

УДК 502.4+911+004.9

О.В. АЛЬОХІНА, І.М. ГОРБАНЬ, Д.В. ІВЧЕНКО

## ОЦІНКА ФРАГМЕНТУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ «ШАЦЬКИЙ» ЗАСОБАМИ ГІС

***Анотація.** Проведено дослідження фрагментування природоохоронної території біосферного резервату «Шацький». Отримано кількісні характеристики фрагментування та створено картографічні матеріали цієї території з використанням фрагментувальних мереж трьох рівнів, в залежності від можливості їх подолання різними видами тварин та рослин. Окреслено можливі шляхи зменшення фрагментування природоохоронної території біосферного резервату.*

***Ключові слова:** біологічне різноманіття, біосферний резерват «Шацький», фрагментатор, фрагментувальна мережа, природоохоронна територія.*

**Актуальність теми.** У сучасних умовах проблеми фрагментування різного типу ландшафтів є актуальними з точки зору раціонального природокористування та збереження природничих цінностей. Поділ території лінійними об'єктами на дрібні фрагменти, перш за все, впливає на її біологічні компоненти. Наслідками впливу фрагментувальних мереж (ФМ) є поширення інвазійних видів, зменшення площ та якості ареалів, розділення популяцій на більш дрібні та вразливі частини, генетичні мутації та виродження популяцій багатьох місцевих видів біологічного різноманіття.

Важливою проблема фрагментування ландшафтів є і для поліської зони України, а саме Волинського Полісся, особливо враховуючи високий природоохоронний статус територій, які знаходяться в його межах (рис. 1).

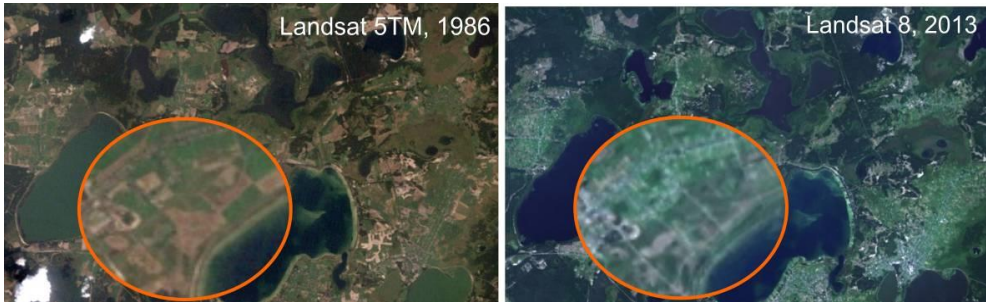


Рис. 1 – Фрагмент ландшафту біосферного резервату «Шацький» за 1986 та 2013 рр.

Так, на космічному знімку із супутника Landsat 5TM станом на 1986 р., шляхом візуального дешифрування, можна розрізнити достатньо великі ділянки сільськогосподарського призначення. Станом на 2013 рік – внаслідок значного фрагментування території – ці ділянки ідентифікації не підлягають. Загальний характер угідь тут дуже помітно змінився.

На сьогодні ґрунтовних досліджень щодо кількісної оцінки впливу фрагментування на біологічне різноманіття в межах Західного Полісся практично немає. В Україні такі дослідження проводились для територій Харківської області [1, 2]. Однак, в європейських країнах вивченню цього питання приділяється значна увага. Кількісна оцінка фрагментування ландшафтів проведена для всіх країн Європи [3–6]. Слід зазначити, що ґрунтовні дослідження проводились в межах адміністративних одиниць цих країн, а досліджень окремих територій, таких як біосферні резервати, заповідники та/або національні парки, не проводилось.

**Виклад основного матеріалу.** Біосферний резерват «Шацький» знаходиться у північно-західному куточку України. З 2012 року він є українською частиною міжнародного трилатерального біосферного резервату «Західне Полісся» (Польща – Білорусь – Україна).

