

УДК 504.54:574.91:502.7(477.54-25)

Н.Ю. Басос,
Ю.И. Вергелес

Биоцентрически-сетевая структура ландшафтов крупного города на примере Харькова

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Аннотация. Выявлены основные элементы экосети города Харькова и рассмотрено функционирование экологических коридоров в урбанизированном ландшафте на примере растительного покрова и населения птиц. Установлены виды-индикаторы биокоридоров. С помощью анализа главных компонент определены главные факторы, влияющие на видовой состав экологических коридоров. С помощью вычисленных индексов бета-разнообразия между парами отрезков биокоридоров показаны экологические барьеры на пути движения видов между биоцентрами.

Ключевые слова: экологическая сеть, биокоридоры, растительность, население птиц, бета-разнообразие, Харьков

Сокращения

ГИС – геоинформационная система

ЛТС – ландшафтная территориальная структура

ПЗФ – природно-заповедный фонд

Введение

В настоящее время процессы, приводящие к разрушению и деградацию природных местообитаний видов биоты, приобрели глубину и широкое распространение. Остатки природных ландшафтов встречаются как мозаика небольших участков, «разрезанных» на фрагменты при развитии хозяйства. Эти природные фрагменты, – от больших, которые объявляют заповедниками, до маленьких остатков, – окружены антропогенными ландшафтными урочищами с интенсивным землепользованием. Утрата и фрагментация местообитаний признаны во всем мире как ключевая проблема сохранения биоразнообразия. В то же время, наличие пространственных связей в преобразованных ландшафтах значительно снижает риск вымирания видов, поэтому экологические сети стали общепризнанным инструментом для смягчения эффекта фрагментации и сохранения биоразнообразия [18].

В 1970-х годах в данной области были опубликованы работы чешских ландшафтных экологов, идеи которых основывались на теории островной биогеографии [1]. Вторым теоретическим источником концепции экологических сетей и коридоров стала теория метапопуляции [12]. Почти в то же время Б. Б. Родман разработал теорию поляризованного ландшафта, где противопоставил сеть зеленых коридоров для миграции диких животных и созданные человеком индустриальные сети [6].

Американские ландшафтные экологи Р. Форман и М. Годрон в 1980-х годах развили эти представления, предложив «биоцентрически-коридорно-матричную» модель ландшафта. Биоцентр (*habitat patch*) – значительный по площади малонарушенный природный участок, поддерживающий устойчивые популяции видов биоты. Биокоридор (*wildlife corridor*) – продолжительный элемент ландшафта, выполняющий функцию связи для видов биоты, подходящее местообитание, по своим условиям сходное с биоцентром. Матрица (*matrix*) – нарушенная территория, малопригодная для обитания видов, живущих в биоцентрах [18, 21]. В 1990-х годах Д. М. Гродзинский подобным образом описал биоцентрически-сетевую структуру ландшафта [1].

По вопросу, действительно ли биокоридоры выполняют функцию связи и приносят пользу популяциям и сообществам, еще несколько лет назад велись дискуссии [16, 20, 22, 24].

Во многих странах экологические сети уже тщательно разработаны на разных уровнях [12]. Согласно Всеевропейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного

разнообразия, принятой в 1995 г. в Софии, к 2005 г. была создана Всеевропейская экологическая сеть. Национальная экологическая сеть Украины официально начата разрабатываться в 2000 году [12]. Существуют различные методики дизайна экологических коридоров [12, 17, 19], в том числе и с применением ГИС-технологий [8, 15, 25].

Согласно закону «Про екологічну мережу України» (№ 1864-IV от 24.06.2004), в Украине разрабатываются региональные и местные (районные) схемы экологических сетей. Местные схемы экосетей населенных пунктов проектируются редко. Экологические сети на региональном уровне разрабатываются обычно для территорий, занятых сельскохозяйственными угодьями, объединяя существующие объекты ПЗФ. В урбанизированных ландшафтах, где доминирует искусственное покрытие, создать экосеть намного сложнее, хотя и необходимо из-за высокой скорости сведения природной растительности под новую застройку. Создание экологических сетей в городском ландшафте оказывает положительный эффект на состояние городских экосистем и увеличивает жизнеспособность популяций в городских местообитаниях, а также поможет оптимизировать систему озеленения [14].

Биоцентрически-сетевая ЛТС крупного города показана на примере г. Харькова.

Исторический центр Харькова расположен в междуречье, в месте слияния рек Харьков и Лопань. В первой половине XVII века эта местность представляла собой плоскую, плавно наклоненную к югу возвышенность с крутыми обрывами в сторону рек Харьков и Лопань [7]. Северная часть этой возвышенности была покрыта дубовыми лесами [7]. Остатки этих лесов сохранились в городе в виде отдельных фрагментов. Несколько больших участков леса находятся по краям города, мелкие участки в центре превратились в парки. Остатки старых дубрав включены в ПЗФ. Долины рек Лопань и Харьков до начала активного заселения были заняты пойменными лесами – белоивовниками, белотопольниками и вязо-осокорниками.

Таким образом, исторически не было препятствий для миграции видов биоты между лесами на право- и левобережья Лопани.

Экологическая сеть на территории города Харькова по официальным источникам представлена только одним региональным экологическим коридором вдоль реки Уды, начинающимся и заканчивающимся далеко за пределами города [2]. Мы выявили основные элементы экосети г. Харькова и исследовали функционирование биокоридоров в урбанизированном ландшафте.

Материалы и методы

Для анализа ландшафтной структуры были использованы спутниковые фотографии земной поверхности различного разрешения, и топографические карты Генерального Штаба масштаба 1:50000 состоянием местности на 1986 г., а также карты-схемы города Харькова. Карты и космические снимки были пространственно привязаны в геоинформационной системе.

