

УДК 624.21/.8:504.055

Матус С. А.,¹ координатор з питань екологічної політики, <https://orcid.org/0000-0003-3678-0283>

Морозов А. В.,² аспірант, <https://orcid.org/0000-0001-5596-6193>

Морозова Т. В.,² канд. біол. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0003-4836-1035>

Рутковська І. А.,² канд. техн. наук, проф., <https://orcid.org/0000-0001-7832-4222>

Хрутьба В. О.,² д-р. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-8121-2042>

¹ГС «Всесвітній фонд природи Україна», м. Київ, Україна

²Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ЕКОДУКІВ В ДОРОЖНЮ МЕРЕЖУ УКРАЇНИ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Анотація

Вступ. Одним із основоположних принципів сталого розвитку є передбачення та запобігання шкоди довкіллю, а також ліквідація наслідків і запобігання шкоди довкіллю, згідно з яким у випадку унеможливлення уникнути шкоди — збиток необхідно мінімізувати, стримати його поширення і якнайшвидше його усунути.

Проблематика. Фрагментація ландшафтів на відокремлені ділянки при будівництві автомобільних доріг створює одну з найбільших загроз для збереження біорізноманіття. Результатом зміни використання земель, зокрема, інтеграції дорожньої інфраструктури в ландшафт, є втрата та деградація ареалів існування, забруднення на прилеглих територіях, змінений мікроклімат і гідрологічні умови, посилення активності людини на суміжних територіях, смертність диких тварин на дорогах. Крім того автомобільні дороги створюють бар'єри для вільної міграції тварин, призводить до ізоляції популяції та значного скорочення чисельності тварин. У той самий час інтеграція національної транспортно-дорожньої мережі України в європейську вимагає вирішення цих проблем і влаштування екодуків (біопереходів) при будівництві нових чи реконструкції існуючих автомобільних доріг.

Отже, існує необхідність формування методичних підходів, які з урахуванням сучасних тенденцій та зарубіжного досвіду, забезпечать мінімізацію негативного впливу дорожньої інфраструктури на дику природу.

Мета. Імплементация екодуків, через які представники фауни можуть перетинати дороги без ризику смертності у дорожню інфраструктуру. Це дозволяє деяким особинам розширювати свої ареали та переміщуватися між секторами, в яких вони можуть отримати життєво необхідні ресурси, а також полегшує розповсюдження чи міграцію особин між різними популяційними центрами певного виду.

Матеріали та методи. Основними методами дослідження є застосування теоретичних загальнонаукових підходів для вивчення містобудівних об'єктів: аналіз і синтез міжнародних та вітчизняних науково-теоретичних робіт, документації ЄС (хартій, вимог до проектування), української нормативно-правової бази, літературних джерел; збір та аналіз статистичних даних для виявлення небезпеки впливу дорожньої інфраструктури на біорізноманіття та визначення цінності природного ландшафту території побудови екодуку.

Результати. Результатом роботи є основні положення методичних підходів та практичних рекомендацій, які з урахуванням інтеграції вимог дикої природи на етапі планування розвитку

дорожньої інфраструктури є найкращим і найпростішим способом розроблення рішень про кост-ефективність, що сприятиме дефрагментації середовищ існування видів і збереження біорізноманіття.

Висновки. Влаштування екодуків (біопереходів) для об'єктів дикої природи на автомагістралях України є одним з інструментів запобігання надмірної фрагментації ландшафту дорожньою інфраструктурою. При вірному проектуванні, плануванні, облаштуванні в необхідних місцях, урахуванні потреб всіх без виключення вразливих видів, органічному вплітанні у ландшафт вони сприяють дефрагментації ареалів, що в свою чергу сприяє їх релевантності. Ці споруди є елементами «зеленої інфраструктури», розширення якої рекомендується Директивою Європейського Союзу 92/43/ЄЕС від 21 травня 1992 «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори».

Ключові слова: автомобільна дорога, біорізноманіття, дорожня інфраструктура, екодук, ландшафт, фрагментація.