Територія біорезервату є особливо багатою на природничі цінності, що зумовлено її ландшафтним різноманіттям. Найбільш цінні біотопи підтримують унікальні умови для збереження особливо рідкісних видів тварин і рослин та формують місцеві центри біологічного різноманіття. Розділення цих біотопів різними об'єктами фрагментації може призвести до негативних наслідків (рис. 2), які погіршують якість природного середовища, зменшують площі придатних для розмноження ареалів.



Рис. 2 – Фрагмент території біорезервату «Шацький»: цінні біотопи розділені мережею меліоративних каналів

Для оцінки фрагментування території біорезервату використано європейські методики кількісної оцінки фрагментування ландшафтів [2, 6]. Фрагментувальна інфраструктура, використана в даній роботі, являє собою об'єкти, які в тій чи іншій мірі є перепонами для різних видів біологічного різноманіття: річки різної ширини, дороги різного типу, озера, населені пункти та меліоративні канали різної ширини.

Для формування вхідних даних використана еколого-орієнтована геоінформаційна система (ГІС) біорезервату «Шацький», створена у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України. Вона містить всі необхідні дані для розрахунку кількісних характеристик фрагментації, а саме векторні шари об'єктів та їх атрибутивну інформацію.

Формування фрагментувальних мереж різного рівня проводилось з врахуванням того, що для різних видів тварин ступінь подолання різних

природних та антропогенних бар'єрів відрізняється. Фрагментувальна мережа першого рівня (ФМ-1) містить річки шириною понад 10 м, автомобільну дорогу державного значення, населені пункти та озера. Фрагментувальна мережа другого рівня (ФМ-2) містить об'єкти ФМ-1, річки шириною від 2 до 10 м, мережу ґрунтових доріг та меліоративні канали-збирачі. Оскільки меліоративна мережа каналів містить канали різної ширини, то постало питання їх розділення на канали-збирачі та канали-осушувачі з метою їх включення в різні фрагментувальні мережі. Фрагментувальна мережа третього рівня (ФМ-3) містить об'єкти ФМ-2, річки шириною менше 2 м, мережу ґрунтових польових та лісових доріг, пувівці та канали-осушувачі.

Оцінка фрагментування ландшафтів біорезервату «Шацький» передбачає два напрями: робота з картографічними матеріалами у програмному комплексі ArcGis та розрахунок кількісних характеристик фрагментації ландшафту цієї природоохоронної території.

Для отримання окремих фрагментів для кожної з ФМ було виконано наступні операції [2]: трансформування лінійних об'єктів, таких як дороги, річки та меліоративні канали у полігональні за допомогою інструменту Буфер (Buffer); об'єднання полігональних об'єктів у фрагментувальні мережі різного рівня, використовуючи інструмент Об'єднання (Union); вирізання отриманих фрагментувальних мереж з полігону загальної території біорезервату за допомогою інструменту Стирання (Erase); роздроблення складових об'єктів на окремі фрагменти та розрахунок площі та периметру кожного з них. Усі вищенаведені інструменти є складовими набору ArcToolbox програмного комплексу ArcGis.

На основі розрахованих площі і периметру фрагментів кожної з ФМ визначені кількісні характеристики фрагментації [2, 5].

*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:

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

де  $C$  – когерентність,  $F_i$  – площа фрагмента,  $F_g$  – загальна площа території,  $n$  – загальна кількість фрагментів.

*Ефективний розмір комірки ( $m_{eff}$  – effective mesh size)* – площа, яка буде отримана, якщо всю територію розділити на однакові фрагменти, зберігши при цьому наявну когерентність.

$$m_{eff} = F_g \times C$$

*Показник щільності ефективних комірок ( $S_{DEN}$  – splitting density)* – число ефективних комірок на одиницю площі, тобто щільність ефективних комірок:

$$S_{DEN} = \frac{1}{(F_g \times C)} = \frac{1}{m_{eff}}$$

Індекс розчленованості (*SPLI – splitting index*) – кількість однакових комірок, на яку потрібно розділити територію, щоб зберігся поточний показник когерентності, тобто загальна кількість ефективних комірок на досліджуваній території:

$$SPLI = \frac{1}{C}$$

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

$$DIVI = 1 - C$$

Розрахунок усіх вищенаведених показників проводиться через показник когерентності, окрім *індексу порізаності ландшафту (LDI – landscape dissection index)* – єдиного з розглянутих індексів, що реагує на врізання фрагментувальної мережі в ландшафт без повного розсікання. Це досягається шляхом використання в розрахунках периметру фрагментів:

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

де  $P_i$  – периметр фрагмента.