Чтобы узнать, действительно ли локальные экологические коридоры работают, выполняя функцию связи, был выбран модельный участок в северо-западной части города площадью 166 км².

Для исследуемого участка была построена цифровая модель рельефа. Полевые исследования на анализируемом участке были приурочены к бассейнам рек.

Бассейны ручьев Саржинка и Алексеевский были разбиты на полосы по 100 м на участке с сильно нарушенной природной средой и резко меняющимися условиями – это собственно коридоры, по 500 м внутри биоцентра и по 200 м в переходной зоне. Исследуемые сегменты этих полос – по 50 м от линии тальвега в обе стороны. Вдоль реки Лопань выделены сегменты по 200 м по срединной линии русла и также по 50 м в обе стороны от берега (рис. 1).

Таким образом, предполагаемые биокоридоры оказались разбиты на отрезки.

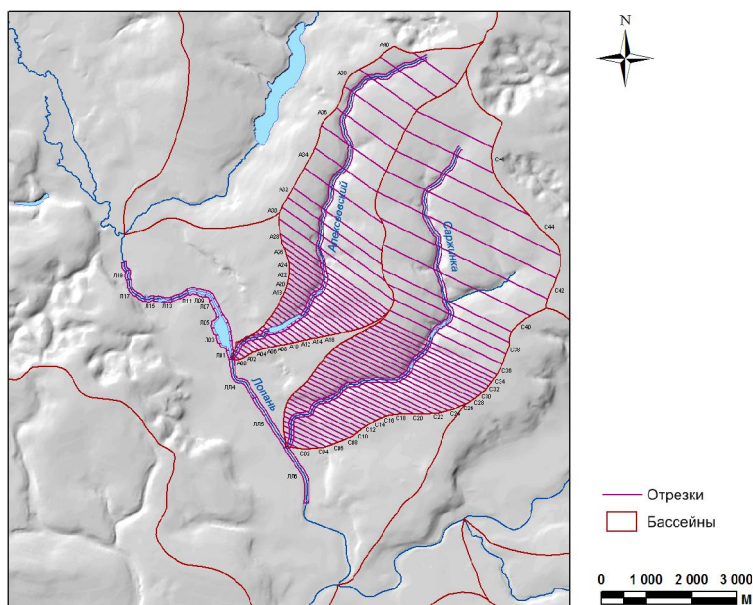


Рис. 1. Выделение отрезков биокоридоров

Для каждого отрезка биокоридора определены следующие параметры:

1. Расстояние до ближайшей застройки (м) – кратчайшее расстояние от середины отрезка до края ближайшего здания, в метрах.
2. Расстояние до ближайшего из двух первичных (м) – кратчайшее расстояние от середины отрезка до края биоцентра.
3. Ширина биокоридора (м), измеренная на середине отрезка.

Полевые исследования проводились с июля 2009 г. по май 2010 г.

Для каждого отрезка биокоридора в результате полевых исследований были созданы списки видов растений с их относительным обилием, комбинируя балльные оценки частоты выявления вида растений и проективного покрытия вида (табл. 1).

Таблица 1.

Балльные оценки относительного обилия

Баллы		Частота выявления, %				
		≤ 10	11-33	34-50	51-75	76-100
Проективное покрытие, %	≤ 1	1	2	3	4	5
	1-5	2	3	4	5	6
	6-10	3	4	5	6	7
	11-20	4	5	6	7	8
	21-100	5	6	7	8	9

Балльные оценки были переведены в частное проективное покрытие, измеряемое в процентных пунктах, с учетом встречаемости N_i (табл. 2)

Таблица 2.

Перевод балльных оценок в частное проективное покрытие (N_i)

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_i	0,1	0,27	1,3	3,54	9,8	26,73	48,05	67,82	89,44

Для расчета индексов разнообразия эти значения были переведены в общепринятые доли относительного обилия p_i по формуле

$$p_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^S N_i}, \quad \text{где } S \text{ – видовое богатство растений на исследуемом участке.}$$

Для каждого отрезка отмечалась интенсивность антропогенных нарушений по пятибалльной шкале. Учитывались следующие виды антропогенных нарушений и проведена их оценка с учетом интенсивности и размаха воздействия (табл. 3):

1. Уплотнение грунта и вытаптывание
2. Земляные и строительные работы
3. Замусоривание твердыми отходами
4. Уборка растительного опада
5. Движение и стоянки автотранспорта
6. Рекреация обустроенная
7. Выращивание садовых и огородных культур
8. Неорганизованная рекреация – посещаемость
9. Густота тропиной сети
10. Выжигание растительности
11. Неорганизованные кострища
12. Трубопроводы
13. Линии электропередач
14. Искусственные покрытия
15. Вырубка насаждений
16. Дренаж
17. Сброс хозяйственно-бытовых стоков
18. Сброс поверхностного стока

Таблица 3.

Интенсивность антропогенного воздействия

Балл в соответствии с интенсивностью и размахом воздействия	Слабо интенсивное воздействие	Воздействие средней интенсивности	Интенсивное воздействие
Воздействие на незначительной (менее 1/4) части территории	1	2	3
Воздействие охватывает до 1/2 части территории	2	3	4
Воздействие охватывает более 1/2 части территории	3	4	5

Для каждой пары соседних отрезков вдоль каждого биокоридора для растительности были рассчитаны следующие индексы дифференцирующего, или β -, разнообразия [5]:

Мера различия в качественном составе Коуди

$$\beta_c = \frac{g(H) + l(H)}{2},$$

где $g(H)$ – число видов, прибавившихся вдоль градиента местообитаний, а $l(H)$ – число исчезнувших видов.

