

Дістав подальший розвиток підхід до розробки узагальненої схеми екологічної мережі міста, який на відміну від існуючого передбачає оцінювання зв'язності біоцентрично-мережевої структури розробленої схеми екомережі, що дозволяє кількісно оцінити якість запропонованої екомережі. З використанням ГІС «Панорама» створено загальну схему екологічної мережі міст. Здійснено оцінювання зв'язності біоцентрично-мережевої структури розробленої схеми екомереж

Ключові слова: екомережа, ГІС, ДЗЗ, структура, оцінювання, місто, екологія, Вінниця, схема, зв'язність

Получил дальнейшее развитие подход к разработке обобщенной схемы экологической сети города, который в отличие от существующего предусматривает оценивание связности биоцентрично-сетевой структуры разработанной схемы экосети, что позволяет количественно оценить качество предложенной экосети. С использованием ГИС «Панорама» создана общая схема экологической сети города. Осуществлено оценивание связности биоцентрично-сетевой структуры разработанной схемы экосети

Ключевые слова: экосеть, ГИС, ДЗЗ, структура, оценивание, город, экология, Винница, схема, связность

УДК 681.51+528.88

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.29275

РОЗРОБКА БІОЦЕНТРИЧНО- МЕРЕЖЕВОЇ СТРУКТУРИ ЕКОЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ВІННИЦЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Є. М. Крижановський

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра комп'ютерного еколого-економічного
моніторингу та інженерної графіки*

E-mail: kruzhan@gmail.com

А. В. Нагорна

Аспірант

Кафедра комп'ютерних систем управління*

E-mail: nastya181@list.ru

*Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

1. Вступ

Умови проживання у містах характеризуються з однієї сторони високим рівнем комфортності, розвитком інфраструктури, науково-технічного виробництва, а з іншої сторони – прогрес виробництва сприяє виникненню нових екологічних проблем. Внаслідок розвитку транспортної та енергетичної інфраструктури, змін у землекористуванні відбувається фрагментація екосистем і середовищ існування видів, яка є значною загрозою біорізноманіттю. Фрагментація природних середовищ існування завдає шкоди міграції та розселенню видів, призводячи до ізоляції популяцій, веде до погіршення екологічних умов збіднюючи різноманіття, зменшуючи продуктивність екосистем і погіршуючи умови існування, в тому числі й умови проживання людей, зменшує можливості екосистеми до самовідновлення.

Як спосіб вирішення описаних вище проблем була розроблена концепція екомережі, що виникла у відповідь на постійно зростаючу фрагментацію середовища [1].

Екомережа – єдина функціонально-просторова мережа, яка утворюється з метою поліпшення умов для формування та відновлення довкілля, підвищення природно-ресурсного потенціалу території України, збереження ландшафтного та біорізноманіття, місць оселення та зростання цінних видів тваринного і

рослинного світу, генетичного фонду, шляхів міграції тварин через поєднання територій та об'єктів природно-заповідного фонду, а також інших територій, які мають особливу цінність для охорони навколишнього природного середовища і відповідно до законів та міжнародних зобов'язань України підлягають особливій охороні [2, 3].

На даний час існує загальна екологічна мережа України, а також ряд екомереж обласного рівня, але для проведення ефективної політики для збереження біорізноманіття в міському середовищі необхідна більш висока їх деталізація шляхом розробки окремих екомереж для великих населених пунктів (обласних центрів, тощо).

Актуальність розробки науково-обґрунтованих проектів екологічної мережі міст є беззаперечною, оскільки сприятиме збереженню біорізноманіття в міському середовищі, організації мережі природоохоронних об'єктів, покращенню стану міських екосистем та умов життєдіяльності населення.

2. Аналіз літературних даних та постановка задачі

На даний час існує чимало підходів до формування екологічних мереж різних рівнів. Значна увага в наукових та науково-практичних роботах приділяється основним принципам створення загальнодержавної

екологічної мережі на території України [4–7]. Зокрема в роботах [4–7] на достатньо високому рівні пропрацьовано методологічний аспект побудови, проте не достатня увага приділена прикладним аспектам розробки проектів екологічних мереж. Також, наявна достатня кількість досліджень, які представляють загальноєвропейські підходи до формування екомереж [8]. В цілому, методологічна основа етапу проектування екомережі є досить відпрацьованою і апробованою для різних типів ландшафтів: степового [9], приморського [10], гірського [11] лісостепового [12], тощо. У роботах [9–16] основна увага приділяється етапу виділення основних структурних елементів екомережі та представленню результатів проектування екомережі у вигляді картосхем, але аналіз ступеню зв'язності спроектованих екомереж в даних роботах не здійснюється.