Вступ

Отримання екологічно стійкої дорожньої інфраструктури та пом'якшення несприятливих наслідків її діяльності для дикої природи передбачає цілісний підхід, який інтегрує економічні, соціальні й екологічні чинники ландшафту. Отже, одним із викликів для фахівців дорожньої галузі, проєктувальників автомобільних доріг, інженерів та екологів є розроблення необхідних інструментів для оцінки, попередження та пом'якшення наслідків дорожнього будівництва для екологічних систем, формування новітнього підходу до проектування автомобільних доріг, який поєднує інженерні та екологічні рішення щодо збереження біорізноманіття.

Пом'якшення наслідків фрагментації природних ареалів дорожньою інфраструктурою є відносно новим науковим напрямом, який потребує різностороннього аналізу. Це обумовлюється перш за все тим, що існують суттєві відмінності між країнами щодо культурного, політичного та наукового рівня розвитку дорожньої інфраструктури на місцевому, регіональному та національному рівнях. Рішення однієї країни може бути мало ефективним або недоцільним для іншої. Необхідно адаптовувати та пристосовувати заходи до географічного контексту, а також до конкретних потреб і можливостей місця розташування автомобільної дороги, знайти баланс між загальним рішенням, з одного боку, і детальними місцевими або регіональними, з іншого.

Щоб зберегти середовище існування дикої фауни та запобігти дорожньо-транспортним пригодам за участі тварин в транспортній інфраструктурі європейських країн, з'явився новий об'єкт — екодук (Кошлятий, 2018). Він є частиною більш широкого поняття — *wildlifecrossing* і є спеціально побудованою конструкцією, яка дозволяє тваринам, птахам і навіть комахам безпечно перетинати створені людиною технічні бар'єри. Таким чином, екодуки з'єднують середовища існування диких тварин і дозволяють уникати їх фрагментації.

Основна частина

Дорожня мережа поділяє природні середовища існування біоти на невеликі ділянки та створює бар'єри між ними. Фрагментація місць існування загрожує біорізноманіттю (Оселищна концепція, 2012), першочергово це впливає на мобільні види, на трав'яних тварини, на екологічні функції зоохорів, на міграційні процеси. Це може призвести до негативних наслідків, зокрема, невеликі ареали не зможуть підтримувати життєздатність популяції, фрагменти будуть настільки

ізолювані один від одного, що унеможливиться обмін генетичною інформацією між популяціями. Це, у свою чергу призведе до ізоляції відокремлених популяцій та підвищення вразливості видів (місцеве та регіональне вимирання). Саме тому, фрагментація середовища існування та її наслідки стали однією з найсерйозніших глобальних загроз біологічному різноманіттю.

Екодук є технічною спорудою (міст або тунель), яка побудована з метою забезпечити перехід тварин через автомобільну дорогу. Вони дозволяють зберегти єдність середовища існування тварин і знижують ймовірність їх появи на дорозі, що могло б призвести до дорожньо-транспортної транспортної пригоди (ДТП). Екодук вбудовується у природний ландшафт, екосистему, біоценоз, які об'єднані у єдину систему, для збереження потоків речовини, енергії та інформації для міграції тварин та забезпечення функції відтворення, динамічної рівноваги в умовах взаємодії соціосфери, біосфери та техносфери. До складу такої системи також входять штучні ландшафти, що мають особливу цінність для збереження біорізноманіття, підтримки геосистемного балансу та з погляду науки й естетики. Отже, головна роль екодуків — підтримка екологічного балансу, досягнення біогеоценотичної рівноваги та збереження біорізноманіття.

Основним принципом сталого розвитку транспортної інфраструктури є максимальне збереження природного ландшафту і виключення безпосередніх впливів дороги на середовище існування тварин [5]. Правильне трасування і проєктування доріг у місцях існування диких тварин неможливе без урахування їх етологічних особливостей. При проведенні інженерно-екологічних вишукувань необхідно розробляти ситуаційні схеми, на яких відображати шляхи міграції тварин. Залежно від виду тварини вони переміщуються поодиноці, невеликими групами або великими стадами, що необхідно враховувати при конструюванні спеціальних переходів для них.