Коэффициенты сходства в качественном составе:

- индекс Жаккара:

$$I_j = \frac{j}{a + b - j};$$

- индекс Серенсена:

$$I_s = \frac{2j}{a + b},$$

где j – число общих видов на обоих участках, a – число видов на участке А, b – число видов на участке В.

Меры сходства в качественном составе с учетом количественных соотношений

между элементами сообществ:

- индекс Жаккара с учетом обилия:

$$I_{JN} = \frac{\sum_{i=1}^{card\{A \cup B\}} \frac{\min(N_{Ai}, N_{Bi})}{\max(N_{Ai}, N_{Bi})}}{S_A + S_B - S_C};$$

- индекс Серенсена с учетом обилия:

$$I_{SN} = \frac{2 \sum_{i=1}^{card\{A \cup B\}} \frac{\min(N_{Ai}, N_{Bi})}{\max(N_{Ai}, N_{Bi})}}{S_A + S_B},$$

где N_{Ai} – численность или частное проективное покрытие i -го вида на участке А, N_{Bi} – численность или частное проективное покрытие i -го вида на участке В;

S_A – число видов на участке А, S_B – число видов на участке В;

$S_C = card\{A \cap B\}$ – число общих видов на обоих участках.

Для самых обильных в биокоридорах видов растений был проведен анализ главных компонент [3]. Расчетными факторами являлись виды антропогенных нарушений и параметры коридора в каждом отрезке. Также анализ главных компонент проведен для структуры сообществ.

Для анализа биохорологической структуры растительности экоккоридоров виды растений были разбиты на 4 группы [13]: культурные, интродуцированные, адвентивные и автохтонные. Рассчитаны процентные соотношения этих групп для каждого отрезка биокоридоров по относительному обилию видов.

Аналогично для каждого отрезка определена экологическая структура растительности. Виды растений были отнесены к одной из 9 экологических групп: опушечные, сорно-опушечные, сорные, культивируемые, гидрофильные, парковые, луговые, степные и лесные.

Для анализа распространения наземных позвоночных животных на основании данных многолетних наблюдений использовались укрупненные участки биокоридоров с учетом экологических барьеров. Для отображения информации об обилии всех отмеченных видов наземных позвоночных использовалась балльная шкала экспертных оценок. Вместо оценок абсолютной численности вида на участке использовались т. н. «суррогатные показатели обилия», которые были получены в соответствии с таблицей 4. Данные нормировались с учетом площади участка.

Таблица 4.

Балльная шкала обилия животных (наземные позвоночные)

Индекс обилия	Значение	Для птиц - нижний предел численности, ос.	Для птиц – верхний предел численности, ос.	Весовой коэффициент для млекопитающих
5	массовый вид	201	1000	50
4	обычный много-численный вид	101	200	20
3	обычный немногочисленный вид	26	100	10
2	редкий мало-численный вид	6	25	5
1	очень редкий, случайно встречающийся (в т.ч. во время сезонных миграций) вид	1	5	1

При определении экологической структуры населения гнездящихся птиц по типу

местообитаний использованы такие категории: лесные, опушечные, луговые, полевые, водно-болотные, синантропные, горные.

Результаты и обсуждение

По территории города Харькова, кроме рек Уды и Лопань, протекает еще несколько небольших рек, входящих в бассейн р. Уды. Эти реки с сохранившейся по берегам природной растительностью составляют сеть экологических коридоров города. Они выделяются по критериям биоразнообразия, территориальной связи и экотопичному критерию [4, 12]. Согласно критериям природности, репрезентативности, видового разнообразия и территориальной целостности [4, 12] городские парки и участки лесов зеленой зоны являются биоцентрами на территории Харькова. Таким образом, биоцентрически-сетевая ландшафтная структура в Харькове привязана к бассейновой.

На модельном участке в северо-западной части города выделены 3 биоцентра – Лесопарк, западный массив Октябрьского лесного хозяйства и Алексеевский лугопарк. Малоизмененные лесные массивы «Лесопарк» и «Западный лес» – первичные биоцентры. Алексеевский лугопарк является вторичным биоцентром, так как большая часть насаждений в нем искусственного происхождения. Площадь Лесопарка - 18,2 км², западного леса - 11,6 км², Алексеевского лугопарка - 1,28 км².

На территории Лесопарка находятся два ботанических памятника природы местного значения. В них охраняются дубы возрастом более 200 лет (в соответствии с информацией, приведенной в паспортах объектов ПЗФ).

Край западного лесного массива выходит к реке Лопань, а в Лесопарке берут начало ручьи Саржинка и Алексеевский, впадающие в р. Лопань. Таким образом, выделяются гидрологические экокоридоры в балках ручьев и вдоль реки Лопань, соединяющие биоцентры, согласно критериям природности, территориальной связи, биоразнообразия, экотопичному и созологическому. Длина биокоридоров: вдоль Лопани – 6,1 км, Саржинка – 4,5 км, Алексеевского – 3,8 км.

На рис. 2 представлена схема локальной экологической сети исследуемого участка.