Також, актуальною задачею є застосування сучасних технологій при проектуванні екологічних мереж, такими технологіями перш за все є технології геоінформаційних систем та методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [13]. В роботі [13] приведено результати застосування сучасних технологій геоінформаційних систем для розв'язання задач екологічного моніторингу різних складових доквілля (у тому числі моніторингу природо-заповідного фонду), але відсутні підходи до застосування цих технологій при проектуванні екомереж.

Разом з тим, актуальним на даний час є розробка схем екомереж локального характеру, на рівні областей, адміністративних районів та міст. Дані екомережі локального характеру потребують детальної перевірки якості зв'язності їх структури, яка має задовольняти певні кількісні критерії.

3. Цель и задачи исследования

Проведений аналіз літературних даних показав, що наявність достатньої кількості науково-обґрунтованих підходів до розробки екомереж загальнодержавного та регіонального рівнів. При цьому підходи розробки екомереж локального рівня (достатньо великих населених пунктів) мають ряд специфічних особливостей, який перш за все пов'язаний з необхідністю достатньо високої деталізації та аналізу зв'язності спроектованої екомережі.

Для розробки узагальненого підходу до розробки схеми екомережі на рівні міста необхідно розв'язати наступні задачі:

- розробити загальний алгоритм розробки схеми екомережі міста;
- запропонувати метод аналізу оцінювання зв'язності біоцентрично-мережевої структури розробленої схеми екомережі;
- здійснити апробацію розробленого алгоритму на практичному прикладі.

4. Матеріали та методи дослідження

Вихідними даними для проектування екологічної мережі міста є:

- супутникові знімки території міста Вінниця;

- перелік об'єктів природно-заповідного фонду Вінниччини;

- карта зелених зон міста;

- дані геопорталу «Публічна кадастрова карта України»;

- фізична карта (матриця висот та даними детальної радіолокаційної зйомки Shuttle Radar Topography Mission (SRTM);

- ортофотоплани території міста (за даними геопорталу «Публічна кадастрова карта України»);

- наукові, літературні джерела.

Для розв'язання поставленої задачі використовуються методи геосистемного аналізу, технології геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

5. Розв'язання задачі розробки біоцентрично-мережевої структури екологічної мережі міста та обговорення результатів

Екологічна мережа має включати в себе наступні базові елементи: ключові природні території (ядра), екологічні коридори (транзитні території), буферні зони та відновлювальні території.

Природні ядра (ядра біорізноманіття чи ключові природні території) – території (акваторії) збереження генетичного, видового, екосистемного і ландшафтного різноманіття, а також середовищ існування організмів, тобто території найважливішого біологічного і екологічного значення, природно інтегровані в ландшафти. Природні ядра є вузловими елементами екомережі.

Екологічні коридори – ділянки, які з'єднують ключові природні території в єдиний природний простір. Екологічними коридорами є природні чи доведені до природного стану ділянки територій чи акваторій, які на різних рівнях просторової організації екологічної мережі забезпечують для природного середовища умови неперервності, системної єдності і функції біокомунікації. Найважливішими функціями екологічних коридорів є підтримання процесів, розмноження, обміну генофондом і міграції видів, поширення видів на суміжні території, перенесення ними несприятливих умов, підтримка екологічної рівноваги. Необхідно, щоб екокоридори включали максимальну кількість природних об'єктів, зберігали природні межі і були достатньо широкими для створення відповідних умов для стабілізуючих умов і збільшення біорізноманіття.

Буферні території – забезпечують захист ключових та сполучних територій від зовнішніх впливів. Буферні зони – це території з природними чи частково зміненими ландшафтами, які оточують найцінніші ділянки екомережі (природні ядра) і захищають їх від впливу зовнішніх негативних факторів природного чи антропогенного походження, виконуючи роль природного амортизатора.

Відновлювальні території – ділянки екологічної реабілітації – порушені території, де найдоцільніше відновлення природних територій, забезпечують формування цілісності екомережі, для яких мають бути виконані першочергові заходи щодо відтворення первинного природного стану [1–3].

