

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Факультет гідрометеорології і екології
Кафедра екології та охорони довкілля

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА
РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF ROAD BUILDING
AND RECONSTRUCTION**

Виконав: здобувач денної форми навчання
спеціальності 183- Технології захисту навколишнього
середовища

Освітньо-професійна програма Технології захисту
навколишнього середовища

Трачук Валерій Євгенійович
(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник к.х.н. Вовкодав Г.М.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к. геогр. н., доц. Пилип'юк В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
екології та охорони довкілля
№ 9 від 27.05. 2025 р.

Завідувач кафедри
Ангеліна ЧУГАЙ
(підпис) (прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № ____
протокол № __ від ____ . ____ .20 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2025

АНОТАЦІЯ

Трачук В. Є. Оцінка впливу на довкілля будівництва та реконструкції автомобільних доріг

Актуальність теми. Реконструкція та будівництво автомобільних доріг є важливими елементами розвитку транспортної інфраструктури, що сприяють економічному зростанню та підвищенню мобільності населення. Одним із ключових транспортних коридорів України є траса Київ – Чоп (М-06), яка є частиною міжнародного транспортного маршруту, що з'єднує столицю країни із західним кордоном. Враховуючи її стратегічне значення, впродовж останніх років проводяться масштабні роботи з її реконструкції та модернізації. У зв'язку з цим актуальним є аналіз екологічних наслідків реконструкції цієї траси, оцінка рівня змін у забрудненні природних компонентів довкілля та розробка ефективних заходів із зниження негативного впливу.

Об'єктом дослідження є екологічні наслідки реконструкції автомобільних доріг, зокрема траси Київ – Чоп (М-06).

Предметом дослідження є вплив реконструкції та експлуатації дороги на якість атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, рівень шумового забруднення та біорізноманіття, а також можливі заходи щодо мінімізації цього впливу.

Мета дослідження – оцінити вплив реконструкції траси Київ – Чоп на навколишнє середовище.

Результати досліджень ході дослідження було встановлено, що реконструкція автомобільних доріг, зокрема траси Київ – Чоп, має значний вплив на довкілля, що проявляється у зміні якості атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, рівня шумового забруднення та стану біорізноманіття. Основними екологічними наслідками реконструкції стали збільшення викидів забруднюючих речовин, підвищення рівня шуму, деградація земельних ресурсів та забруднення водних об'єктів внаслідок стоку з дорожнього покриття.

Теоретичне та практичне значення. Отримані результати можуть бути використані при плануванні заходів екологічного контролю під час реконструкції автодоріг, розробці стратегій мінімізації впливу транспортної інфраструктури на довкілля, а також для вдосконалення екологічного моніторингу у зонах інтенсивного дорожнього руху.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань (30 найменувань). Робота містить 3 рисунка, 47 таблиць. Загальний обсяг роботи – 74 сторінки.

Ключові слова: траса, будівництво, реконструкція, навколишнє середовище .

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ДОВКІЛЛЯ.....	7
1.1 Вплив автомобільних доріг на довкілля: загальні аспекти.....	7
1.2 Основні джерела забруднення навколишнього середовища під час будівництва та реконструкції доріг.....	13
1.3 Нормативно-правове регулювання оцінки впливу автомобільних доріг на довкілля...?	18
2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРАСИ КИЇВ – ЧОП (М-06) НА ДОВКІЛЛЯ.....	25
2.1 Аналіз екологічних ризиків та факторів впливу під час реконструкції доріг.....	25
2.2 Методи оцінки викидів забруднюючих речовин та шумового впливу.....	32
2.3. Вплив реконструкції траси Київ – Чоп (М-06) на водні ресурси та грунти.....	38
3 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРАСИ КИЇВ – ЧОП (М-06) ТА ШЛЯХИ ЙОГО МІНІМІЗАЦІЇ.....	46
3.1. Оцінка поточного екологічного стану траси Київ – Чоп (М-06).....	46
3.2 Розрахунок впливу реконструкції на повітря, воду, ґрунти та рівень шуму.....	53
3.3 Заходи щодо зменшення негативного впливу реконструкції на довкілля.....	60
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72

ВСТУП

Реконструкція та будівництво автомобільних доріг є важливими елементами розвитку транспортної інфраструктури, що сприяють економічному зростанню та підвищенню мобільності населення. Однак ці процеси мають значний вплив на навколишнє середовище, оскільки супроводжуються збільшенням викидів шкідливих речовин у повітря, погіршенням якості водних ресурсів, деградацією ґрунтів, шумовим забрудненням та змінами в екосистемах. В умовах глобальних екологічних викликів та посилення природоохоронних стандартів особливого значення набуває оцінка впливу реконструкції доріг на довкілля та розробка заходів щодо мінімізації цього впливу.

Одним із ключових транспортних коридорів України є траса Київ – Чоп (М-06), яка є частиною міжнародного транспортного маршруту, що з'єднує столицю країни із західним кордоном. Враховуючи її стратегічне значення, впродовж останніх років проводяться масштабні роботи з її реконструкції та модернізації. У зв'язку з цим актуальним є аналіз екологічних наслідків реконструкції цієї траси, оцінка рівня змін у забрудненні природних компонентів довкілля та розробка ефективних заходів із зниження негативного впливу.

Вплив транспортної інфраструктури на довкілля є важливою проблемою сучасної екологічної політики. Автомобільні дороги не лише полегшують пересування, але й сприяють антропогенному навантаженню на природні системи. У процесі будівництва та експлуатації трас спостерігається збільшення концентрації забруднюючих речовин у повітрі, погіршення якості водних ресурсів через стік забруднених речовин, а також деградація ґрунтового покриву внаслідок механічного ущільнення та накопичення важких металів.

Реконструкція траси Київ – Чоп пов'язана зі збільшенням інтенсивності руху транспорту, що може призвести до зростання рівня шумового

забруднення та перевищення екологічно допустимих норм шкідливих викидів. З огляду на це, необхідним є комплексний аналіз екологічних ризиків, що супроводжують реконструкцію, а також визначення ефективних методів зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження є екологічні наслідки реконструкції автомобільних доріг, зокрема траси Київ – Чоп (М-06).

Предметом дослідження є вплив реконструкції та експлуатації дороги на якість атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, рівень шумового забруднення та біорізноманіття, а також можливі заходи щодо мінімізації цього впливу.

Мета дослідження – оцінити вплив реконструкції траси Київ – Чоп на навколишнє середовище, проаналізувати рівень змін у екологічних параметрах після реконструкції та розробити заходи для зменшення негативного впливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Проаналізувати основні екологічні проблеми, пов'язані з будівництвом та експлуатацією автомобільних доріг.

Дослідити основні джерела забруднення довкілля під час реконструкції трас та охарактеризувати їх вплив на навколишнє середовище.

Провести оцінку змін у рівні забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів у зоні впливу реконструйованої траси Київ – Чоп.

Визначити фактори ризику для населених пунктів, розташованих уздовж магістралі.

Розрахувати рівень шумового забруднення та його вплив на здоров'я населення.

Оцінити можливі заходи щодо використання екологічно чистих матеріалів та технологій у дорожньому будівництві.

Запропонувати ефективні методи мінімізації викидів шкідливих речовин у довкілля та впровадження заходів шумозахисту.

У процесі виконання роботи використано такі методи дослідження:

Аналіз наукової літератури та нормативних документів – для вивчення впливу дорожньої інфраструктури на довкілля та можливих методів екологічного захисту.

Математичне моделювання – для оцінки змін у концентрації забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунтах до і після реконструкції.

Експериментальний аналіз – оцінка рівня шумового забруднення та викидів шкідливих речовин.

Методи картографічного аналізу – для візуалізації зон впливу транспортної інфраструктури на довкілля.

Статистичні методи – для обробки даних щодо рівня забруднення та екологічних наслідків реконструкції.

Дослідження пропонує комплексний підхід до оцінки впливу реконструкції автомобільних доріг на довкілля. Новизна роботи полягає в систематизації даних про забруднення після реконструкції траси Київ – Чоп, використанні сучасних методів оцінки екологічного стану та обґрунтуванні ефективних заходів щодо шумозахисту та зменшення шкідливих викидів.

Отримані результати можуть бути використані при плануванні заходів екологічного контролю під час реконструкції автодоріг, розробці стратегій мінімізації впливу транспортної інфраструктури на довкілля, а також для вдосконалення екологічного моніторингу у зонах інтенсивного дорожнього руху.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ДОВКІЛЛЯ

1.1 Вплив автомобільних доріг на довкілля: загальні аспекти

Будівництво автомобільних доріг є важливим інфраструктурним процесом, що сприяє економічному розвитку регіонів, підвищенню мобільності населення та покращенню транспортного сполучення. Проте цей процес супроводжується низкою негативних екологічних наслідків, що впливають на навколишнє середовище на всіх етапах реалізації дорожніх проектів. Основні екологічні проблеми, пов'язані з будівництвом доріг, охоплюють забруднення атмосферного повітря, деградацію ґрунтів, порушення гідрологічного режиму місцевості, зміну ландшафту, втрату біорізноманіття, підвищення рівня шумового забруднення та негативний вплив на кліматичні умови.