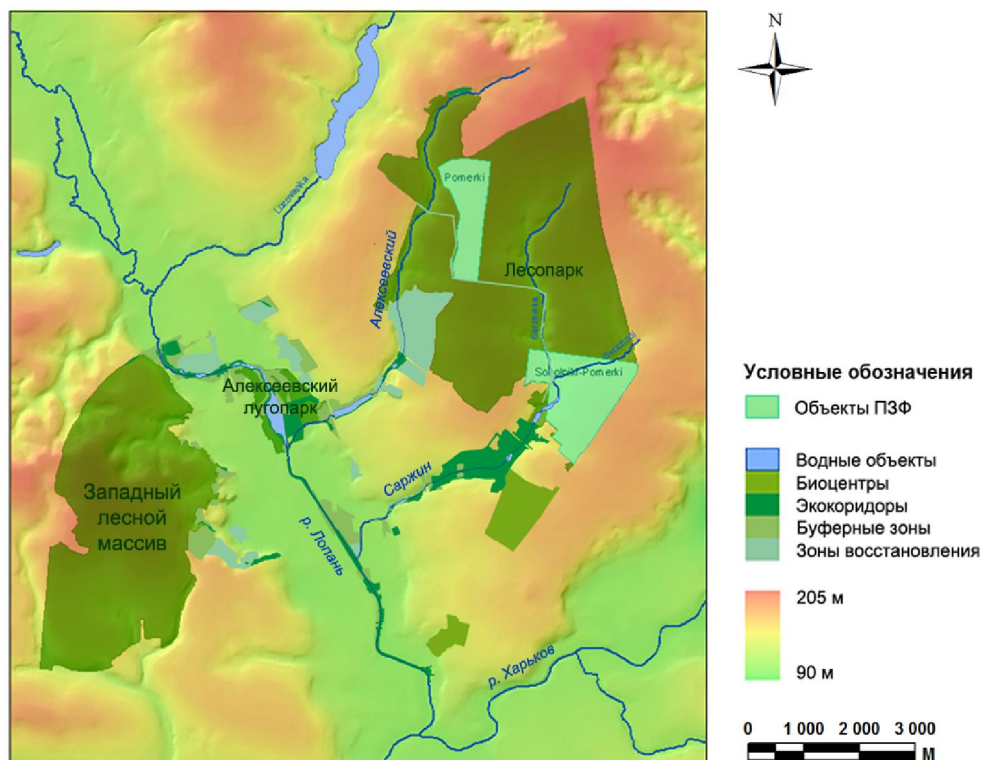


Рис. 2. Локальная экосеть исследуемого участка

В биоцентрах и биокоридорах обнаружено 404 вида растений, 333 в биоцентрах и 349 в биокоридорах. Из них 3 вида занесено в Красную книгу Украины [9] – ковыль-волосатик (*Stipa pennata*) и фиалка белая (*Viola alba*) в биокоридорах, и тюльпан дубравный (*Tulipa*

quercetorum) - в первичных биоцентрах. Также здесь обитают животные (табл. 5), занесенные в Красную Книгу Украины [10].

Таблица 5.

Виды животных, занесенные в Красную Книгу Украины:

Вид (рус)	Вид (лат.)	Класс	Встречаемость
Орел карлик	<i>Hieraaetus pennatus</i>	Птицы	Биоцентры (в гнездовой период и на пролёте)
Серый сорокопут	<i>Lanius excubitor</i>	Птицы	Биоцентры (в зимний период и на пролёте)
Лунь полевой	<i>Circus cyaneus</i>	Птицы	Биоцентры (в зимний период и на пролёте)
Горностай	<i>Mustella erminea</i>	Млекопитающие	Биоцентры
Хорь лесной	<i>Mustella putorius</i>	Млекопитающие	Биоцентры
Ушан обыкновенный	<i>Plecotus auritus</i>	Млекопитающие	Биоцентры
Вечерница рыжая	<i>Nyctalus noctula</i>	Млекопитающие	Биоцентры, биокоридоры
Нетопырь карлик	<i>Vespertilio pipistrellus</i>	Млекопитающие	Биоцентры
Кожан поздний	<i>Vespertilio serotinus</i>	Млекопитающие	Биоцентры
Жук-олень	<i>Lucanus cervus</i>	Насекомые	Биоцентры
Моховой шмель	<i>Bombus muscorum</i>	Насекомые	Биоцентры
Махаон	<i>Papilio machaon</i>	Насекомые	Биокоридоры
Подалирий	<i>Iphiclides podalirius</i>	Насекомые	Биокоридоры

Поскольку биокоридоры прибрежные, их индикаторами в первую очередь являются болотно-лесные виды (*Salix alba*, *S. fragilis*, *S. pentandra*) и водно-болотные (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*), а также распространяющиеся потоками воды другие виды. Перечисленные виды растений встречаются на всем протяжении коридоров с высоким обилием, каждый более чем в 50% отрезков, и практически не встречаются в городской матрице (табл. 6).

Таблица 6.

Виды-индикаторы биокоридоров

Экологические группы по типу местообитаний для видов-индикаторов:

syl – лесные, pra-syl – лугово-лесные, syl-pra – опушечные, pra-pal – лугово-болотные, syl-pal – болотно-лесные, pal – болотные, pal-aqu – болотно-водные, pra-pal – лугово-болотные, pal-alu – болотно-пойменные

№	Вид	Экологическая группа (местообитания)	Встретился в отрезках коридора (из 107)	Автохория	Анемохория	Гидрохория	Орнитохория	Зоохория	Антропохория	Вегетативное размножение	В матрице, балл обилия
Индикаторы опушечного биокоридора											
1	Репейничек обыкновенный	pra-syl	46					+	+	+	1
2	Борщевик сибирский	syl-pra	44	+		+				+	1
3	Терен	syl-pra	37				+	+	+	+	1
4	Чистяк весенний	syl-pra	33	+				+		+	1
5	Вязель пестрый	pra-syl	28	+				+		+	1
6	Овсяница гигантская	syl-pra	24	+				+		+	1
7	Фиалка душистая	syl-pra	58	+				+		+	2
8	Вербейник монетчатый	pra-syl	40	+		+		+		+	2
9	Дуб черешчатый	syl	35	+			+	+	+		2