Таблиця 1

Природно-заповідні території та об'єкти м. Вінниця

Загальнодержавного значення	Місцевого значення		
	Пам'ятки природи		Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва			
Ботанічний сад «Поділля»	ботанічні	комплексні	
Музей-садиба М. І. Пирогова	Алея вікових лип	Музей-садиба М. М. Коцюбинського	П'ятничанський парк
Центральний парк культури та відпочинку ім. М. Горького	Красень дуб		Парк ім. О. І. Ющенка
	Алея горіха Зібольта		
	Сосна веймутова		

Проектування узагальненої схеми екологічної мережі міста Вінниці здійснювалося в кілька основних етапів:

1. Збір, систематизація, аналіз інформації щодо стану територій, що мають особливу природну, екологічну, естетичну, історико-культурну, рекреаційну цінність.

2. Ідентифікація природних об'єктів міста до базових елементів екологічної мережі.

3. Створення умовних позначень елементів екомережі в ГІС.

4. Нанесення на планово-картографічні матеріали територій та об'єктів, включених до переліків екомережі.

5. Розроблення рекомендацій щодо визначення режиму територій та об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, що підлягають особливій охороні, відновлюваних, буферних та сполучних територій, які пропонується створити.

6. Узгодження регіональних і місцевих схем формування екомережі із Зведеною схемою формування екомережі України, поєднання її із Всеєвропейською схемою формування екомережі та із затвердженою проектною документацією з урахуванням державних, громадських і приватних інтересів, визначення перспективних напрямів забезпечення збереження та невиснажливого використання цінних ландшафтів та інших природних комплексів, об'єктів і територій.

7. Оцінювання біоцентрично-мережевої структури ландшафту розробленої екомережі для підтримки біорізноманіття.

Для виділення структурних елементів мережі було використано геосистемний підхід, який враховує біологічні параметри місцевості та еколого-географічне значення.

Було виділено основні природно-заповідні об'єкти та території, розташовані в межах міста Вінниці (табл. 1).

У програмному середовищі ГІС-пакету «Панорама» було здійснено просторову прив'язку супутникового знімку м. Вінниці.

Використовуючи інструментарій для векторизації ГІС «Панорама» здійснено ідентифікацію основних елементів екологічної мережі міста та сформовано легенду карти. Результуюча карта приведена рис. 1.

Природними ядрами екомережі міста Вінниці пропонуються такі:

- Центральний парк культури і відпочинку ім. М. Горького,
- П'ятничанський парк,
- Парк ім. О. І. Ющенка,
- Ботанічний сад «Поділля»,
- Музей-садиба М. М. Коцюбинського,
- Сосна Веймутова,
- Красень дуб,
- Алея горіха Зібольта.

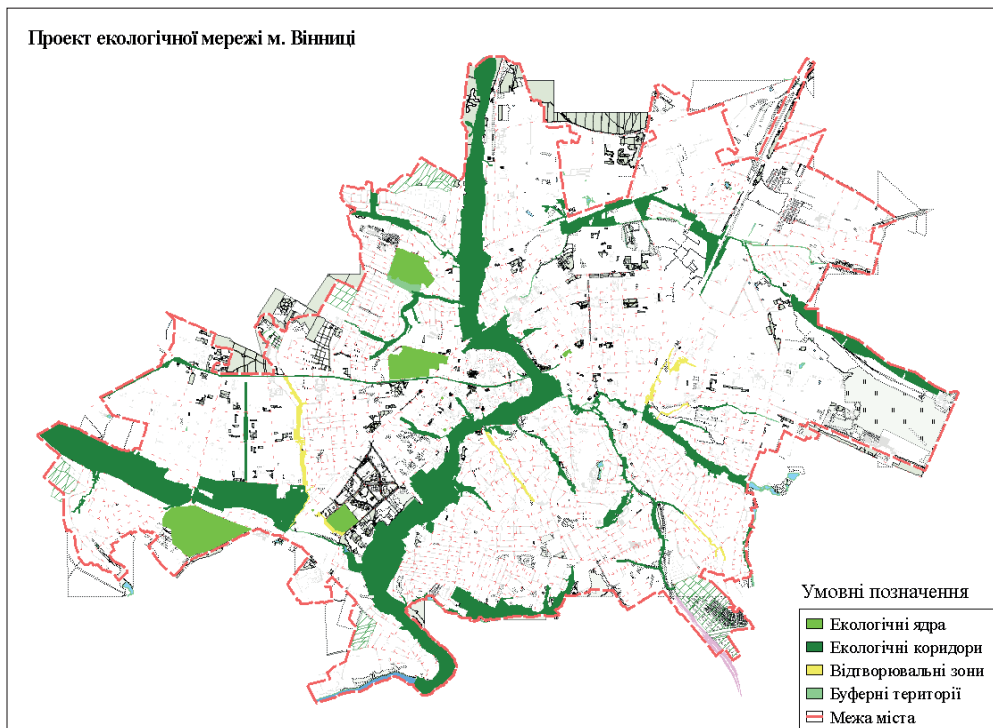


Рис. 1. Проект узагальненої схеми екологічної мережі міста Вінниці

Екологічним коридором визначено річку Південний Буг, яка є коридором Національної та Загальноєвропейської екологічних мереж, її притоки та всю прилеглу рослинність.