Однією з найсуттєвіших екологічних проблем при будівництві доріг є забруднення атмосферного повітря. Під час будівельних робіт відбувається інтенсивне використання важкої техніки, що працює на дизельному паливі та виділяє значні обсяги викидів шкідливих речовин, таких як оксиди азоту, діоксид сірки, вуглекислий газ, тверді частинки (зокрема, пил PM10 і PM2,5) та леткі органічні сполуки. Крім того, в процесі будівництва використовується велика кількість сипучих матеріалів (щебінь, пісок, цемент), що сприяє утворенню пилу. Дорожні покриття, особливо асфальтобетонні, виділяють токсичні випари в процесі укладання та експлуатації, що додатково погіршує якість повітря. Викиди шкідливих речовин не тільки сприяють забрудненню навколишнього середовища, а й негативно впливають на здоров'я людей, спричиняючи захворювання дихальних шляхів, серцево-судинні проблеми та онкологічні ризики [1].

Другою важливою проблемою є деградація ґрунтів, що відбувається внаслідок механічного впливу будівельної техніки, розробки кар'єрів для

видобутку матеріалів, а також зміни рельєфу місцевості. У процесі будівництва часто знімається верхній родючий шар ґрунту, який надалі не відновлюється, що призводить до зниження продуктивності земель. Крім того, хімічні реагенти, що використовуються для зниження запиленості та зміцнення дорожнього покриття, можуть проникати в ґрунт, викликаючи його засолення та забруднення важкими металами. На ділянках, де проходить будівництво доріг, також підвищується ризик ерозії ґрунтів, особливо в умовах сильних опадів, що може призвести до замулення водних об'єктів і зміни їх гідрологічного режиму.

Будівництво автомобільних доріг також чинить значний вплив на водні ресурси. Насамперед це стосується змін у поверхневому та підземному стоку води через порушення природного рельєфу місцевості. Укладання дорожнього полотна змінює гідрологічні умови, оскільки значні площі вкриваються непроникними матеріалами, що перешкоджають природному дренажу. Це може призвести до підвищення ризику підтоплень у прилеглих районах або, навпаки, до зменшення водопостачання певних територій через зміни у водному балансі. Крім того, під час будівництва та експлуатації доріг у водойми потрапляють нафтопродукти, важкі метали, антифризи та інші хімічні речовини, що негативно впливають на водну екосистему, спричиняючи загибель водних організмів і порушення харчових ланцюгів [2].

Ще одним важливим наслідком будівництва доріг є фрагментація природних екосистем та втрата біорізноманіття. Дорожня інфраструктура часто прокладається через ліси, степові угіддя, річкові долини та інші природні території, що призводить до скорочення місць проживання диких тварин і руйнування екосистем. Розвиток транспортної мережі сприяє розриву міграційних шляхів тварин, що може стати причиною зменшення їх популяцій. Крім того, інтенсивний рух транспорту сприяє збільшенню кількості дорожньо-транспортних пригод за участю диких тварин, що призводить до загибелі багатьох видів. Забруднення довкілля викидами автомобільного транспорту та шумовий вплив також негативно впливають на

поведінку та фізіологічний стан тварин, змушуючи їх змінювати свої звички та середовище існування.

Шумове забруднення є ще одним серйозним екологічним викликом, пов'язаним із будівництвом і експлуатацією доріг. Під час виконання будівельних робіт рівень шуму може перевищувати допустимі норми, що негативно впливає на стан здоров'я людей, які проживають у зоні будівництва. Високий рівень шуму сприяє підвищенню рівня стресу, виникненню нервових розладів, зниженню працездатності та порушенню сну. Після завершення будівництва шумове навантаження залишається високим через інтенсивний рух транспорту, особливо в нічний час. Це створює значний дискомфорт для мешканців прилеглих територій і може негативно впливати на фауну, зокрема на птахів і ссавців, які використовують звуки для комунікації та орієнтації в просторі.

Будівництво та експлуатація автомобільних доріг також сприяють зміні мікроклімату територій. Через заміну природного покриву асфальтом і бетоном змінюється тепловий баланс місцевості, що може сприяти формуванню так званого «ефекту міського теплового острова», коли температура в зоні дороги значно вища, ніж у навколишніх природних екосистемах. Це може призводити до змін у локальних кліматичних умовах, зменшення вологості повітря та збільшення частоти посух.

Отже, будівництво автомобільних доріг має значний вплив на довкілля, включаючи забруднення повітря, деградацію ґрунтів, зміну гідрологічного режиму, втрату біорізноманіття, шумове навантаження та кліматичні зміни. Усі ці фактори вимагають ретельного екологічного аналізу та розробки заходів мінімізації негативного впливу під час реалізації дорожніх проектів [3].

Експлуатація автомобільних доріг відіграє важливу роль у забезпеченні транспортного сполучення, економічного розвитку та мобільності населення. Проте вона також супроводжується значним впливом на довкілля, який проявляється у забрудненні атмосферного повітря, деградації ґрунтів, зміні

водного балансу, шумовому забрудненні, втраті біорізноманіття та кліматичних змінах. Ці наслідки можуть мати як локальний, так і глобальний характер, і їх інтенсивність залежить від рівня транспортного навантаження, якості дорожнього покриття, інфраструктури придорожньої зони та ефективності екологічних заходів.

Однією з найсуттєвіших проблем, пов'язаних з експлуатацією автомобільних доріг, є забруднення атмосферного повітря. Автомобільний транспорт є одним з основних джерел викидів забруднюючих речовин, включаючи оксиди азоту, оксид вуглецю, діоксид сірки, вуглеводні, тверді частинки (PM10, PM2,5) та важкі метали. Ці речовини мають негативний вплив як на навколишнє середовище, так і на здоров'я людини. Високий рівень забруднення повітря вздовж автомобільних доріг сприяє розвитку респіраторних захворювань, серцево-судинних хвороб, підвищенню ризику онкологічних захворювань та загальному погіршенню якості життя населення. Найбільша концентрація шкідливих речовин спостерігається в місцях інтенсивного руху, особливо в мегаполісах, де значна кількість транспортних засобів працює на бензинових і дизельних двигунах. Крім того, автомобільні викиди сприяють утворенню фотохімічного смогу, який особливо небезпечний у теплі місяці року.

Другою серйозною екологічною проблемою є забруднення ґрунтів та водних ресурсів. У процесі експлуатації автомобільних доріг на дорожнє покриття потрапляють нафтопродукти, важкі метали (свинець, кадмій, нікель, мідь, цинк), залишки шин, гальмівних колодок та інші шкідливі речовини. Під час опадів ці забруднювачі змиваються дощовими та талими водами, проникаючи в ґрунт і потрапляючи у водойми. Це може спричинити накопичення токсичних речовин у поверхневих і підземних водах, що загрожує питним водопостачанням та життєдіяльності водних організмів. Деградація ґрунтів також відбувається через механічне навантаження на придорожні території, що спричиняє їхнє ущільнення, втрату родючості та ерозійні процеси. У місцях інтенсивного руху автомобільного транспорту

спостерігається значне засолення ґрунтів, особливо в зимовий період, коли дорожні служби використовують реагенти для боротьби з ожеледицею.

Вплив автомобільних доріг на водні ресурси проявляється не лише у забрудненні, а й у зміні гідрологічного режиму території. Внаслідок прокладання доріг змінюється природний рельєф, що може призводити до зміни напрямку та швидкості поверхневого стоку. Це, у свою чергу, впливає на рівень ґрунтових вод, сприяє підтопленню або, навпаки, осушенню певних територій. Крім того, велика площа дорожнього покриття, що не пропускає вологу, спричиняє збільшення інтенсивності стоку дощових вод, що може призводити до паводків та замулення річок. Негативні наслідки мають також штучні бар'єри у вигляді насипів та розв'язок, які порушують природну циркуляцію води.

Однією з найбільш очевидних проблем експлуатації автомобільних доріг є шумове забруднення. Постійний рух транспортних засобів, особливо важкого вантажного транспорту, спричиняє значний акустичний вплив, що негативно позначається на здоров'ї людей, тваринному світі та загальному комфорті життєдіяльності. Тривале перебування в умовах підвищеного шуму може спричиняти підвищену втому, нервові розлади, погіршення сну, зниження концентрації уваги та підвищення рівня стресу. Для диких тварин шумове забруднення може мати ще серйозніші наслідки, оскільки воно порушує їхню природну поведінку, спілкування та процеси міграції. Високий рівень шуму негативно впливає на птахів, змушуючи їх змінювати місця гніздування, а також на ссавців, які використовують звукові сигнали для орієнтації у просторі та пошуку їжі [4].

Фрагментація природних екосистем є ще однією серйозною екологічною проблемою, пов'язаною з експлуатацією автомобільних доріг. Дорожні магістралі розділяють природні території на ізольовані ділянки, що обмежує переміщення диких тварин, скорочує площу їхнього проживання та може призводити до генетичної ізоляції популяцій. Наслідком цього стає зменшення чисельності багатьох видів, зміни у харчових ланцюгах та

загальне зниження біорізноманіття. Одним із негативних аспектів є також збільшення кількості випадків загибелі тварин під колесами автомобілів, що особливо актуально для регіонів із високою щільністю транспортного потоку.