10	Осока шерстистая	<i>pra-syl</i>	72	+		+				+	3
11	Ежа сборная	<i>pra-syl</i>	61	+						+	3
12	Мятлик узколистный	<i>ste-syl</i>	57	+					+	+	3
Индикаторы гидрологического коридора											
1	Полевица побегоносная	<i>pra-pal</i>	48	+		+				+	1
2	Ива пятитычинковая	<i>syl-pal</i>	41			+	+			+	1
3	Осока острая	<i>pal</i>	23	+					+	+	1
4	Тростник обыкновенный	<i>pal-aqu</i>	81			+	+			+	2
5	Рогоз широколистный	<i>pal-aqu</i>	65			+				+	2
6	Лютик ползучий	<i>pra-pal</i>	79	+		+			+	+	3
7	Черда трехраздельная	<i>pal-alu</i>	67				+	+			3
8	Черда радиальная	<i>pal</i>	53				+	+			3
9	Ивы белая+ломкая	<i>syl-pal</i>	100			+	+			+	4
10	Борщевик сибирский	<i>syl-pra</i>	44				+			+	1
11	Вербейник монетчатый	<i>pra-syl</i>	40					+	+	+	2
12	Осока шерстистая	<i>pra-syl</i>	72	+						+	3
13	Чесночник конский	<i>syl</i>	29	+		+			+	+	2

Анализ главных компонент, проведенный для самых распространенных в биокоридорах видов растений, показал, что основными факторами, влияющим на формирование растительных сообществ в коридорах, являются ширина коридора (первая главная компонента) и уплотнение почвенного покрова, в частности, в результате вытаптывания при неорганизованной рекреации (вторая главная компонента). Третья главная компонента – дорожно-транспортное покрытие. Всего на состав растительности влияет множество факторов (по 7 главных компонент, объясняющих более 70% дисперсии). Анализ главных компонент для альфа-разнообразия по Шеннону в каждом отрезке показал, что основные факторы в этом случае те же, что и для обилия отдельных видов.

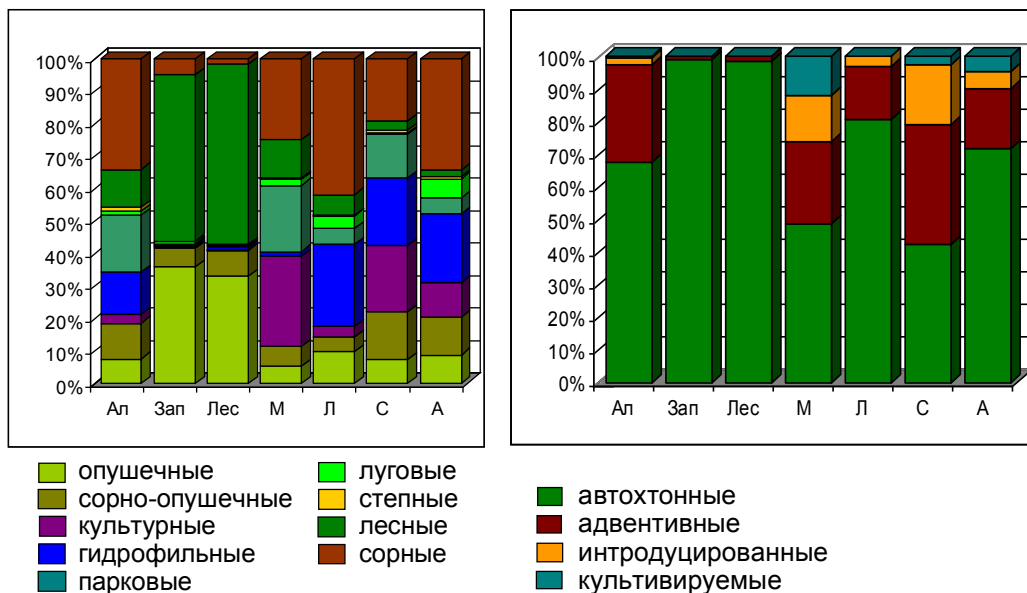


Рис. 3. Структура растительности биокоридоров и биоцентров: а – экологическая структура; б – биохорологическая структура.

Ал – Алексеевский лугопарк, Зап – западный лесной массив, Лес – Лесопарк, М – городская матрица, Л – биокоридор вдоль р. Лопань, С – биокоридор вдоль Саржина Яра, А – биокоридор вдоль Алексеевского ручья

Была определена экологическая структура растительности каждого отрезка биокоридора и всех биоцентров. Основные группы видов в коридорах – опушечно-лесные, сорно-опушечные, болотно-лесные и сорно-луговые. Они встречаются также по краям и на открытых участках лесных биоцентров, и намного реже в матрице. Таким образом, коридоры являются прибрежно-опушечными. Их ширина на большей части отрезков не превышает 100 м, что недостаточно для существования устойчивого биокоридора с лесными экосистемами в центральной части [15, 23]. Сорные виды также заходят в биокоридоры из матрицы.

Структура растительности по географическому происхождению показывает, что в настоящее время по коридорам распространяются адвентивные виды и заходят в биоцентры.

Анализ главных компонент для доли адвентивных видов в каждом отрезке показал, что основными факторами, влияющим на распространение адвентивных видов в коридорах, являются строительство и густота тропиной сети (вторая главная компонента, наибольшие корреляции), а также расстояние до биоцентра и ширина коридора (первая главная компонента, значимые корреляции).