До територій, що потребують відновлення, віднесено притоки річки Південний Буг, що перебувають на стадії пересихання.

Проектування мережі екологічних коридорів, яка б відзначалася функціонування та стійкістю в умовах сучасного ландшафту фактично вимагає проектування його біоцентрично-мережевої структури.

Біоцентрично-мережеву структуру ландшафту для підтримки біорізноманіття можна оцінити за показниками зв'язності a , b та g [14]:

α – індекс, що характеризує наявність та насиченість мережі екологічних коридорів циклами. Чим вище значення α - індекса, тим більше альтернативних шляхів міграції особин з біоцентру і тим ефективніше ландшафт забезпечує біотично-міграційну функцію:

$$\alpha = \frac{(K - B + 1)}{(2B - 5)}, \quad (1)$$

де K – число екологічних коридорів; B – кількість екологічних ядер.

При проектуванні екологічної мережі м. Вінниця було виділено 12 екологічних коридорів ($K=12$) та 8 природних ядер ($B=8$).

$$\alpha = \frac{(12 - 8 + 1)}{(2 \cdot 8 - 5)} \approx 0,45,$$

β – індекс оцінює розвиненість мережі екологічних коридорів: при $\beta < 1$ мережа не має жодного циклу, при $\beta = 1$ – тільки один, при $\beta > 1$ – декілька, при $\beta = 3$ усі ядра об'єднуються екологічними коридорами в цикли, що і є оптимумом.

$$\beta = \frac{K}{B}, \quad (2)$$

$$\beta = \frac{12}{8} = 1,5.$$

Отже, екологічна мережа має декілька циклів.

γ – індекс характеризує ступінь альтернативності вибору шляхів міграції з одного ядра до інших. Чим вище його значення, тим більш розгалужена мережа екологічних коридорів і тим коротші шляхи міграції між двома довільно обраними екологічними ядрами.

$$\gamma = \frac{K}{3(B - 2)}, \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{12}{3(8 - 2)} \approx 0,66.$$

Отже, мережі екологічних коридорів мають декілька циклів, особини мають багато шляхів міграції з екологічного ядра, майже усі природні ядра об'єднуються екологічними коридорами, мережа яких є розгалуженою.

Окрім показників, які характеризують в цілому, важливо також врахувати показники, які оцінюють роль окремих екокоридорів та ядер у цій мережі. Для екологічного коридору за таку оцінку можна запропо-

нувати потенційну інтенсивність біотичних міграцій вздовж нього.

$$C_{ij} = \frac{k \cdot S_i \cdot S_j}{d_{ij}^2}, \quad (4)$$

де C_{ij} – умовна оцінка інтенсивності біотичних міграцій вздовж екологічного коридору між ядрами “і” та “j”; k – коефіцієнт “провідності” екологічного коридору, за який може бути прийняте значення коефіцієнту подібності видового складу ядер “і” та “j” (наприклад, коефіцієнт Жаккара); S_j та S_i – площа біоцентрів “і” та “j” відповідно; d_{ij} – довжина екологічного коридору, що з'єднує їх.

Розраховуємо потенційну інтенсивність біотичних міграцій між ЦПКІВ ім. Горького та П'ятничанським парком.

ЦПКІВ ім. Горького $S_j = 30$ га.

П'ятничанський парк $S_i = 32$ га,

$d_{ij} = 2030$ м,

$k = 0,45$,

$$C_{ij} = \frac{0,45 \cdot 30 \cdot 32 \cdot 10000}{2030^2} = 1,0483.$$

Отже, інтенсивності біотичних міграцій вздовж екологічного коридору між даними ядрами є досить високою.

Важливим при проектуванні міської екологічної мережі враховувати необхідність її зв'язку із сусідніми регіонами. Екологічна мережа м. Вінниця інтегрується в регіональну екомережу та забезпечує її цілісність, а також є невід'ємною частиною Національної екологічної мережі України та Загальноєвропейської екомережі.