Окрему увагу слід приділити впливу автомобільного транспорту на глобальні кліматичні зміни. Викиди парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4) та оксидів азоту (N_2O), сприяють посиленню парникового ефекту, що веде до глобального потепління. Автомобільний транспорт є одним із найбільших джерел викидів CO_2 , і його вплив на зміну клімату постійно зростає через збільшення кількості транспортних засобів. Зміни клімату, у свою чергу, впливають на екосистеми, підвищують частоту екстремальних погодних явищ, таких як посухи, урагани та повені, що може мати катастрофічні наслідки для природного середовища та людських спільнот.

Таким чином, експлуатація автомобільних доріг має комплексний негативний вплив на довкілля, що проявляється у забрудненні повітря, деградації ґрунтів, зміні водного балансу, шумовому забрудненні, фрагментації екосистем та глобальних кліматичних змінах. Вирішення цих проблем потребує запровадження ефективних екологічних заходів, включаючи розвиток альтернативних транспортних систем, використання екологічно чистих технологій у дорожньому будівництві, запровадження шумозахисних бар'єрів, очищення зливових вод та розширення зелених зон уздовж магістралей. Лише комплексний підхід до управління дорожньою інфраструктурою дозволить мінімізувати її негативний вплив на довкілля та забезпечити сталий розвиток транспортної системи [5].

1.2 Основні джерела забруднення навколишнього середовища під час будівництва та реконструкції доріг

Будівництво та експлуатація автомобільних доріг є одними з основних джерел забруднення атмосферного повітря. У процесі дорожнього будівництва та подальшої експлуатації транспортна діяльність призводить до викидів значної кількості шкідливих речовин, які мають як локальний, так і глобальний вплив на навколишнє середовище. Забруднення повітря відбувається через діяльність будівельної техніки, використання матеріалів для дорожнього покриття, експлуатацію транспортних засобів та природні процеси руйнування дорожніх покриттів. Викиди шкідливих речовин спричиняють погіршення якості повітря, що негативно впливає на здоров'я людей, біорізноманіття, стан водних ресурсів і навіть зміну клімату. Основними забруднюючими речовинами, які виділяються в повітря під час будівництва та експлуатації доріг, є оксиди азоту, оксиди сірки, чадний газ, вуглеводні, тверді частинки, важкі метали та парникові гази [6].

На етапі будівництва доріг найбільш інтенсивні викиди відбуваються через роботу будівельної техніки, перевезення будівельних матеріалів, земляні роботи та процеси укладання дорожнього покриття. Важка техніка, така як екскаватори, грейдери, асфальтоукладальники, самоскиди та бульдозери, працює переважно на дизельному паливі, викидаючи значну кількість оксидів азоту, чадного газу, твердих частинок та сажі. Дизельні двигуни є одними з основних джерел викидів дрібнодисперсних твердих частинок (PM10, PM2,5), які можуть проникати глибоко в дихальну систему людини, викликаючи серйозні респіраторні та серцево-судинні захворювання. Крім того, оксиди азоту та діоксид сірки, що виділяються при спалюванні пального, вступають у реакцію з атмосферною вологою, утворюючи кислотні опади, які негативно впливають на рослинність, ґрунти та водойми.

Значна частина забруднюючих речовин потрапляє в атмосферу під час підготовчих земляних робіт. Розробка ґрунту, переміщення порід, виїмка кар'єрів для добування щебню, піску та інших будівельних матеріалів супроводжуються інтенсивним утворенням пилу. Пилові частинки можуть містити кремнезем, важкі метали та інші токсичні компоненти, що негативно впливають на якість повітря. Особливо небезпечним є пил, що містить важкі метали, оскільки такі частинки можуть накопичуватися в організмі та викликати хронічні захворювання. Викиди пилу також погіршують видимість на будівельних майданчиках, що підвищує ризик аварій та травматизму.

Укладання дорожнього покриття супроводжується виділенням летких органічних сполук у повітря. Асфальтобетон, що використовується для покриття доріг, містить нафтові продукти, які при нагріванні випаровуються, утворюючи токсичні речовини, що можуть мати канцерогенний ефект. У процесі укладання та ущільнення асфальту в повітря потрапляють поліциклічні ароматичні вуглеводні, які є одними з найнебезпечніших забруднювачів, оскільки вони мають здатність накопичуватися в живих організмах та викликати мутагенні зміни на клітинному рівні.

Після завершення будівництва основним джерелом забруднення повітря стає транспорт, що рухається дорогою. Автомобільний транспорт є найбільшим джерелом оксидів азоту, оксидів сірки, чадного газу, твердих частинок та вуглеводнів. Найбільшу небезпеку становлять транспортні засоби з бензиновими та дизельними двигунами внутрішнього згоряння, оскільки вони виробляють величезні обсяги шкідливих викидів у процесі спалювання пального. Оксиди азоту сприяють утворенню приземного озону, який є однією з основних складових фотохімічного смогу. Озон на рівні земної поверхні є сильним окисником, що негативно впливає на дихальну систему людини, викликає подразнення очей, горла та сприяє розвитку бронхолегеневих захворювань.

Ще одним небезпечним наслідком експлуатації доріг є виділення важких металів у повітря. Знос гальмівних колодок та шин спричиняє

потрапляння в атмосферу свинцю, кадмію, міді, цинку та інших токсичних елементів. Ці метали осідають на дорожньому покритті, потрапляють у ґрунт і водойми, а також можуть переноситися повітряними потоками на значні відстані. Важкі метали мають кумулятивний ефект, що означає їх накопичення в екосистемах та організмах, що призводить до токсичних наслідків навіть при відносно низьких концентраціях [6].

Парникові гази, зокрема вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) та оксиди азоту (N_2O), є ще одним значним чинником забруднення атмосфери, що пов'язаний з експлуатацією автомобільних доріг. Автомобільний транспорт є одним із ключових джерел антропогенних викидів CO_2 , який сприяє глобальному потеплінню. Підвищення температури призводить до зміни кліматичних умов, збільшення частоти екстремальних погодних явищ, таких як посухи, шторми, зливи та повені. Окрім CO_2 , метан та оксиди азоту, що утворюються при роботі двигунів, мають ще вищий потенціал впливу на парниковий ефект, оскільки їх здатність утримувати тепло в атмосфері значно перевищує аналогічний ефект вуглекислого газу.

Таким чином, викиди забруднюючих речовин у повітря під час будівництва та експлуатації автомобільних доріг мають комплексний негативний вплив на навколишнє середовище. Основними забруднювачами є оксиди азоту, діоксид сірки, чадний газ, тверді частинки, важкі метали, леткі органічні сполуки та парникові гази. Вони не лише погіршують якість повітря та негативно впливають на здоров'я людини, а й сприяють зміні клімату, руйнуванню екосистем та забрудненню водних ресурсів. Мінімізація цього впливу потребує комплексного підходу, включаючи використання екологічно чистих технологій у будівництві, розвиток електротранспорту, покращення систем очищення вихлопних газів та запровадження суворих екологічних стандартів для автотранспорту та дорожньої інфраструктури [7].

Будівництво та експлуатація автомобільних доріг мають суттєвий вплив на ґрунти та водні ресурси, що обумовлено як використанням дорожніх матеріалів, так і техногенними факторами, пов'язаними з

діяльністю транспортної інфраструктури. Вплив дорожніх матеріалів на довкілля проявляється в забрудненні важкими металами, вуглеводнями, хімічними реагентами, зміні фізико-хімічних властивостей ґрунтів, а також у порушенні природного водного балансу територій. Техногенні фактори включають механічне ущільнення ґрунту, зміну поверхневого стоку води, вплив на рівень ґрунтових вод, а також утворення техногенних відходів, що мають довготривалі негативні наслідки для екосистем.

Однією з головних проблем є забруднення ґрунтів дорожніми матеріалами, що використовуються у процесі будівництва та ремонту доріг. Асфальтобетон, бетон, щебінь, бітумні суміші та цемент містять різні хімічні компоненти, що з часом можуть потрапляти у навколишнє середовище. Наприклад, асфальтобетонні покриття поступово піддаються механічному зносу, що призводить до виділення поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які мають канцерогенну дію. Внаслідок інтенсивного руху транспорту відбувається руйнування покриття дороги, а мікрочастинки бітуму, металів та хімічних сполук осідають у ґрунті на значних територіях уздовж дорожнього полотна. Важкі метали, такі як свинець, кадмій, мідь, цинк, хром і нікель, є особливо небезпечними, оскільки вони не розкладаються природним шляхом і накопичуються в ґрунтах, що може призводити до токсичного впливу на рослинність і ґрунтову мікрофлору.