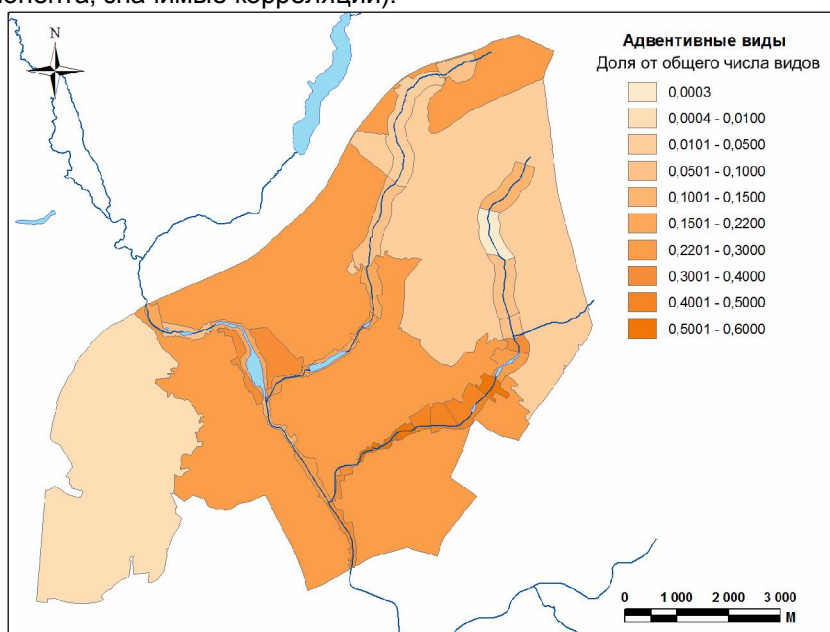


Рис. 4. Распространение в экосети адвентивных видов растений

Анализ главных компонент для доли лесных видов гнездящихся птиц в участках биокоридоров показал, что уплотнение грунта, замусоривание, ширина и расположение участка коридора наиболее влияют на их относительное обилие (первая главная компонента), а также неорганизованная рекреация и строительные работы с вырубкой насаждений.

Индексы β -разнообразия показывают, что первичные биоцентры – Лесопарк и западный лесной массив – очень похожи по составу растительности, и резко отличаются от городской матрицы. Однако Алексеевский лугопарк, где большая часть насаждений искусственного происхождения, более сходен с матрицей, чем с природными лесными биоцентрами. Менее всего сходен с матрицей Лесопарк, а следовательно, менее нарушен.

Дифференцирующее разнообразие растительного покрова для пар отрезков биокоридоров неодинаково. Графики, отражающие изменение β -разнообразия вдоль коридоров, показали, что различие между отрезками коридора резко возрастает для пар отрезков, между которыми проходят дороги. Это пары участков С10-С11, С17-С18, С32-С33, А07-А08, А09-А10, А16-А17, А18-А19, А26-А27. Различие меньше возле дорог, проходящих по мостам (С32-С33, А26-А27), и больше возле дорог, проложенных по насыпям поперек балки, где ручей направлен в узкий кульверт (С10-С11, С17-С18, А18-А19).

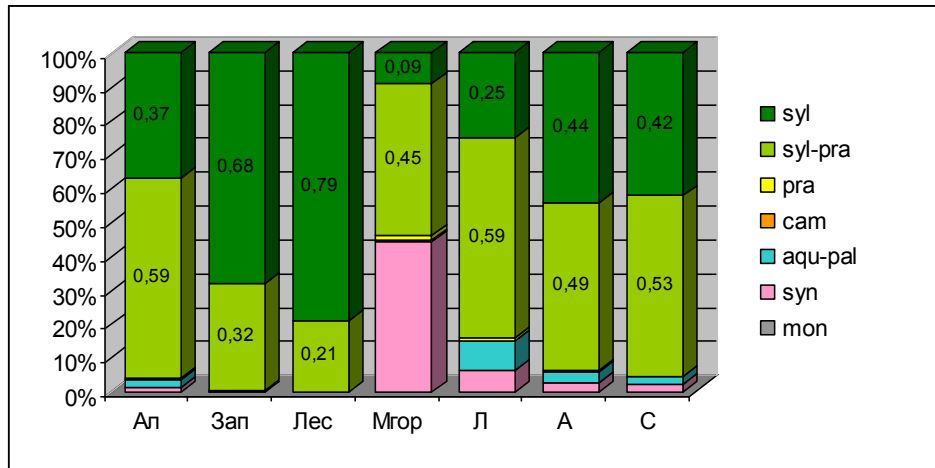


Рис. 5. Структура гнездящихся птиц по типу местообитаний. syl – лесные, syl-pra – опушечные, pra – луговые, cam – полевые, aqu-pal – водноболотные, syn – синантропные, mon – горные. Обозначения территорий и участков – те же, что на рис. 3

Таблица 7. Бета-разнообразие биоцентров и матрицы (обозначения территорий и участков – те же, что на рис. 3)

Пара сравнения	Ал-Зап	Зап-Лес	Ал-Лес	Ал-М	Зап-М	Лес-М
Мера различия Коуди b_C	63,5	51,5	83	79,5	94	120,5
Кoeffициенты сходства						
Число общих видов S_C	192	186	146	241	235	182
Кoeffициент Жаккара I_J	0,6019	0,6436	0,4679	0,6025	0,5556	0,4292
Кoeffициент Серенсена I_S	0,7515	0,7832	0,6376	0,752	0,7143	0,6007
С учетом обилия I_{JN}	0,1744	0,3613	0,1239	0,1906	0,1487	0,1111
С учетом обилия I_{SN}	0,2177	0,4396	0,1688	0,2379	0,1911	0,1554