Отримані кількісні характеристики дозволили провести аналіз фрагментування території біосферного резервату «Шацький».

**Результати та їх обговорення.** Фрагментація ландшафту біорезервату на всіх трьох рівнях фрагментування є нерівномірною (табл. 1). Найбільший фрагмент належить мережі ФМ-1. При цьому кількість фрагментів з розміром комірок більше *meff* становить 3, і вони покривають 0,52% загальної площі біосферного резервату (рис. 3). В даному випадку основними фрагментаторами виступають: *шосе* – головна перешкода для лісових та лучних видів більшості земноводних, багатьох плазунів, які затримуються на шосейному полотні й гинуть під колесами авто, а також лісових хижих жуків, багатьох ссавців, особливо з нічним способом життя, та дрібних птахів, яких часто під час польоту збивають автомобілі; *населені пункти* – значна перешкода для поширення популяцій більшості видів тварин і рослин.

Таблиця 1. Число фрагментів ландшафту біосферного резервату «Шацький»

| Фрагментувальна мережа | Найбільший фрагмент, км <sup>2</sup> | Загальна кількість фрагментів, шт. | Кількість фрагментів більше <i>meff</i> | Загальна площа фрагментів більше <i>meff</i> , км <sup>2</sup> /% |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|
| ФМ-1                   | 165,93                               | 24                                 | 3                                       | 394,9/0,52  |
| ФМ-2                   | 80,58                                | 302                                | 5                                       | 273,98/0,36   |
| ФМ-3                   | 18,54                                | 1282                               | 58                                      | 228,78/0,30   |

Річки різної ширини в умовах Західного Полісся практично не завдають жодної перешкоди для природних популяцій більшості рослин та тварин, окрім окремих видів гризунів та ящірок. Цей фрагментатор є природною границею для окремих популяцій дрібних ссавців та плазунів. Озера, як і річки, не створюють значних перешкод, а навпаки, концентрують на своїх границях велику кількість видового різноманіття тварин і рослин.

Для фрагментувальної мережі другого рівня розмір найбільшого фрагмента є у два рази менший, ніж для ФМ-1, але загальна кількість фрагментів є у 12 разів більшою. Покриття території фрагментами з розміром комірок більше  $m_{eff}$  становить 0,36% (рис. 4). Більшу кількість фрагментів в цьому випадку формують: *мережа ґрунтових доріг* – негативний вплив на популяції дрібних горобинних птахів, яким властива висока територіальність, а щільно розташовані ґрунтові дороги створюють надмірну мережу границь для гніздових популяцій, і цим негативно впливають на міжвидові конкурентні відносини та загальну успішність гніздування; *мережа меліоративних каналів-збирачів* (ширина більше 2 м) – негативно впливає на стан оселищ водно-болотних птахів, багатьох видів рідкісних рослин, популяції дрібних ссавців – комахоїдних і гризунів, популяційні структури жуків.

Найбільшу кількість фрагментів має мережа ФМ-3, при цьому розмір найбільшого фрагмента цієї мережі є найменшим. Загальна кількість фрагментів складає 1282, що у 50 разів більше, ніж у ФМ-1, і у 4 рази більше, ніж у ФМ-2. Фрагментів з розміром комірок більше  $m_{eff}$  – 58, а покриття території цими фрагментами становить 0,30 (рис. 5).

**Умовні позначення**

Фрагментувальні елементи

- населені пункти
- озера
- шосе
- річки

Розмір фрагменту, кв. км.