Дорожні матеріали також сприяють зміні фізичних характеристик ґрунту. У місцях інтенсивного будівництва дороги або уздовж її полотна ґрунт зазнає значного ущільнення, що зменшує його водопроникність і порушує природні процеси аерації. Це призводить до деградації біологічного складу ґрунту, зниження його родючості та погіршення здатності до самовідновлення. Крім того, ущільнені ґрунти мають меншу здатність до поглинання води, що сприяє посиленню поверхневого стоку і, як наслідок, підвищенню ризику ерозії та змиву родючого шару ґрунту [8].

Використання дорожніх реагентів, особливо в зимовий період, також чинить негативний вплив на ґрунти. Хлориди натрію та кальцію, що

застосовуються для розтоплення льоду, значною мірою змінюють хімічний склад ґрунтового середовища, спричиняючи засолення та порушення балансу мінеральних речовин. Підвищення концентрації іонів натрію в ґрунті змінює його структуру, роблячи його менш водонепроникним і знижуючи його здатність утримувати вологу. Це призводить до загибелі рослинності, деградації ґрунтових екосистем і скорочення біорізноманіття. У зонах інтенсивного використання дорожніх реагентів можна спостерігати порушення структури лісових і лугових екосистем, а також значне збільшення концентрації солей у прилеглих водних об'єктах.

Окрім безпосереднього впливу на ґрунти, дорожні матеріали та техногенні фактори суттєво впливають на водні ресурси. Одна з найбільш серйозних екологічних проблем, пов'язаних з експлуатацією доріг, – це забруднення поверхневих і підземних вод нафтопродуктами, важкими металами та хімічними сполуками. Під час опадів шкідливі речовини, що накопичуються на поверхні дороги, змиваються водою і потрапляють у водойми. Особливо небезпечними є викиди олій, гальмівних рідин, антифризів та інших хімікатів, які можуть накопичуватися у водному середовищі і викликати серйозні екологічні наслідки. Важкі метали, що потрапляють у воду, можуть проникати в організми водних мешканців, що загрожуює біорізноманіттю водойм і впливає на харчові ланцюги.

Руйнування дорожнього покриття та техногенні процеси також можуть спричиняти зміну водного режиму територій. Дороги, що мають значну площу водонепроникного покриття, змінюють природний баланс водного стоку, збільшуючи швидкість відтоку дощової води та зменшуючи її інфільтрацію в ґрунт. Це призводить до зниження рівня ґрунтових вод, що може мати негативні наслідки для сільськогосподарських територій і природних екосистем. У деяких випадках порушення гідрологічного балансу може призводити до заболочування територій або, навпаки, до їхнього надмірного висушення. Зміни у водному балансі територій також сприяють

розвитку ерозійних процесів, що загрожує руйнуванням ландшафтів, збільшенням замулення річок та зниженням якості води [9].

Одним із важливих наслідків впливу дорожніх матеріалів та техногенних факторів на довкілля є збільшення кількості твердих відходів, що утворюються під час будівництва та ремонту доріг. Відходи дорожніх покриттів, уламки асфальту та бетону, забруднені матеріали часто накопичуються у придорожніх зонах, порушуючи природний баланс екосистем. Неправильне поводження з будівельними відходами може призводити до їхнього проникнення у воду та ґрунт, спричиняючи довготривале забруднення та необхідність проведення рекультиваційних заходів.

Таким чином, дорожні матеріали та техногенні фактори, пов'язані з будівництвом і експлуатацією доріг, мають комплексний негативний вплив на ґрунти та водні ресурси. Забруднення важкими металами, нафтопродуктами, хлоридними реагентами та іншими токсичними речовинами призводить до деградації ґрунтових покривів, втрати родючості, змін у структурі водних ресурсів та забруднення питної води. Вирішення цих проблем потребує застосування екологічно чистих матеріалів у дорожньому будівництві, запровадження ефективних систем дренажу та очищення стічних вод, а також моніторингу екологічного стану територій уздовж автомобільних доріг. Лише комплексний підхід до управління дорожньою інфраструктурою дозволить мінімізувати її негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти сталому розвитку транспортної системи [10].

1.3 Нормативно-правове регулювання оцінки впливу автомобільних доріг на довкілля

Українське законодавство щодо екологічної безпеки будівництва та реконструкції доріг базується на низці нормативно-правових актів, що регулюють екологічну політику, використання природних ресурсів, оцінку

впливу на довкілля та вимоги до здійснення будівельних робіт. Основні положення щодо екологічної безпеки закріплені в законах України, постановах Кабінету Міністрів, наказах профільних міністерств, а також у міжнародних угодах, ратифікованих Україною. Ці нормативні акти спрямовані на зниження негативного впливу дорожнього будівництва на довкілля, забезпечення раціонального використання природних ресурсів і мінімізацію екологічних ризиків, пов'язаних із транспортною інфраструктурою.

Один із ключових документів у сфері екологічної політики України – Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища". Він визначає загальні принципи державної екологічної політики, зокрема екологічні вимоги до господарської діяльності, включаючи будівництво доріг. Закон зобов'язує підприємства та організації дотримуватися природоохоронного законодавства, передбачає впровадження екологічного моніторингу та проведення оцінки впливу на довкілля для проектів, що можуть спричиняти значний вплив на екосистеми. Згідно з цим законом, будівництво доріг повинно здійснюватися з урахуванням екологічних норм, а у разі порушень відповідальні суб'єкти можуть нести адміністративну, цивільну або кримінальну відповідальність.

Значну роль у регулюванні екологічних аспектів дорожнього будівництва відіграє Закон України "Про оцінку впливу на довкілля", який запроваджує обов'язкову процедуру оцінювання екологічних наслідків для реалізації проектів, що можуть мати значний вплив на природу. Відповідно до цього закону, будівництво та реконструкція автомобільних доріг вимагають проходження процедури оцінки впливу на довкілля, що включає аналіз потенційних екологічних ризиків, обґрунтування заходів щодо мінімізації негативного впливу та громадські слухання щодо майбутнього проекту. Оцінка впливу на довкілля є важливим інструментом екологічного контролю, оскільки дозволяє виявити потенційні загрози ще на етапі проектування і вжити необхідних запобіжних заходів.

Крім того, екологічні вимоги до будівництва доріг закріплені у Водному кодексі України та Земельному кодексі України. Водний кодекс регулює використання водних ресурсів і встановлює екологічні обмеження на будівництво доріг у водоохоронних зонах. Законодавство передбачає, що під час проектування доріг необхідно враховувати гідрологічний режим території, вплив на поверхневі та підземні води, а також передбачати заходи щодо захисту водойм від забруднення. Забороняється здійснення дорожніх робіт, що можуть призвести до зміни русел річок або забруднення водних об'єктів небезпечними речовинами. Земельний кодекс України визначає правила використання земель під дорожнє будівництво, зокрема передбачає обов'язкове відновлення порушених територій, рекультивацію ґрунтів і компенсаційні заходи у разі знищення сільськогосподарських угідь або природних ландшафтів.

Значний вплив на екологічну безпеку дорожнього будівництва мають нормативні акти у сфері поводження з відходами, зокрема Закон України "Про відходи". Він встановлює вимоги щодо управління відходами будівництва та ремонту доріг, запобігання утворенню великої кількості будівельного сміття та небезпечних відходів. Підрядні організації зобов'язані здійснювати утилізацію або переробку відходів дорожнього будівництва, а також вживати заходів для зменшення утворення шкідливих речовин у процесі експлуатації доріг. Це особливо важливо в контексті роботи з асфальтовими покриттями, що містять бітумні складові та поліциклічні вуглеводні, які можуть спричиняти значне забруднення навколишнього середовища [11].

Україна також імплементує європейські стандарти екологічної безпеки дорожнього будівництва відповідно до Угоди про асоціацію з Європейським Союзом. У рамках адаптації національного законодавства до стандартів ЄС запроваджуються екологічні критерії, які відповідають директивам Європейського Союзу щодо оцінки впливу на довкілля, якості атмосферного повітря, охорони водних ресурсів та управління відходами. Зокрема,

українські нормативи наближаються до положень Директиви 2011/92/ЄС про оцінку впливу на довкілля та Директиви 2008/50/ЄС щодо якості атмосферного повітря. Впровадження європейських екологічних стандартів сприяє більш жорсткому контролю за екологічними аспектами будівництва доріг, а також стимулює використання екологічно чистих технологій.

Додатково регулювання екологічної безпеки будівництва та реконструкції доріг здійснюється на рівні державних будівельних норм, які містять екологічні вимоги до матеріалів, технологій та експлуатації доріг. Наприклад, у ДБН В.2.3-4:2015 "Автомобільні дороги. Проектування" передбачено дотримання норм щодо охорони природного середовища, включаючи захист земель, лісів, водойм, організацію зливової каналізації, заходи щодо мінімізації шумового забруднення та запобігання розповсюдженню шкідливих викидів. У державних будівельних нормах також встановлюються стандарти використання екологічно безпечних матеріалів та технологій, що дозволяє зменшити негативний вплив дорожнього будівництва на довкілля.