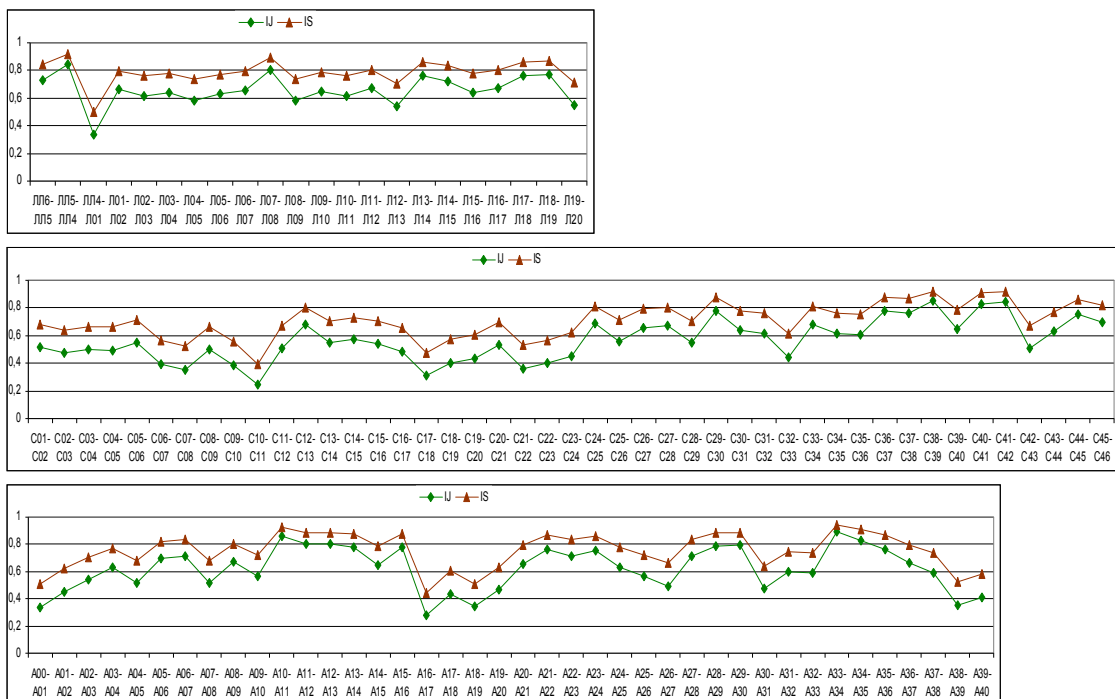


Рис. 6. Изменение значений индексов Жаккара и Серенсена вдоль биокоридоров

Таким образом, дороги на насыпях поперек балок являются серьезными экологическими барьерами на пути движения видов (рис.7), и возникают проблемы с обеспечением целостности городской экосети. Подобные выводы делали и другие исследователи [11].

Для птиц барьеры не так страшны, они могут использовать архипелагообразные коридоры. По данным многолетних наблюдений за птицами, наилучший индикатор коридоров – пеночка-теньковка; этот лесо-опушечный вид обилен в биоцентрах, селится в биокоридорах, а городскую матрицу использует только во время сезонных перелётов.

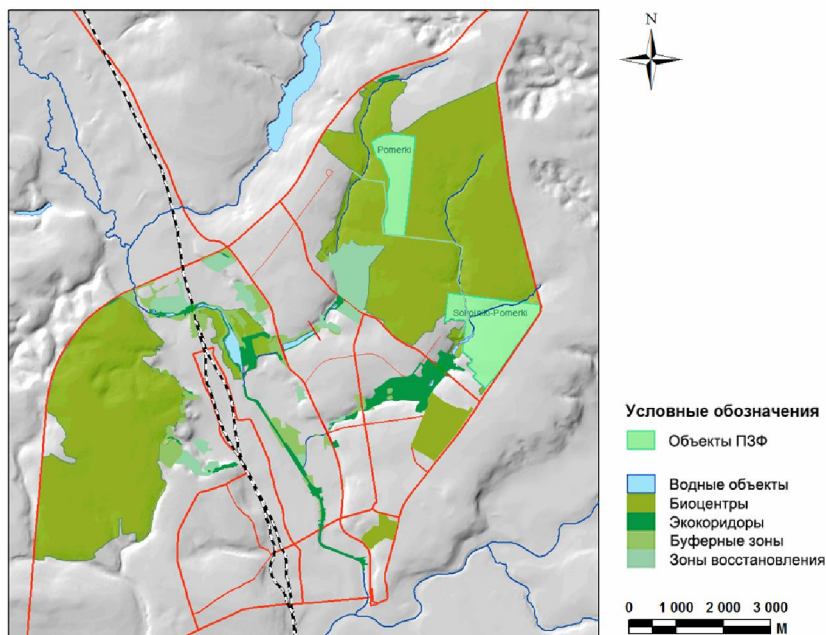


Рис. 7. Магистральные улицы

Выводы

Реки и их притоки с сохранившейся по берегам природной растительностью составляют сеть экологических коридоров города Харькова. Городские парки и участки лесов зеленой зоны являются лесными биоцентрами на территории города. Таким образом, биоцентрически-сетевая ЛТС в Харькове привязана к бассейновой.

Биокоридоры являются прибрежно-опушечными. Их ширина недостаточна для существования устойчивого биокоридора с лесными экосистемами в центральной части. Индикаторами гидрологических коридоров в первую очередь являются болотно-лесные и водно-болотные виды растений, а также виды, распространяющиеся потоками воды. По биокоридорам распространяются адвентивные виды и заходят в биоцентры. Сорные виды заходят в биокоридоры из матрицы.