- 0,01 - 10,00
- 10,01 - 20,00
- 20,01 - 40,00
- 40,01 - 60,00
- 60,01 - 80,00
- більше  $m_{eff}$

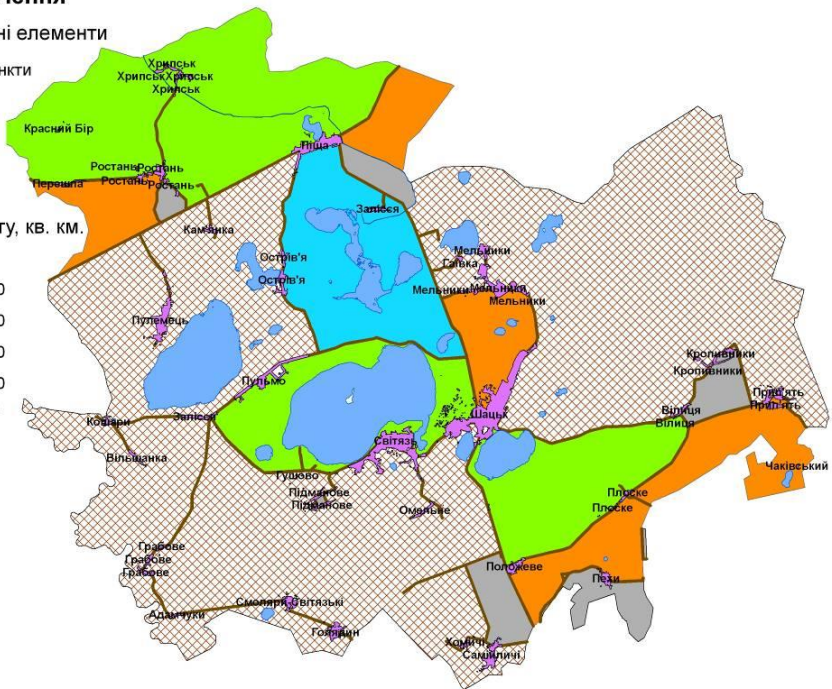


Рис. 3 – Фрагментувальна мережа біорезервату «Шацький» першого рівня

**Умовні позначення**

Фрагментувальні елементи

- населені пункти
- озера
- шосе
- ґрунтова дорога
- річки
- меліоративні канали - збирачі

Розмір фрагменту, кв. км.