У літературі наведено принципи проєктування і розміщення конструкцій мостових переходів для тварин (Jędrzejewski, 2006; ОДМ 218.6.023-2017; COST 341, 2003). У цілому, споруди для захисту дикої природи від дорожньої інфраструктури та зменшення фрагментації середовищ існування можна розділити на дві групи: споруди для безпосередньої дефрагментації, що забезпечують зв'язок між ареалами, які порушені дорожньою інфраструктурою (шляхопроводи, підземні переходи) та споруди, які забезпечують підвищення безпеки дорожнього руху. Однак, відмінність між групами споруд розмита, оскільки в кожному випадку наявні супутні негативні наслідки. Наприклад, огорожі є спорудами для зменшення кількості зіткнень тварин з автомобілями, водночас вони збільшують фрагментацію середовища. Отже, огорожі можуть розглядатися як міра пом'якшення роздрібненості лише в поєднанні з *wildlifecrossing*, які компенсують їх негативний бар'єрний ефект. Споруди, які спрямовані на зменшення смертності тварин, передбачають адаптацію інженерних споруд (водостоки, канали та яри поряд із дорогами), які можуть бути смертельними пастками, особливо для дрібних тварин. Модифікація інженерних споруд найчастіше зменшує бар'єрний ефект доріг, більшість з них не є дорогами, але можуть дефрагментувати природне середовище.

Екодуки розробляють спеціально для тварин, з іншого боку, шляхопроводи, мости, водостоки також можуть бути модифіковані для перетину автошляхів тваринами. Усі з'єднувальні елементи (тунелі, віадуки, потокові та річкові переходи, водостоки та проходи), розроблені спеціально для тварин розглядаються ізолювано, а повинні бути інтегровані в «концепцію проникності», для підтримання взаємодії всередині та між популяціями. Ця концепція підкреслює зв'язок між ареалами, принаймні, на регіональному рівні та враховує не лише дорожню інфраструктуру, а й шляхи міграції, розподіл місць існування та потенційних бар'єрів. Екодуки можна розглядати як невеликі, але важливі елементи, які використовуються для з'єднання фрагментів ландшафту

шляхом сприяння переміщенню тварин по транспортній інфраструктурі.

Основними пріоритетами для будівництва екодуків на автошляхах є:

- втрата місць існування тварин і значні негативні наслідки;
- смертність на дорогах і чутливість тварин до бар'єрів;
- погіршення загальної проникності ландшафту (особливо у сільській місцевості зв'язок між ареалами значно погіршується з розвитком інфраструктури).

Вибір найбільш оптимального типу проходу об'єктів фауни вимагає врахування ландшафту, місць існування та цільових видів. Все це необхідно оцінювати на місцевому, регіональному, національному та міжнародному рівнях як компонент оцінки впливу на довкілля. До прикладу, великий ландшафтний міст може бути єдиною спорудою для підтримання функціонального зв'язку, якщо міжнародно-важливий екокоридор переміщення ссавців перерізаний автомагістраллю. Натомість, невеликий водосток може бути достатнім для підтримки міграційного коридору для місцево важливої популяції земноводних.

Водночас, наявність лише однієї споруди в більшості випадків є недостатньо ефективним способом нівелювання наслідків фрагментації ареалів. Зазвичай, необхідний комплекс заходів, який вирішує проблеми як на конкретних ділянках автомобільної дороги, такі для дорожньої мережі в цілому. Комбінація різноманітних споруд, придатних для різних груп тварин, часто буває найкращим рішенням. Інженерний підхід частково визначається топографією, зокрема, на горбистій місцевості — надземні або підземні шляхи, тоді як на рівнинних ландшафтах підземні переходи побудувати простіше, якщо дозволяє рівень ґрунтових вод.