Главными факторами, влияющими на видовой состав растительности и населения птиц экологических коридоров, являются ширина биокоридора, расстояние до биоцентра, неорганизованная рекреация и строительные работы.

Изменение бета-разнообразия между парами отрезков биокоридоров показывает экологические барьеры на пути движения видов, которые, на примере г. Харьков, представлены автомобильными дороги на насыпях, пересекающими гидрологические коридоры. При проектировании новых дорог желательно предусматривать широкие озелененные подземные или надземные переходы для животных.

В Харькове наблюдается тенденция к «растворению» биокоридоров в окружающей городской матрице. Застройка подступает к берегам ручьев, что в нижней части исследованных притоков р. Лопань, в частности, сводит сами биокоридоры и их функции для большинства лесных и лесо-опушечных видов «на нет», и способствует дальнейшему проникновению сорных (в т.ч. адвентивных) видов в биоцентры. Таким образом, при развитии городских территорий для поддержания их экологического ландшафтного «каркаса» необходимо строго ограничивать застройку на берегах, соблюдая водоохранные зоны, и регулировать рекреацию.

Література

1. Гродзинський Д. М. Основи ландшафтної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
2. Екологічна мережа Харківської області /Клімов О. В., Філатова О. В., Надточій Г. С. та ін. – Харків, 2008. – 168 с.
3. Компьютерная биометрика /Под ред. В. Н. Носова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 232 с.
4. Методичні рекомендації щодо розроблення регіональних та місцевих схем екомережі. – Наказ МОНПС від 13.11.2009 № 604.
5. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение: Пер. с англ. – М.: Мир, 1992, – 184 с.
6. Родоман Б. Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов // Ресурсы, среда, расселение. – М.: Наука, 1974. – С. 150-162.
7. Саратов И. Е. Харьков, откуда имя твое? - Харьков: ХНАГХ, 2009. – 291 с.
8. Хоменко С. В. Опыт моделирования индикативной карты экологической сети Украины средствами растровой ГИС /Дніпровський екологічний коридор. – Київ: Wetlands International Black Sea Programme, 2008. – С. 226-235.
9. Червона книга України. Рослинний світ /За ред. Я. П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
10. Червона книга України. Тваринний світ /За ред. І. А. Акімова. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 600 с.
11. Шапар А. Г., Скрипник О. А., Сметана С. М. Проблеми забезпечення цілісності Дніпровського екологічного коридору /Дніпровський екологічний коридор. – Київ: Wetlands International Black Sea Programme, 2008. – С. 117-124.
12. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Гродзинский М. Д., Романенко В. Д. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины. – К.: Фитосоциоцентр, 2004. – 144 с.
13. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
14. Beier P., D. Majka, and J. Jenness, 2007. Designing Wildlife Corridors with ArcGIS. Watsonville, CA, 105 p.
15. Beier, P. and R. F. Noss, 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12:1241-1252.
16. Beier, P. and S. Loe, 1992. A checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildlife Society Bulletin* 20:434-440.
17. Bennett, A. F., 2003. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 254 pp.
18. Brooker L., M. Brooker, and P. Cale, 1999. Animal dispersal in fragmented habitat: measuring habitat connectivity, corridor use, and dispersal mortality. *Conservation Ecology* [online] 3(1): 4. – URL: <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art4/>
19. Dawson D., 1994. Are habitat corridors conduits for animals and plants in a fragmented landscape? A review of the scientific evidence. London, UK, 89 p.
20. Forman, R.T.T. and M. Godron, 1986. Landscape ecology. John Wiley & Sons, New York.
21. Haddad N, D. Rosenberg, and B. Noon, 2000. On experimentation and the study of corridors; response to Beier and Noss. *Conservation Biology* Vol. 14, No. 5, Oct. 2000. pp.1543–1545
22. McKenzie, E. and R. P. Bio, 1995. Important Criteria and Parameters of Wildlife Movement Corridors. A Partial Literature Review. Southern Columbia Mountains Environmental Sector of the West Kootenay CORE Table. – URL: <http://www.silvafor.org/assets/silva/PDF/Literature/LandscapeCorridors.pdf>
23. Rosenberg D. K., B. R. Noon, and E. C. Meslow, 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience* 47:677-687.
24. Walker, R. and L. Craighead, 1997. Analyzing wildlife movement corridors in Montana using GIS. 1997. Proceedings of the 1997 International ESRI Users conference, Environmental Sciences Research Institute.

Анотація. Виявлено основні елементи екологічної мережі м. Харків і розглянуто функціонування екологічних коридорів в урбанізованому ландшафті на прикладі рослинного покриву та населення птахів. Встановлені види-індикатори біокоридорів. За допомогою аналізу головних компонент визначено головні фактори, що впливають на видовий склад екологічних коридорів. За допомогою обчислених індексів бета-різноманіття між парами відтинків біокоридорів показано екологічні бар'єри на шляху переміщення видів між біоцентрами.

Ключові слова: екологічна мережа, біокоридори, рослинність, населення птахів, бета-різноманіття, Харків

Summary. Basic elements of the landscape ecological network of the city of Kharkiv, Ukraine, have been identified, and the functioning of ecological corridors in the urban landscape was shown on the data regarding distribution and abundance of plant and bird species. Corridor indicator species were identified, as well. Using Principal Component Analysis major factors influencing species richness, composition and distribution patterns in the network were determined. Calculated indices of beta-diversity between adjacent sections of the ecological corridors helped to reveal significant barriers to species movement between habitat patches.

Key words: landscape ecological network, ecological corridors, vegetation, bird assemblages, beta-diversity, Kharkiv

Поступила в редакцію 21.09.2010 г.