6. Висновки

Дістав подальший розвиток підхід до розробки узагальненої схеми екологічної мережі міста Вінниця, який на відміну від існуючого передбачає оцінювання зв'язності біоцентрично-мережевої структури розробленої схеми екомережі, що дозволяє кількісно оцінити якість запропонованої екомережі. Визначено основні структурні елементи проекту екологічної мережі міста Вінниця. Розроблено проект узагальненої схеми екологічної мережі міста Вінниця з використанням геоінформаційного пакету «Панорама».

Відповідно до поставлених задач дослідження здійснено:

- розробку загального алгоритму схеми екомережі міста, який деталізує процес проектування екомережі та оцінювання її зв'язності;

- запропоновано метод аналізу оцінювання зв'язності біоцентрично-мережевої структури розробленої схеми екомережі;

- здійснено апробацію розробленого алгоритму та запропонованого методу оцінювання на прикладі екомережі міста Вінниця.

Розроблений проект екомережі був представлений на нараді у міського голови м. Вінниці за участі керівників профільних департаментів та управлінь міськради.

Для уточнення розробленого проекту узагальненої схеми екомережі, його впровадження і ефективного використання необхідно:

- 1) удосконалити та деталізувати загальні схеми екологічної мережі міста Вінниці;
- 2) узгодити проект з відповідними державними органами;
- 3) розробити рекомендації для забезпечення належного функціонування екомережі міста.

Література

1. Марушевський, Г. Б. Збереження біорізноманіття і створення екомережі [Текст] / Г. Б. Марушевський, В. П. Мельничук, В. А. Костюшин. – Київ : Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2008. – 169 с.
2. Закон України «Про екологічну мережу України» [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Верховна Рада України. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1864-15>
3. Закон України «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000 – 2015 роки» [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Верховна Рада України. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1989-14>
4. Мовчан, Я. І. Екомережа України: обґрунтування структури та шляхів втілення [Текст] / Я. І. Мовчан // Конвенція про біологічне різноманіття: громадська обізнаність та участь. – 1997. – С. 98–110.
5. Мовчан, Я. І. Шляхи втілення екомережі України [Текст] / Я. І. Мовчан, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Розбудова екомережі України. – 1999. – С. 104–111.
6. Шеляг-Сосонко, Ю. Р. Екомережа України та її природні ядра [Текст] / Ю. Р. Шеляг-Сосонко, В. С. Ткаченко, Т. Л. Андрієнко, Я. І. Мовчан // Укр. ботан. журн. – 2005. – Т. 62, № 2. – С. 142–158.
7. Вакаренко, Л. П. Екомережа України: ідеологія створення та шляхи формування [Текст] / Л. П. Вакаренко, Д. В. Дубина, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Чорномор. ботан. журн. – 2005. – Т. 1, № 1. – С. 60–65.
8. Council of Europe, UNEP & European Centre for Nature Conservation. The Pan European Biological and Landscape Diversity Strategy, a vision for Europe's natural heritage [Text] / Strasbourg/Tilburg, 1996. – 45 p.
9. Дёмина, О. Н. Проектирование ЕСОНЕТ в степной зоне и меры по охране растительных сообществ [Текст] / О. Н. Дёмина // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Ч. 1.: мат-лы электр. конфер. (1–28 февраля 2011 г.). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 81–85.
10. Проценко, Л. Д. Екомережа Азово-Чорноморського природного коридору [Текст] / Л. Д. Проценко. – К.: Хімджест, 2012. – 60 с.
11. Юрчук, Л. Екомережа біосферного резервату «Західне Полісся» (картосхема та її легенда) [Текст] / Л. Юрчук // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2011. – Вип. 56. – С. 141–147.
12. Попович, С. Ю. Екомережа Лісостепу України: картосхема та її легенда [Текст] / С. Ю. Попович, В. С. Василенко // Заповідна справа в Україні. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 1–5.
13. Гавенко, О. В. Геоинформационная система мониторинга окружающей среды города Кривой Рог [Текст] / О. В. Гавенко, В. Б. Мокин, Е. Н. Крыжановский, В. В. Беленков // Геопрофи. Москва. – 2013. – № 2. – С. 23–25. – Режим доступу: <http://www.gisinfo.ru/item/99.pdf>
14. Гродзинський, М. Д. Збереження і відтворення ландшафтного різноманіття в контексті сталого розвитку [Текст] / М. Д. Гродзинський, П. Г. Шищенко // Заповідна справа в Україні. – 1998. – Т. 4, Вип. 1. – С. 3–8.