Вибір типу конструкції екодуку залежить від пов'язаних між собою місць існування та цільових видів. Перевагою надземних переходів є кращі умови для формування фітоценозів, що сприяє охопленню більш широкого спектру видів. Проте, якщо кліматичні умови посушливі, то для гідрофілів краще підходять підземні переходи. У ході моніторингових досліджень (COST 341, 2003) встановлено, що при близькому розміщенні переходів і проходів, лосі та олені віддають перевагу шляхопроводам, норні тварини — проходам.

Щільність розміщення біопереходів щодо забезпечення ефективного досягнення екологічних цілей, недостатньо вивчена, і потребує подальших досліджень. У переважній більшості, вибір місця влаштування переходів здійснюється на основі виявлення аварійно-небезпечних ділянок доріг (концентрації ДТП) і місць перетинів шляхів міграції з дорогою. Зазвичай перехід може розташовуватися над або під дорогою в заліснених територіях чи в цілісних природно-територіальних комплексах. Прийняття рішення щодо кількості та типу необхідних споруд залежить від видів та розподілу типів середовищ існування на даній території. Як орієнтир можна використовувати поведінку цільових видів. Площа міграції тварин обмежена навіть для рухливих видів, а для більшості безхребетних вона становить 200–300 м, для великих тварин селітебні зони можуть обмежувати цей діапазон. Отже, щільність розміщення екодуків є визначальним моментом прийняття рішень при плануванні цих споруд і має відповідати природному потенціалу місцевості.

Рекомендований крок встановлення біопереходу: для великих ссавців — 2 км, для середніх — 1 км, для дрібних — 0,5 км, для земноводних — 100 м (Drogі a srodowisko, Бобрун, 2015). Відстань між послідовно розміщеними переходами є величиною змінною від 1,5 км до 15 км (ОДМ218.6.023-2017), але не частіше, ніж через 3 км. В особливих випадках при певному поєднанні ландшафту, рельєфу місцевості і місць існування тварин інтервал між надземними переходами може становити 200–300 м, якщо неможливо чітко визначити переважаючу популяцію — інтервал 3 км. Інтервали між переходами залежать від виду тварин та природоохоронного статусу території:

природні заповідники 3–5 км (лось, олень), 1,5–2,5 км (косуля, кабан), 1 км (лисиця, заєць); національні парки 5–8 км (лось, олень), 2–4 км (косуля, кабан), 1 км (лисиця, заєць); природні парки 8–15 км (лось, олень), 3–5 км (косуля, кабан), державні заказники 5 км (косуля, кабан), пам'ятки природи — 1–3 км (лисиця, заєць).

Визначаючи частоту встановлення біопереходу, слід враховувати всі можливості для переходу тварин через дорожню інфраструктуру, включаючи вже існуючі. Загалом щільність екодуків має бути вищою у природних районах (ліси, водно-болотні угіддя та на територіях із традиційним землеробством), ніж у регіонах інтенсивного сільськогосподарського виробництва та щільно забудованих районах. У випадках, коли екодуки необхідні для підтримки загальної проникності ландшафту (у районах, де існує багато штучних бар'єрів через дорожню інфраструктуру або забудовані території), необхідно приймати інтегровані рішення з урахуванням усіх відкритих коридорів. У цілому при плануванні будівництва біопереходів або для формування рекомендацій щодо щільності їх влаштування, необхідно враховувати: фактичні та потенційні коридори розповсюдження та переміщення великих і середніх ссавців; провести ранжування значення регіонів; оцінити використання екодуків та етологію. На підставі отриманих даних здійснити категоризацію території для вразливих видів.