- 0,00 - 10,00
- 10,01 - 20,00
- 20,01 - 27,09
- більше meff

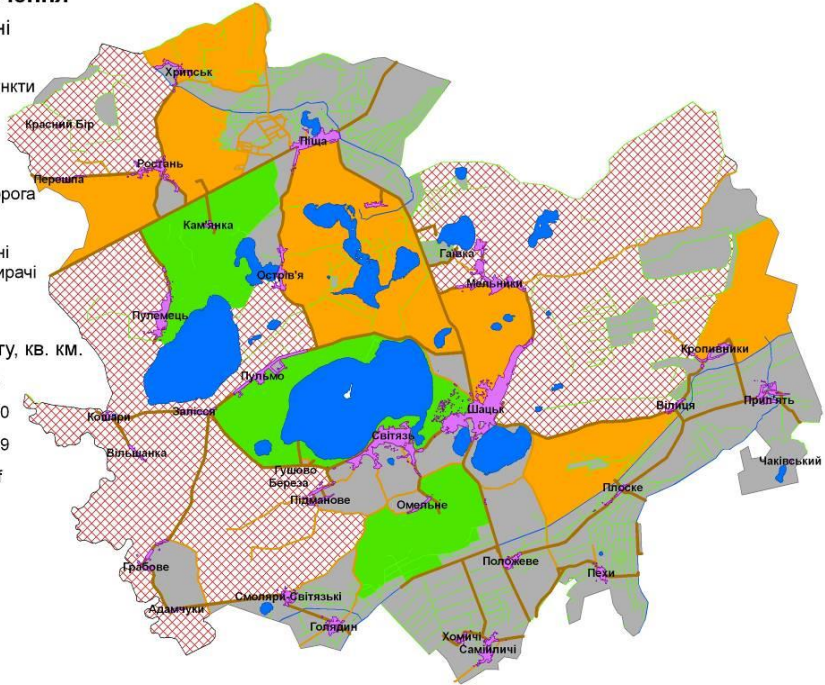


Рис. 4 – Фрагментувальна мережа біорезервату «Шацький» другого рівня

**Умовні позначення**

Фрагментувальні елементи

- населені пункти
- озера
- шосе
- ґрунтова дорога
- ґрунтова польова та лісова дорога
- путівці
- річки
- меліоративні канали - збирачі
- меліоративні канали-осушувачі

Розмір фрагменту, кв. км.

- 0,00 - 2,23
- більше meff

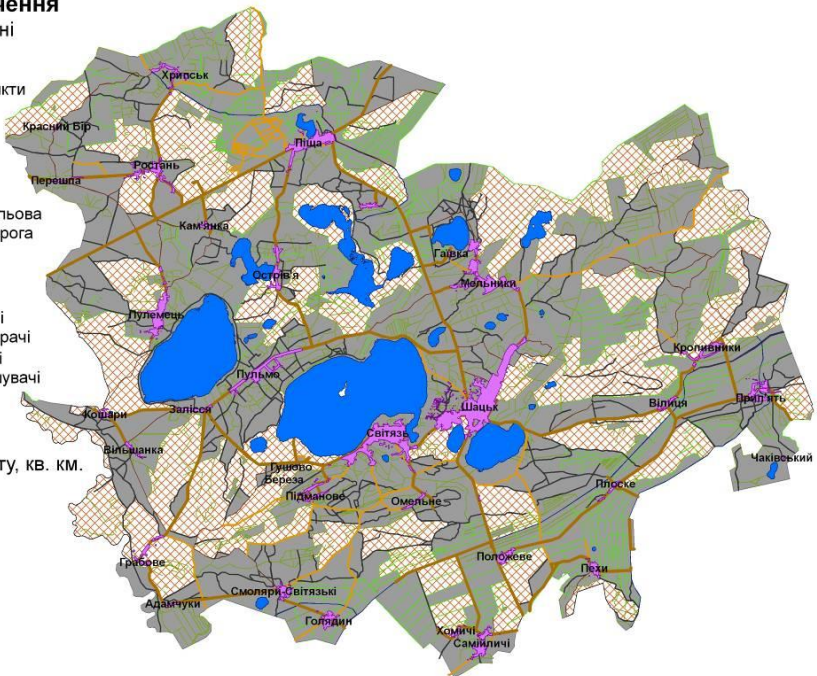


Рис. 5 – Фрагментувальна мережа біорезервату «Шацький» третього рівня

Збільшення кількості фрагментів у ФМ-3 відбувається внаслідок таких фрагментаторів, як: *мережа ґрунтових польових та лісових доріг та мережа меліоративних каналів-осушувачів* (менше 2 м). Меліоративні канали, в загальному, часто є екологічною пасткою для багатьох видів земноводних, де їх успішно виловлюють різні хижаки.

Розраховані кількісні характеристики фрагментування території біорезервату свідчать про те, що ймовірність знаходження двох довільно обраних точок в межах одного фрагмента є найбільшою для ФМ-1 (показник когерентності  $C = 10,50\%$ ), а найменшою для ФМ-3 (показник когерентності  $C = 0,29\%$ ). Відповідно, про найбільшу фрагментацію свідчить індекс розділення ландшафту (DIVI), який вказує на ймовірність знаходження двох довільно обраних точок в межах різних фрагментів. Найбільшою ця ймовірність (DIVI = 99.7%) є для фрагментувальної мережі третього рівня (табл. 2).