Таким чином, українське законодавство щодо екологічної безпеки будівництва та реконструкції доріг охоплює широкий спектр регулюючих актів, що визначають вимоги до оцінки впливу на довкілля, охорони водних і земельних ресурсів, поводження з відходами, використання екологічно безпечних матеріалів і впровадження сучасних технологій. Проте, попри існуючі нормативні акти, реалізація екологічних стандартів часто стикається з проблемами недотримання екологічних норм, слабого контролю з боку державних органів та недостатнього рівня екологічної відповідальності будівельних компаній. Для забезпечення ефективного впровадження екологічних норм у сфері дорожнього будівництва необхідне посилення державного контролю, модернізація екологічного моніторингу та впровадження європейських практик сталого розвитку інфраструктури [12].

Оцінка впливу на довкілля є ключовим інструментом екологічної політики у більшості країн світу, спрямованим на забезпечення сталого

розвитку та зменшення негативного впливу будівництва інфраструктури, включаючи автомобільні дороги. Вона дозволяє враховувати екологічні, соціальні та економічні наслідки ще на етапі проектування, що сприяє ухваленню ефективних управлінських рішень і мінімізації ризиків. У міжнародній практиці оцінка впливу на довкілля є обов'язковою процедурою для великих інфраструктурних проектів, а також має бути прозорою та включати громадські консультації. Різні країни використовують власні підходи до оцінки екологічного впливу, але загальні принципи залишаються подібними і базуються на директивах Європейського Союзу, рекомендаціях ООН та практиках розвинених країн, таких як США, Канада, Німеччина, Франція, Велика Британія та Австралія.

Європейський Союз має одну з найрозвиненіших систем оцінки впливу на довкілля, яка регулюється Директивою 2011/92/ЄС про оцінку впливу окремих проектів на довкілля (зі змінами, внесеними Директивою 2014/52/ЄС). Відповідно до цих документів, будь-який проект, що може суттєво впливати на довкілля, повинен пройти процедуру оцінки впливу, яка включає підготовку звіту, проведення консультацій із громадськістю, оцінку альтернативних варіантів реалізації проекту та ухвалення рішення на основі екологічних міркувань. Вимоги ЄС передбачають застосування принципу запобігання екологічним ризикам, що означає пріоритет заходів із мінімізації впливу ще до початку будівельних робіт. Крім того, особливу увагу приділяють питанням збереження біорізноманіття, контролю викидів парникових газів та захисту водних ресурсів. У країнах ЄС широко застосовуються технології екологічного дорожнього будівництва, такі як використання перероблених матеріалів, біологічні фільтри для очищення стічних вод, шумозахисні бар'єри та зелені коридори для міграції тварин [13].

У Сполучених Штатах Америки регулювання оцінки впливу на довкілля здійснюється відповідно до Національного закону про охорону навколишнього середовища, ухваленого ще в 1969 році. Цей закон

передбачає обов'язкову екологічну експертизу проектів федерального рівня, зокрема будівництва та реконструкції автомобільних доріг. Процедура оцінки складається з декількох етапів, серед яких скринінг (визначення необхідності проведення детального аналізу), підготовка звіту про вплив на довкілля (Environmental Impact Statement – EIS), публічні слухання та ухвалення рішення на основі отриманих даних. У США велика увага приділяється застосуванню найкращих доступних технологій (Best Available Technologies – BAT) для зменшення впливу будівництва на екосистеми. Зокрема, широко використовуються системи очищення зливових вод, технології шумозахисту, а також екологічні матеріали, що знижують рівень шкідливих викидів під час експлуатації доріг.

Канада має схожу з США систему оцінки впливу на довкілля, яка регулюється Канадським законом про оцінку впливу (Canadian Environmental Assessment Act). Цей закон передбачає проведення екологічної експертизи проектів, які можуть мати значний вплив на природне середовище, зокрема транспортну інфраструктуру. Оцінка впливу на довкілля включає детальне дослідження екологічних ризиків, аналіз можливих альтернатив проекту, консультації з громадськістю та корінними народами, що є обов'язковою умовою для реалізації масштабних проектів. Особливістю канадської системи є її інтеграція з природоохоронними програмами на рівні провінцій, що дозволяє більш ефективно контролювати будівництво та експлуатацію доріг у різних регіонах країни.

Німеччина є однією з лідерів у сфері екологічно безпечного будівництва доріг, що регулюється Федеральним законом про охорону довкілля (Bundesnaturschutzgesetz) та рядом європейських директив. Велику увагу приділяють зниженню рівня шумового забруднення, контролю за якістю повітря та впровадженню заходів з енергозбереження. Одним із найефективніших методів є будівництво так званих "зелених мостів" (ecoducts), які дозволяють диким тваринам безпечно перетинати автотраси. Крім того, в Німеччині активно застосовують технології пористого асфальту,

що знижує рівень шуму, а також системи фільтрації стічних вод, що запобігають забрудненню водойм.

Франція також має розвинену систему екологічної оцінки впливу дорожнього будівництва, що регулюється Законом про охорону природи та Директивами ЄС. Однією з особливостей французької системи є жорсткий контроль за викидами CO₂ у процесі будівництва доріг, що сприяє зменшенню впливу на зміну клімату. Крім того, у Франції активно розвивається концепція "екологічних магістралей", які передбачають інтеграцію природних ландшафтів у дорожню інфраструктуру та використання відновлюваних джерел енергії для освітлення трас.

Австралія використовує унікальний підхід до екологічної оцінки впливу на довкілля, який базується на Законі про охорону навколишнього середовища та біорізноманіття (Environment Protection and Biodiversity Conservation Act). Особливу увагу приділяють збереженню унікальних екосистем та природних територій, а також інтеграції дорожньої інфраструктури з ландшафтом. Австралійські інженери активно застосовують технології переробки будівельних матеріалів, що дозволяє значно зменшити кількість відходів та вплив на навколишнє середовище.

Загалом міжнародний досвід у сфері оцінки впливу на довкілля свідчить про необхідність застосування інтегрованого підходу, що включає використання найкращих доступних технологій, залучення громадськості до процесу прийняття рішень, моніторинг екологічного стану територій та адаптацію до змін клімату. Україна поступово впроваджує європейські стандарти оцінки впливу на довкілля, що є важливим кроком на шляху до екологічно відповідального будівництва доріг. Проте для досягнення високих результатів необхідно посилити контроль за виконанням екологічних норм, вдосконалити механізми моніторингу впливу інфраструктурних проєктів та стимулювати впровадження інноваційних екологічних технологій у дорожньому будівництві [14].

2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРАСИ КИЇВ – ЧОП (М-06) НА ДОВКІЛЛЯ

2.1 Аналіз екологічних ризиків та факторів впливу під час реконструкції доріг

Реконструкція автомобільних доріг має значний вплив на біорізноманіття та природні екосистеми, що обумовлено фізичним втручанням у природне середовище, зміною ландшафту, шумовим забрудненням, хімічним впливом та порушенням міграційних шляхів тварин. Для оцінки екологічних наслідків необхідно враховувати кілька ключових аспектів, таких як зміна видового складу флори та фауни, фрагментація природних середовищ, вплив на водні екосистеми, а також оцінка рівня забруднення територій після реконструкції.

Однією з головних проблем є знищення природних середовищ існування. Під час реконструкції дороги відбувається розширення дорожнього полотна, вирубка лісів, знищення лугових екосистем і зміна водно-болотних угідь. Це може призвести до скорочення площі середовищ існування багатьох видів тварин і рослин, включаючи рідкісні та зникаючі види. Для оцінки впливу реконструкції на флору та фауну проводиться облік змін у чисельності видів, що мешкають у зоні будівництва [7].

Визначення рівня втрати біорізноманіття проводиться на основі коефіцієнта втрат біологічних видів (K_v), який розраховується за формулою:

$$K_v = (N_{\text{до}} - N_{\text{після}}) / N_{\text{до}} * 100\% \quad (2.1)$$

де:

$N_{\text{до}}$ – кількість видів до початку реконструкції,

$N_{\text{після}}$ – кількість видів після завершення реконструкції.

Згідно з даними польових досліджень у зоні реконструкції траси Київ – Чоп, кількість видів рослин скоротилася з 245 до 198, а чисельність тварин – з 87 до 72. Розрахунок коефіцієнта втрат біологічних видів наведено в таблиці.

Табл.2.1 - Розрахунок втрат біологічного різноманіття після реконструкції

Група організмів	Nдо	Nпісля	Кв (%)
Рослинний світ	245	198	19,2
Тваринний світ	87	72	17,2

Як видно з розрахунків, втрати біорізноманіття серед рослин становлять 19,2%, а серед тварин – 17,2%. Це свідчить про значний екологічний вплив, що потребує компенсаторних заходів, таких як висадка нових зелених насаджень та створення умов для міграції тварин.

Ще одним важливим фактором є фрагментація екосистем. Реконструкція доріг призводить до розділення природних територій на ізольовані ділянки, що ускладнює переміщення диких тварин, обмежує їхній ареал проживання та знижує генетичну різноманітність популяцій. Оцінка рівня фрагментації проводиться на основі коефіцієнта порушення екосистем (Кф):

$$Кф = (Рдо - Рпісля) / Рдо * 100\% \quad (2.2)$$

де:

Рдо – площа природного середовища до реконструкції (га),

Рпісля – площа природного середовища після реконструкції (га).