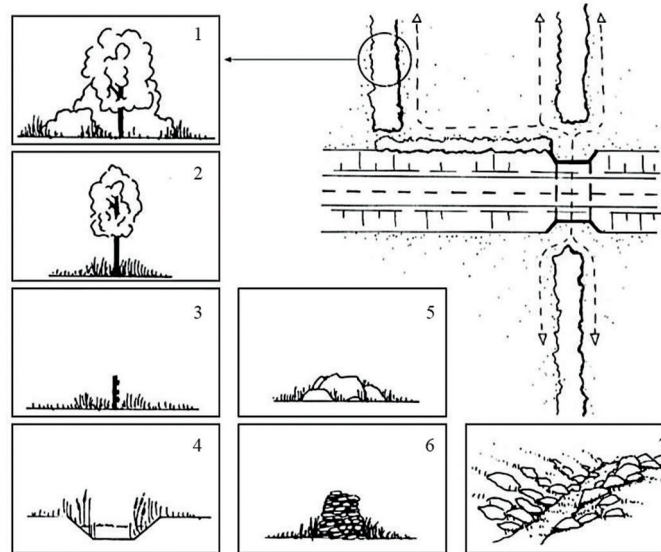
Місце розташування екодуків обґрунтовують на основі наявних даних щодо шляхів міграції тварин і розподілу ареалів видів. У місцях виявлення слідів існування тварин — якомога ближче до них. Найчастіше вивчення орографічних особливостей та ландшафтної структури може допомогти визначити ймовірні міграційні маршрути, зокрема, дно долини, струмки, живоплоти та густі ліси. Спеціальні методики дослідження дозволяють визначити коридори міграції тварин, наприклад, фото пастки, екскременти, сліди зубів тощо.

У випадку, якщо біоперехід будується з метою з'єднати/зв'язати фрагменти ландшафту, то він повинен забезпечувати сполучення з обох боків запланованої структури. Також необхідно враховувати вже існуючі бар'єри, щоб забезпечити доступ до біопереходу та суцесійні процеси на даній території та можливі кліматичні зміни. Перш за все при визначенні місця спорудження екодуків, необхідно оцінити і врахувати всі відомі «конфліктні точки». У випадку малої щільності розміщення біопереходів доцільно визначити додаткові місця їх розташування, враховуючи специфіку регіону.

Екодуки повинні відповідати існуючому ландшафту та зв'язувати фрагменти за допомогою «направляючих» структур, що збільшує ймовірність їх використання тваринами. Для цього необхідно усунути/пом'якшити бар'єри, що перешкоджають тваринам пересуватися. За наявності інших інфраструктурних елементів, необхідно забезпечити комплексний підхід до дефрагментації території.

Ефективність використання тваринами біопереходів залежить від орієнтації на вхід. В якості додаткових екологічних чинників рекомендовано використовувати лінійні структури, що їх спрямовують та забезпечують укриття (рис. 1).

У конфліктних зонах екопереходи забезпечують тісний зв'язок між біотопами, з метою охоплення достатньо великих територій або більшості популяцій (GreenBridges, 2018), що забезпечує збереження генофонду популяцій та відповідний рівень їх генетичної мінливості. Нарешті екодуки забезпечують форичні зв'язки у біоценозах, до прикладу, зоохори можуть розповсюджувати насіння рослин (консортивні взаємозв'язки).



1 — живопліт; 2 — ряд дерев; 3 — огорожа для великої рогатої худоби; 4 — канава;
5 — каміння; 6 — кам'яна стіна; 7 — невеликий струмок

Рисунок 1 — Додаткові екологічні чинники (лінійні структури) (за Oord 1995)

З метою нівелювання бар'єрного ефекту лісової зони на відкритій місцині, рекомендовано формувати фітоценоз вздовж або по діагоналі, ширина щілин 3–5 м. Велике значення має затінення території на переходах та у проходах, тому при проектуванні допоміжних споруд і підходів до екодуків необхідно враховувати сонячні та тіністі сторони. Деревя в силу аменсалізму значно затіняють територію, тому у кожному конкретному випадку вони розміщуються по-різному. А також в зоні досяжності тварин мають бути місця випадкового випасу (луки, пустки). Переважно використовують «мозаїчні конструкції» та зони проникнення.