Таблиця 2. Показники фрагментування території біорезервату «Шацький»

| Фрагментувальна мережа | C, %  | Meff, км <sup>2</sup> | SDEN, шт./1000 км <sup>2</sup> | SPLI, шт | DIVI, % | LDI   |
|------------------------|-------|-----------------------|--------------------------------|----------|---------|-------|
| ФМ-1                   | 10,50 | 80,43                 | 12,43                          | 9,50     | 89,50   | 0,001 |
| ФМ-2                   | 3,54  | 27,09                 | 36,91                          | 28,20    | 96,45   | 0,002 |
| ФМ-3                   | 0,29  | 2,24                  | 446,42                         | 341,4    | 99,70   | 0,004 |

Індекс порізаності ландшафту (LDI), збільшення якого вказує на неповне розсічення ландшафту фрагментувальною мережею, є достатньо низьким. Але у ФМ-3 цей індекс дещо збільшується, оскільки невеликі канали-осушувачі розсікають територію не до кінця і не забезпечують формування повноцінних фрагментів.

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать про значний рівень фрагментування території біосферного резервату «Шацький». Природоохоронний статус цієї території та наявність на ній багатой флори і фауни, із значною кількістю видів, що занесені до Червоної книги України та міжнародних природоохоронних списків Бернської і Боннської конвенцій, обумовлюють важливість проведеної роботи.

Європейські країни пропонують велику кількість заходів щодо зменшення фрагментування території. Заходами стратегічного характеру є: збереження та відновлення коридорів для руху диких тварин; європейська стратегія дефрагментації (транспортна інфраструктура, яка не є необхідною, повинна вилучатись, а на заміну повинні створюватись тунелі та мости, й забудовані території не повинні розширювати свої межі); ефективний захист не фрагментованих територій тощо.

Використаний підхід до оцінювання фрагментування території біорезервату «Шацький» дозволив кількісно оцінити ступінь фрагментування і запропонувати заходи щодо його зменшення, а саме:

– зменшення ступеня впливу мережі доріг різного типу може здійснюватись шляхом створення, за необхідності, тунелів та переходів для тварин; демонтажу транспортних шляхів, що не використовуються, і будівництва нових, поблизу поселень; зменшення ширини доріг зі зменшенням

обсягу трафіку; обмеження значної розбудови заселених територій та використання концепції оазису. Концепція оазису – інноваційна ідея, в основі якої покладено звільнення від трансрегіонального трафіку територій придатних для збереження біологічного різноманіття або важливих для рекреації;

– зменшення ступеня впливу мережі меліоративних каналів шляхом консервації каналів (засипання) та/або будівництва екологічних коридорів для тварин, особливо враховуючи той факт, що більшість каналів уже давно не виконують своїх функцій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Украинский П.А. Изучение фрагментации ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы при помощи ГИС и ДДЗ / П.А. Украинский // Материалы конференции «Экология. Экономика. Информатика» (8–13 сентября 2013 г.). – Т. 2. Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2013. – С. 196–201.
2. Сравнительный анализ фрагментированности ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы (Харьковская область, Украина) / А.П. Биатов, П.А. Украинский, А.Г. Нарожня // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2014. – № 3 (174). – Выпуск 26. – С. 157–165.
3. Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G. Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern // Endbericht, im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Bayern. Unveröffentlicht. – 2003 – 43 s.
4. Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G. Analyse der Landschaftszerschneidung in Hessen // Endbericht, im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Unveröffentlicht. – 2004. – 34 s.
5. Jaeger J., Esswein, H., Raumer H.-G.S., Müller M. Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen // Naturschutz und Landschaftsplanung 33 (10), 2001. pp. 305–315.
6. Landscape fragmentation in Europe / J. Jaeger, T. Soukup, L.F. Madrinan et al. // Joint EEA-FOEN report. EEA Report. – 2011. – № 2/2011. – Veröffentlicht von der Europäischen Umweltagentur (EEA) und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (FOEN). Luxembourg, Publications Office of the European Union. – 87 s.

*Стаття надійшла до редакції 12.01.2015*