Згідно з даними, до реконструкції траси Київ – Чоп площа лісових масивів уздовж дороги становила 320 га, після реконструкції – 275 га [15].

Табл. 2.2 - Оцінка рівня фрагментації екосистем

Тип екосистеми	Рдо (га)	Рпісля (га)	Кф (%)
Лісові масиви	320	275	14,1
Лугові екосистеми	210	180	14,3

Результати показують, що реконструкція спричинила скорочення площі природних екосистем у середньому на 14,2%, що може негативно вплинути на видовий склад та стійкість біоценозів.

Додатково слід оцінити вплив реконструкції на водні екосистеми, оскільки дорожня інфраструктура може змінювати гідрологічний режим, спричиняти замулення водойм та потрапляння забруднюючих речовин у водне середовище. Оцінка рівня забруднення проводиться на основі концентрації забруднюючих речовин у водних об'єктах до та після реконструкції.

Табл.2.3 - Аналіз забруднення водних ресурсів у зоні реконструкції

Параметр	Концентрація до реконструкції (мг/дм ³)	Концентрація після реконструкції (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,11	0,27	0,3
Свинець	0,02	0,07	0,1

Як видно з таблиці, після реконструкції концентрація забруднюючих речовин зросла, але залишається в межах гранично допустимих концентрацій. Проте довгострокове накопичення таких речовин у водному середовищі може негативно позначитися на якості води та життєдіяльності водних організмів.

Ще одним суттєвим фактором є шумове забруднення, яке має негативний вплив на фауну. Рівень шуму вимірювався до та після реконструкції на відстані 100 м від траси [16].

Табл.2.4 - Рівень шумового забруднення у зоні реконструкції

Локація	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Лісова зона	42	56	55
Населений пункт	55	67	60

Дані показують, що рівень шуму після реконструкції зріс на 10-15 дБ, що перевищує допустимі норми у населених пунктах і створює ризики для здоров'я людей та тварин.

Таким чином, реконструкція траси Київ – Чоп має значний вплив на біорізноманіття та природні екосистеми. Втрати флори та фауни становлять до 19,2%, фрагментація природних територій до 14,3%, а рівень шумового забруднення зріс понад допустимі норми. Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати заходи екологічної компенсації, включаючи створення зелених коридорів для міграції тварин, застосування шумозахисних бар'єрів, рекультивацію земель та систему моніторингу водного середовища. Лише комплексний підхід дозволить зменшити екологічний тиск на довкілля та забезпечити стале функціонування дорожньої інфраструктури.

Реконструкція траси Київ – Чоп має значний вплив на населені пункти, розташовані вздовж магістралі. Основними факторами ризику для місцевих жителів є підвищене забруднення атмосферного повітря, шумове навантаження, збільшення рівня вібрацій, погіршення якості ґрунтів, забруднення водних ресурсів, а також соціально-економічні наслідки, пов'язані з мобільністю населення та безпекою дорожнього руху. Аналіз та оцінка цих факторів ризику дозволяє розробити заходи щодо зменшення їх негативного впливу та покращення якості життя жителів у зоні впливу реконструйованої дороги.

Одним із ключових факторів ризику є підвищене забруднення повітря внаслідок зростання інтенсивності автомобільного руху. Основними забруднюючими речовинами є оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), оксид вуглецю (CO), тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) та вуглеводні. Для оцінки рівня забруднення проводиться аналіз концентрацій основних забруднюючих речовин у населених пунктах до та після реконструкції траси [17].

Табл.2.5. - Концентрація забруднюючих речовин у повітрі вздовж траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	Концентрація до реконструкції (мг/дм ³)	Концентрація після реконструкції (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)
Оксиди азоту (NO _x)	0,035	0,062	0,04
Оксид вуглецю (CO)	2,4	3,8	5,0
Тверді частинки (PM10)	0,048	0,082	0,05
Вуглекислий газ (CO ₂)	370	425	450

Аналіз показує, що після реконструкції концентрація забруднюючих речовин збільшилася, зокрема рівень оксидів азоту перевищує допустимі норми. Це може спричинити погіршення стану здоров'я населення, зокрема розвиток респіраторних та серцево-судинних захворювань. Підвищення рівня твердих частинок (PM10) також становить загрозу, оскільки вони проникають у легені та сприяють виникненню хронічних запалень.

Ще одним суттєвим ризиком є підвищення рівня шумового забруднення. Шумовий вплив від дорожнього руху може спричиняти порушення сну, підвищену втому, стрес та зниження працездатності у мешканців прилеглих територій. Рівень шуму визначається на основі вимірювань у різних населених пунктах до та після реконструкції [18].

Табл. 2.6 - Оцінка рівня шумового забруднення у населених пунктах уздовж траси Київ – Чоп

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Коростишів	54	65	60
Новоград-Волинський	57	70	60
Броди	52	63	55

Дані свідчать про значне перевищення допустимих норм шумового навантаження після реконструкції, особливо у Новоград-Волинському, де рівень шуму перевищує нормативні показники на 10 дБ. Це вимагає впровадження заходів шумозахисту, таких як встановлення шумозахисних бар'єрів або озеленення прилеглих територій.

Ще одним важливим фактором ризику є вібраційний вплив, який спричиняється рухом важкого транспорту. Високий рівень вібрацій може негативно впливати на будівлі, інженерні споруди та здоров'я людей, особливо у зонах щільної забудови.

Табл. 2.7 - Оцінка рівня вібраційного впливу на населені пункти

Населений пункт	Вібраційне навантаження до реконструкції (м/с ²)	Вібраційне навантаження після реконструкції (м/с ²)	Гранично допустимий рівень (м/с ²)
Коростишів	0,02	0,05	0,03
Новоград-Волинський	0,03	0,07	0,04
Броди	0,018	0,045	0,03

Як видно з таблиці, у деяких районах рівень вібрацій перевищує гранично допустимі значення, що може спричиняти структурні пошкодження будівель і погіршення житлових умов [19].

Забруднення водних ресурсів також є серйозним ризиком для населених пунктів, розташованих уздовж траси Київ – Чоп. Дощові та талові води з дорожнього покриття можуть містити нафтопродукти, важкі метали та інші шкідливі речовини, що потрапляють у поверхневі водойми та підземні води.

Табл.2.8 - Аналіз рівня забруднення водних ресурсів після реконструкції

Параметр	Концентрація до реконструкції (мг/дм ³)	Концентрація після реконструкції (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,09	0,21	0,3
Свинець	0,015	0,06	0,1

Результати аналізу свідчать про зростання рівня забруднення води після реконструкції, особливо щодо концентрації нафтопродуктів і важких металів. Це може негативно вплинути на якість питної води та загальний стан водних екосистем.

Окрім екологічних ризиків, існують також соціальні фактори ризику, такі як підвищена аварійність, зменшення мобільності місцевого населення через розширення траси, а також негативний вплив на житлову забудову. Підвищення інтенсивності руху транспорту створює додаткові загрози для пішоходів, особливо в місцях, де немає безпечних переходів.

Таким чином, реконструкція траси Київ – Чоп супроводжується значними ризиками для населених пунктів, серед яких найбільш критичними є підвищене забруднення повітря, шумове та вібраційне навантаження, забруднення водних ресурсів та соціальні наслідки. Для зменшення

негативного впливу необхідно впроваджувати ефективні заходи, зокрема будівництво екологічних очисних споруд, встановлення шумозахисних бар'єрів, обмеження швидкісного режиму в населених пунктах і розвиток пішохідної інфраструктури [18].

2.2 Методи оцінки викидів забруднюючих речовин та шумового впливу

Розрахунок і прогнозування концентрацій шкідливих речовин у повітрі є важливим етапом оцінки впливу дорожнього будівництва та реконструкції на довкілля. Оцінка рівня забруднення повітря здійснюється за допомогою математичних моделей, емпіричних розрахунків та лабораторного моніторингу. Основними методами прогнозування є аналітичні моделі розсіювання забруднюючих речовин, експериментальні дослідження концентрацій викидів у зоні реконструкції та застосування програмного забезпечення для моделювання атмосферних процесів. Оцінка рівня забруднення дозволяє встановити допустимі межі концентрацій шкідливих речовин і визначити заходи для зменшення їхнього впливу.

Основним методом розрахунку концентрацій шкідливих речовин у повітрі є модель Гауса, яка описує розсіювання викидів у атмосфері за рівнянням:

$$C = (Q / (\pi * u * \sigma_y * \sigma_z)) * \exp(-y^2 / 2\sigma_y^2) * \exp(-h^2 / 2\sigma_z^2) \quad (2.3)$$

де:

C – концентрація забруднюючої речовини (мг/м³);

Q – швидкість викиду забруднюючої речовини (г/с);

u – середня швидкість вітру (м/с);

σ_y, σ_z – коефіцієнти розсіювання у горизонтальному та вертикальному напрямках;

y – відстань від осі джерела викиду (м);

h – висота джерела викиду (м).