Оскільки багато видів фауни уникають темряви, то на виході і на вході портал повинен достатньо освітлюватися. Ця вимога тісно корелює з наявністю рослинності в проходах, оскільки рослини переважно геліофіти. Отже, яскраво освітлені підземні проходи з постійним фітоценозом — найкращі для переходу тварин. Рекомендовано насипи біля екодуків очищати від дерев і відсипати із субстрату з низьким вмістом поживних речовин. Наявність кущів, заростей не повинна затіняти проходи. За необхідності ширина полоси трав'янистої рослинності в середині проходу або на вузьких мостах може бути збільшена. У деяких випадках доречні отвори для невеликих тварин у захисних стінах (отвори біля землі, у заглибленнях), як наприклад гравійні габіони, які проєктуються так, щоб були проникними для дрібних тварин. Захист від подразнення об стіни, якщо вони мають шершаву поверхню (дошки з корою) також може слугувати елементом життєвого простору тварин.

У деяких випадках під біопереходи можуть бути пристосовані існуючі інженерні споруди. Це можуть бути два потоки руху, наприклад, одна дорога, що перетинає іншу з естакадою. Дорожні мости або водостоки здебільшого не використовуються тваринами для перетину дороги оскільки вони не забезпечують відповідність вимогам фауни. Однак, за умови врахування потреб тварин, їх можна адаптувати. Такі шляхи, що поєднують потоки фауни та дорожнього руху або фауни та води, називаються проходами спільного користування.

Для віадуків та інших великих споруд часто потрібна незначна адаптація, щоб вони були справжньою альтернативою для конкретних видів. Модифіковані структури можуть допомогти підвищити проникність інфраструктури за невеликих додаткових витрат.

Багато дизайнерських рішень, що стосуються конкретних проходів для представників фауни застосовуються і для модифікованих та спільних проходів. Потрібно знати як екологічні, так і технічні вимоги та визначати можливі конфлікти. Більші розміри конструкцій полегшують їх спільне використання. Пониження кількості руху постійно або в певний час (наприклад, вночі) може збільшити їх використання тваринами. Однак, антропогенний потік (рух транспорту) та природний потік (міграція тварин), за можливості, повинні бути максимально розділені.

Отже, плануючи адаптаційні заходи для існуючої інфраструктури, необхідно враховувати вищезазначені загальні принципи, а не лише конкретну місцеву ситуацію. Особливо це стосується випадків, коли встановлюються огорожі для зменшення кількості зіткнень транспортних засобів з тваринами. Оскільки огорожі посилюють бар'єрний ефект, їх не доцільно встановлювати без супутніх заходів. У цілому, принципи роботи з існуючою дорожньою інфраструктурою можна узагальнити таким чином:

- будівництво нових інженерних дорожніх конструкцій може бути дорожчим, але більш ефективним;
- адаптація існуючих інженерних споруд є дешевшою, проте не завжди є оптимальним рішенням;
- велика кількість адаптованих споруд в деяких випадках може дати кращі результати, ніж будівництво одного нового конкретного біопроходу за тією ж ціною;
- модифікація існуючих споруд може значно покращити ситуацію.

Висновки

Екодуки (біопереходи) для дикої природи є одним із інструментів запобігання надмірної фрагментації ландшафту дорожньою інфраструктурою. При вірному плануванні, облаштуванні в необхідних місцях, урахуванні потреб всіх без виключення вразливих видів (від жуків до оленів), органічному вплітанні у ландшафт, вони сприяють дефрагментації ареалів, що в свою чергу сприяє їх релевантності. Отже, ці заходи забезпечують збереження біорізноманіття та відповідають положенням, відображеним у Директиві Європейського Союзу 92/43/ЄЕС від 21 травня 1992 «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори» та є елементами «зеленої інфраструктури», розширення якої рекомендується Європейським Союзом.

