, 2003 – 43 s.
2. *Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G.* Analyse der Landschaftszerschneidung in Hessen // Endbericht, im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Unveröffentlicht. – Stuttgart, 2004. – 34 s.
3. *Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen / J. Jaeger, H. Esswein, H.-G.S. Raumer, M. Müller // Naturschutz und Landschaftsplanung.* – 2001. – №33 (10). – P. 305–315.
4. *Landscape fragmentation in Europe / J. Jaeger, T. Soukup, L. F. Madrinan et al. // Joint EEA-FOEN report. EEA Report.* – 2011. – №2/2011. – 87 s.
5. *Український П. А.* Изучение фрагментации ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы при помощи ГИС и ДДЗ // Материали конференції “Екологія. Економіка. Інформатика” (8–13 септември 2013 г.). – Т. 2: Геоінформаційні науки і екологічне розвиток: нові підходи, методи, технології. Геоінформаційні технології і космічний моніторинг. – Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2013. – С. 196–201.
6. *Биатов А. П., Украинский П. А., Нарожная А. Г.* Сравнительный анализ фрагментированности ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы (Харьковская область, Украина) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2014. – № 3 (174). – Вып. 26. – С. 157–165.

Одержано 03.02.2015