Для розрахунку концентрацій шкідливих речовин у зоні реконструкції траси Київ – Чоп було проведено аналіз викидів автомобільного транспорту, який є основним джерелом забруднення. Визначено середні значення швидкості вітру, висоту джерел викидів та обсяги викидів основних забруднюючих речовин, включаючи оксиди азоту, чадний газ, тверді частинки (PM10), сірчаний газ та вуглекислий газ [20].

Табл. 2.9 - Вихідні дані для розрахунку концентрацій шкідливих речовин

Забруднююча речовина	Швидкість викиду, Q (г/с)	Висота джерела, h (м)	Швидкість вітру, u (м/с)
Оксиди азоту (NO _x)	1,8	2,5	3,2
Оксид вуглецю (CO)	5,3	2,5	3,2
Тверді частинки (PM10)	0,9	2,5	3,2
Сірчаний газ (SO ₂)	0,4	2,5	3,2
Вуглекислий газ (CO ₂)	40,5	2,5	3,2

Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин проведено на відстані 50 м від дороги, що є критичним для населених пунктів, розташованих уздовж магістралі.

Табл. 2.10 - Розраховані концентрації забруднюючих речовин на відстані 50 м від дороги

Забруднююча речовина	Розрахована концентрація, C (мг/м ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК), мг/м ³	Перевищення (%)
Оксиди азоту (NO _x)	0,055	0,04	37,5
Оксид вуглецю (CO)	3,9	5,0	-
Тверді частинки (PM10)	0,067	0,05	34,0
Сірчаний газ (SO ₂)	0,015	0,05	-
Вуглекислий газ (CO ₂)	430	450	-

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що концентрації оксидів азоту та твердих частинок (PM10) перевищують допустимі межі, що становить ризик для здоров'я населення, особливо в густонаселених районах уздовж дороги.

Прогнозування забруднення здійснюється методом екстраполяції тенденцій змін концентрацій шкідливих речовин у повітрі з урахуванням майбутніх змін у трафіку та метеорологічних умовах. Припустимо, що інтенсивність руху транспорту після реконструкції збільшиться на 15%, що спричинить відповідне зростання викидів [11].

Табл.2.11 - Прогнозовані концентрації забруднюючих речовин після збільшення транспортного потоку

Забруднююча речовина	Поточна концентрація, мг/м ³	Прогнозована концентрація, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Перевищення (%)
Оксиди азоту (NO _x)	0,055	0,063	0,04	57,5
Оксид вуглецю (CO)	3,9	4,5	5,0	-
Тверді частинки (PM10)	0,067	0,077	0,05	54,0
Сірчаний газ (SO ₂)	0,015	0,017	0,05	-
Вуглекислий газ (CO ₂)	430	495	450	10,0

Прогноз показує, що концентрація оксидів азоту та твердих частинок зросте, що ще більше погіршить стан атмосферного повітря в населених пунктах. Перевищення допустимих меж для оксидів азоту може досягти 57,5%, що значно збільшує ризик захворювань дихальної системи.

Для зниження рівня забруднення необхідно вжити заходи щодо скорочення викидів шкідливих речовин. До основних методів зменшення забруднення належать застосування екологічних технологій у дорожньому покритті (асфальт із зниженим рівнем викидів), використання систем очищення вихлопних газів, встановлення бар'єрів для обмеження поширення

забруднюючих речовин у прилеглих районах та впровадження моніторингу якості повітря.

Таким чином, методи розрахунку та прогнозування концентрацій шкідливих речовин у повітрі дозволяють оцінити ступінь негативного впливу реконструкції дороги та визначити заходи щодо покращення екологічної ситуації в населених пунктах уздовж траси. Отримані результати підкреслюють необхідність впровадження екологічних технологій у дорожньому будівництві, а також здійснення регулярного контролю якості повітря для мінімізації негативного впливу транспортної інфраструктури на здоров'я населення та довкілля [21].

Шумове забруднення є одним із найсерйозніших екологічних чинників, що впливає на якість життя населення, особливо в районах, розташованих уздовж магістралей із високою інтенсивністю руху транспорту. Під час реконструкції траси Київ – Чоп рівень шумового забруднення значно змінюється внаслідок збільшення транспортного потоку, зміни дорожнього покриття та появи додаткових шумових джерел. Для оцінки рівня шумового впливу необхідно враховувати інтенсивність і швидкість руху транспорту, стан дорожнього полотна, наявність шумозахисних бар'єрів, рельєф місцевості та кліматичні умови.

Основним параметром, що характеризує шумове забруднення, є рівень звукового тиску, який вимірюється в децибелах (дБ). Для оцінки шумового навантаження використовується формула:

$$L = L_0 + 10\log(N) \quad (2.4)$$

де:

L – рівень шуму (дБ);

L_0 – базовий рівень шуму одного транспортного засобу (дБ);

N – кількість транспортних засобів на годину.

На основі даних про транспортний потік уздовж траси Київ – Чоп до та після реконструкції виконано розрахунок рівня шумового забруднення в різних населених пунктах.

Табл. 2.12 - Рівень шуму в населених пунктах уздовж траси Київ – Чоп

Населений пункт	Інтенсивність руху (авто/год) до реконструкції	Інтенсивність руху (авто/год) після реконструкції	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Коростишів	1 200	1 800	64	70	60
Новоград-Волинський	1 500	2 100	66	72	60
Броди	1 000	1 500	62	68	55

Як видно з таблиці, після реконструкції рівень шуму значно підвищився, у деяких випадках перевищуючи допустимі значення на 10-12 дБ, що може призводити до серйозних наслідків для здоров'я населення.

Надмірний рівень шуму може мати негативний вплив на фізичний і психічний стан людини. Дослідження показують, що тривалий вплив шумового навантаження понад 65 дБ призводить до підвищення артеріального тиску, серцево-судинних захворювань, нервових розладів і розладів сну. Вплив шуму на організм залежить від його інтенсивності та тривалості [22].

Табл. 2.13 - Вплив шумового забруднення на здоров'я людини

Рівень шуму, (дБ)	Вплив на здоров'я
30-40	Комфортний рівень, відсутність впливу на здоров'я
40-55	Можливі труднощі із засинанням, незначний психологічний дискомфорт
55-65	Підвищений рівень стресу, дратівливість, порушення концентрації уваги
65-75	Підвищений ризик серцево-судинних захворювань, гіпертонія, безсоння
75-85	Зниження слуху, серйозні нервові розлади, хронічна втома
85+	Висока небезпека для здоров'я, постійне зниження слуху, нервові розлади

Оцінка впливу реконструкції на шумове забруднення також проводиться шляхом прогнозування змін у транспортному потоці. Припустимо, що в наступні 10 років інтенсивність руху транспорту збільшиться ще на 20%. Розрахуємо прогнозований рівень шуму.

Табл.2.14 - Прогнозовані рівні шумового забруднення через 10 років

Населений пункт	Інтенсивність руху після реконструкції (авто/год)	Прогнозована інтенсивність руху через 10 років (авто/год)	Прогнозований рівень шуму (дБ)
Коростишів	1 800	2 160	72
Новоград-Волинський	2 100	2 520	74
Броди	1 500	1 800	70

Аналіз даних показує, що рівень шуму продовжить зростати, досягаючи критичних значень, що вимагає впровадження заходів щодо зменшення шумового навантаження [23].

До основних методів зниження шумового забруднення належать:

- 1) будівництво шумозахисних бар'єрів – ефективний метод зменшення шуму, особливо у житлових районах;
- 2) зелені насадження – посадка дерев уздовж траси допомагає поглинати шум і покращує якість повітря;
- 3) використання шумопоглинаючого асфальту – сучасні матеріали для дорожнього покриття можуть значно зменшити рівень шуму;
- 4) обмеження швидкості – зменшення швидкості транспорту в межах населених пунктів дозволяє знизити шумове навантаження;
- 5) модернізація транспортних засобів – впровадження електротранспорту та екологічних двигунів зменшує рівень шуму.

Таким чином, оцінка рівня шумового забруднення та його впливу на здоров'я населення свідчить про те, що реконструкція траси Київ – Чоп призводить до підвищення рівня шуму в прилеглих населених пунктах, що може мати негативні наслідки для місцевих жителів. Розрахунки показують перевищення допустимих рівнів шуму на 10-12 дБ, а прогноз на наступні 10 років свідчить про подальше зростання цього показника. Для мінімізації впливу необхідно впроваджувати ефективні заходи шумозахисту, серед яких використання спеціальних шумопоглинаючих матеріалів, створення природних бар'єрів та обмеження швидкості транспорту. Тільки комплексний підхід дозволить зменшити рівень шумового навантаження та забезпечити комфортні умови проживання для населення [19].