Список літератури

1. Бобрун Н.В. Принципи розвитку територій в зонах впливу міжнародних транспортних коридорів: дис. ... канд. архітектури. Львів, 2015. 232 с.
2. Кошлатий О.Б. Екодуки – переходи для диких тварин. *Екологічний вісник*. Київ, 2018. № 2 (108). С. 10–12. URL: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/3831> (дата звернення: 09.04.2020).
3. ОДМ 218.6.023-2017 Методические рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках пересечения с автомобильными дорогами путей миграции животных. Москва, 2017. 37 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456090606> (дата звернення: 10.08.2019) (Інформація та документація).
4. Проць Б.Г., Кагало О.О. Оселищна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу. Львів, 2012. 278 с. URL: https://hd_manual_eu_documents_1_.pdf (дата звернення: 08.04.2020).

5. Трофименко Ю.В. Защита животных от негативного воздействия автомобильных дорог. *Наука и техника в дорожной отрасли*. Москва, 2011. № 1. URL: http://lib.madi.ru/nitdo/pdf/nitdo_2011_1.pdf (дата звернення: 30.08.2019).
6. COST 341 Habitat Fragmentati on due to Transportation Infrastructure Wild life and traffica European Hand book for Identifying Conflicts and Designing Solutions, URL: <https://handbookwildlifetraffic.info/handbook-wildlife-traffic/> (дата звернення: 09.04.2020).
7. Drogi a srodowisko. URL: <http://siskom.waw.pl/nauka-srodowisko.htm> (дата звернення: 20.08.2019).
8. Green Bridges, Wild life Tunnels and Fauna Culverts The Biodiversity Approach. URL: https://handbookwildlifetraffic.info/wp-content/uploads/2018/01/Fauna-Passages_BiodiversityApproach_English-German_Version_of_Skipten465-2.pdf (дата звернення: 09.04.2020).
9. Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R. W., Stachura K., Zawadzka B. Zwierzęta a drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt. Białowieża, 2006. 94 p. URL: <https://ibs.bialowieza.pl/sprzedaz-ksiazek/zwierzeta-a-drogi-metody-ograniczania-negatywnego-wplywu-drog-na-populacje-dzikich-zwierzat> (дата звернення: 20.08.2019).

References

1. Bobrun N.V. Pryntsypy rozvytku terytorii v zonakh vplyvu mizhnarodnykh transportnykh korydoriv (Principles of development of territories in the zones of influence of international transport corridors). PhD. Lviv, 2015. 232 p. [in Ukrainian].
2. Koshlatyi O.B. Ekoduky – perekhody dlia dykykh tvaryn. *Ekolohichnyi visnyk*. Kyiv, 2018. N 2 (108). P. 10–12. URL: <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/3831> (Last accessed: 09.04.2020) [in Ukrainian].
3. ODM 218.6.023-2017 Metodycheskye rekomendatsyy po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnoho dvyzheniya na uchastkakh peresecheniya s avtomobyl'nyy dorohamy putei myhratsyy zhyvotnykh (Guidelines for Traffic Control and Safety Barriers at Road Construction Sites). Moscow, 2017. 37 p. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456090606> (Last accessed: 10.08.2019) [in Russian].
4. Kahalo O.O., Prots B.H. Oselyshchna kontseptsii zberezhennia bioriznomanittia: bazovi dokumenty Yevropeiskoho Soiuzu (Habitat concept of biodiversity conservation: basic documents of the European Union). Lviv, 2012. 278 p. URL: https://hd_manual_eu_documents_1_.pdf (Last accessed: 08.04.2020) [in Ukrainian].
5. Trofymenko Yu.V. Zashchyta zhyvotnykh ot nehatyvnoho vozdeistviya avtomobyl'nykh doroh. *Наука і техніка в дорожній отраслі*. Москва, 2011. N 1. URL: http://lib.madi.ru/nitdo/pdf/nitdo_2011_1.pdf (Last accessed: 30.08.2019) [in Russian].
6. COST 341 Habitat Fragmentati on due to Transportation Infrastructure Wild life and traffica European Hand book for Identifying Conflicts and Designing Solutions URL: <https://handbookwildlifetraffic.info/handbook-wildlife-traffic/> (Last accessed: 09.04.2020) [in English].
7. Drogi a srodowisko. URL: <http://siskom.waw.pl/nauka-srodowisko.htm> (Last accessed: 20.08.2019) [in Polish].
8. Green Bridges, Wild life Tunnels and Fauna Culverts The Biodiversity Approach URL: https://handbookwildlifetraffic.info/wp-content/uploads/2018/01/Fauna-Passages_BiodiversityApproach_English-German_Version_of_Skipten465-2.pdf (Last accessed: 09.04.2020) [in English].
9. Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R. W., Stachura K., Zawadzka B. Zwierzęta a drogi Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt. Bilovezha, 2006. 94 p. URL: <https://ibs.bialowieza.pl/sprzedaz-ksiazek/zwierzeta-a-drogi-metody-ograniczania-negatywnego-wplywu-drog-na-populacje-dzikich-zwierzat> (Last accessed: 20.08.2019) [in Polish].

Svitlana Matus,¹ *Environmental Policy Coordinator*, <https://orcid.org/0000-0003-3678-0283>

Anatolii Morozov,² *Postgraduate*, <https://orcid.org/0000-0001-5596-6193>

Tetiana Morozova,² *Ph.D., Associate Prof.*, <https://orcid.org/0000-0003-4836-1035>

Inessa Rutkovska,² *Ph.D., Prof.*, <https://orcid.org/0000-0001-7832-4222>

Viktoriia Khrutba,² *D.Sc., Associate Prof.*, <https://orcid.org/0000-0002-8121-2042>

¹ *Global Fund for Nature Ukraine, Kyiv, Ukraine*

² *National Transport University, Kyiv, Ukraine*

INTEGRATION OF ECODUQUES IN ROAD NETWORK OF UKRAINE FOR BIODIVERSITY CONSERVATION

Abstract

Introduction. One of the fundamental environmental principles — prevention and remedy of environmental damage. According to the principle, in case if the environmental damage cannot be eliminated, it should be mitigated (or *minimized*), restrained and eliminated as soon as possible.

Problem statement. Landscape fragmentation is one of the biggest threats to biodiversity conservation. It is the result of a change in land use, in particular the integration of transport infrastructure into the landscape, that leads to loss and degradation of habitats, pollution, changed microclimate and hydrological conditions, increased human activity in adjacent territories, animal mortality (or *kills*) on roads. In addition, roads create barriers that can isolate (*wildlife*) populations and lead to significant reduction in numbers of wildlife populations. Thus, there is a need for analysis of methodological approaches that, with taking into account current trends and foreign experience, will minimize the anthropopressing (or *negative impact*) of transport infrastructure on the wildlife.

Purpose. Implementation of ecoducts in transport infrastructure through which fauna can cross roads without risk of killing (*або mortality*). This allows some representatives of fauna to expand their areas and move between sectors where they can obtain vital necessary resources, and also supports the distribution and migration of individuals between different population centers.

Materials and methods. The main research methods are the application of theoretical general scientific approaches for the study of urban development objects: analysis and synthesis of international and domestic scientific and theoretical works, EU documentation (charters, design requirements), Ukrainian regulatory framework, literary sources; collecting and analyzing statistics to identify the dangers of the impact of road infrastructure on biodiversity and to determine the value of the natural landscape of an eco-education area.

Results. The results of the work are the main methodological approaches and practical recommendations. They are, if we consider the integration of wildlife requirements at the planning stage of infrastructure development, — the best and easiest way to develop cost-effectiveness solutions. This will contribute to the defragmentation of habitats and biodiversity conservation.

Conclusion. Ecoducts (wildlife crossing) are one of the tools to prevent excessive landscape fragmentation caused by transport infrastructure. They contribute to defragmentation of habitats in case of correct planning, installation in the right places, considering the needs of all vulnerable species, organic interference in the landscape. All this in turn contributes to their relevance. The measures are the elements of green infrastructure, the extension of which is recommended by the European Union.

Keywords: road, biodiversity, landscape fragmentation, transport infrastructure, ecoduct, landscape, fragmentation.