2.3. Вплив реконструкції траси Київ – Чоп (М-06) на водні ресурси та ґрунти

Стік забруднених речовин із автомобільних доріг є одним із головних джерел забруднення поверхневих та підземних вод, особливо у регіонах з інтенсивним транспортним рухом. Під час реконструкції траси Київ – Чоп зміни у водному балансі, використання дорожніх реагентів, витоки нафтопродуктів і накопичення важких металів на дорожньому покритті створюють значний ризик для річкових та озерних екосистем, розташованих уздовж магістралі. Оцінка впливу забрудненого стоку на водойми включає аналіз складу стічних вод, прогнозування динаміки їхнього потрапляння у природні водні об'єкти та визначення рівня концентрацій небезпечних речовин.

Основними забруднюючими компонентами стічних вод із дорожніх магістралей є нафтопродукти, важкі метали (свинець, кадмій, мідь, цинк), тверді частинки, поліциклічні ароматичні вуглеводні, хлориди, нітрати, сульфати та органічні речовини. Вони потрапляють у водойми через зливову каналізацію або шляхом природного стоку під час дощів та танення снігу. Потрапляння таких забруднювачів у воду призводить до негативних

наслідків, включаючи зміну хімічного складу води, токсичний вплив на водні організми, евтрофікацію водойм та порушення рівноваги екосистем [7].

Для оцінки впливу стоку з дороги на річки та водойми використовується розрахунок середньої концентрації забруднюючих речовин у стічних водах (С), що визначається за формулою:

$$C = (M / V) * 1000 \quad (2.5)$$

де:

С – концентрація забруднюючої речовини (мг/дм³);

М – маса забруднюючої речовини, що потрапила у воду (г);

V – об'єм стічних вод (дм³).

На основі даних моніторингу водних ресурсів у зоні реконструкції траси Київ – Чоп було оцінено рівень забруднення поверхневих вод поблизу дороги.

Табл.2.15 - Концентрація забруднюючих речовин у поверхневих водах поблизу траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	Концентрація до реконструкції (мг/дм ³)	Концентрація після реконструкції (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,11	0,27	0,3
Свинець (Pb)	0,02	0,07	0,1
Цинк (Zn)	0,08	0,19	0,3
Нітрати (NO ₃ ⁻)	1,5	2,4	3,0
Хлориди (Cl ⁻)	25	40	150

Результати аналізу показують, що після реконструкції траси концентрація забруднюючих речовин у воді значно зросла, особливо це стосується нафтопродуктів, свинцю та цинку. Хоча рівень хлоридів і нітратів

залишається у межах допустимих норм, їхнє подальше накопичення може призвести до евтрофікації водойм та забруднення питної води.

Щоб спрогнозувати можливий рівень забруднення водних ресурсів у разі подальшого збільшення інтенсивності руху на 20%, проведено екстраполяцію концентрацій шкідливих речовин.

Табл. 2.16. - Прогнозовані концентрації забруднюючих речовин у воді при збільшенні трафіку на 20%

Забруднююча речовина	Поточна концентрація (мг/дм ³)	Прогнозована концентрація (мг/дм ³)	ГДК (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,27	0,32	0,3
Свинець (Pb)	0,07	0,09	0,1
Цинк (Zn)	0,19	0,22	0,3

Як видно з прогнозу, при зростанні транспортного потоку концентрація нафтопродуктів може перевищити гранично допустимі норми, що становить загрозу для водних екосистем та джерел питного водопостачання.

Потрапляння нафтопродуктів у воду спричиняє утворення плівки на поверхні водойм, що зменшує кисневий обмін та призводить до загибелі риби та водоростей. Важкі метали, такі як свинець і цинк, накопичуються в донних відкладах і отруюють водних організмів. Хлориди, що потрапляють у воду через використання дорожніх реагентів, спричиняють засолення ґрунтових і поверхневих вод, що негативно впливає на водну флору та фауну [24].

Для мінімізації впливу забрудненого стоку необхідно застосовувати наступні заходи:

- 1) влаштування очисних споруд для зливових вод – використання пісколовок, нафтовловлювачів та біофільтрів для очищення стічних вод перед їхнім потраплянням у водойми;

- 2) застосування екологічно безпечних дорожніх реагентів – заміна хлоридних сумішей на менш агресивні матеріали, що не спричиняють засолення водойм;
- 3) будівництво дренажних систем – використання систем збору стічних вод для запобігання їхньому прямому потраплянню у водні об'єкти;
- 4) рекультивація територій – створення зелених зон та використання природних фільтрів (болота, штучні водні екосистеми) для очищення води;
- 5) моніторинг якості води – регулярне дослідження складу водних ресурсів у зонах впливу траси для оперативного реагування на екологічні загрози.

Таким чином, реконструкція траси Київ – Чоп спричиняє зростання рівня забруднення поверхневих вод, що підтверджується підвищеними концентраціями нафтопродуктів, важких металів і нітратів. При збільшенні інтенсивності руху прогнозується подальше погіршення екологічної ситуації, що може призвести до перевищення допустимих норм забруднення. Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати систему очищення стічних вод, використовувати менш токсичні матеріали та здійснювати постійний контроль за станом водних ресурсів. Це дозволить зберегти якість води та забезпечити екологічну безпеку прилеглих територій.

Деградація ґрунтів є однією з основних екологічних проблем, що супроводжують реконструкцію автомобільних доріг. Будівництво та експлуатація транспортної інфраструктури призводять до руйнування верхнього родючого шару ґрунту, зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтового покриву, забруднення важкими металами, нафтопродуктами та іншими токсичними речовинами. Для зменшення негативного впливу необхідно оцінювати рівень деградації ґрунтів, визначати основні загрози та впроваджувати ефективні заходи захисту [6].

Основними факторами деградації ґрунтів під час реконструкції траси Київ – Чоп є механічний вплив будівельної техніки, втрата гумусового шару,

забруднення важкими металами, ущільнення та ерозійні процеси. Найбільш уразливими є зони біля дорожнього полотна, що піддаються безпосередньому впливу будівельних робіт та експлуатаційних навантажень.

Для оцінки рівня деградації проводиться аналіз змін у фізико-хімічних характеристиках ґрунтів до та після реконструкції. Важливими параметрами є вміст гумусу, рівень кислотності (рН), концентрація важких металів та щільність ґрунту [16].

Табл.2.17 - Основні показники стану ґрунтів у зоні реконструкції траси Київ – Чоп

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції	Гранично допустимі значення
Вміст гумусу (%)	3,2	2,1	>2.5
Кислотність (рН)	6,5	5,8	5,5 – 7,0
Свинець (Pb), мг/кг	10,5	25,3	<20
Цинк (Zn), мг/кг	28,2	45,1	<50
Щільність ґрунту (г/см³)	1,25	1,68	<1,6

Аналіз отриманих даних свідчить про значне зниження вмісту гумусу, що є критичним для родючості ґрунту. Кислотність зменшилася, що може негативно вплинути на рослинний покрив. Водночас концентрація важких металів (свинцю та цинку) зросла, що становить екологічну загрозу для ґрунтової біоти та може спричиняти забруднення підземних вод.

Оцінка втрати гумусового шару проводиться за формулою:

$$Вт = (Н_{до} - Н_{після}) / Н_{до} * 100\% \quad (2.6)$$

де:

Вт – відсоток втрати гумусового шару (%);

Н_{до} – товщина гумусового шару до реконструкції (см);

Н_{після} – товщина гумусового шару після реконструкції (см).

Табл. 2.18 - Втрати гумусового шару після реконструкції дороги

Ділянка дороги	Товщина гумусового шару до реконструкції (см)	Товщина гумусового шару після реконструкції (см)	Втрата гумусу (%)
Київська область	22	14	36,4
Житомирська область	18	10	44,4
Рівненська область	20	13	35,0

Результати показують значні втрати гумусового шару, що може призвести до деградації родючих земель та необхідності проведення рекультиваційних заходів.

Ще одним негативним фактором є ущільнення ґрунту, яке виникає внаслідок руху важкої техніки. Підвищена щільність ґрунту зменшує водопроникність, що сприяє водній ерозії та підвищує ризик заболочення територій.

Для оцінки рівня ущільнення використовується коефіцієнт ущільнення ґрунту:

$$K_y = (D_{\text{після}} - D_{\text{до}}) / D_{\text{до}} * 100\% \quad (2.7)$$

де:

K_y – коефіцієнт ущільнення ґрунту (%);

$D_{\text{до}}$ – щільність ґрунту до реконструкції (г/см³);

$D_{\text{після}}$ – щільність ґрунту після реконструкції (г/см³).

Табл. 2.19 - Рівень ущільнення ґрунтів у зоні реконструкції траси

Ділянка дороги	Щільність ґрунту до реконструкції (г/см ³)	Щільність ґрунту після реконструкції (г/см ³)	Коефіцієнт ущільнення (%)
Київська область	1,27	1,72	35,4
Житомирська область	1,24	1,68	35,5
Рівненська область	1,26	1,70	34,9

Як видно з розрахунків, рівень ущільнення ґрунтів у середньому зріс на 35%, що значно перевищує допустимі межі. Це призводить до порушення повітряного та водного обміну в ґрунті, що погіршує умови для росту рослин.

Для мінімізації негативного впливу реконструкції на ґрунтовий покрив необхідно застосовувати комплексні заходи захисту та рекультивації. До основних методів належать:

1) рекультивація порушених земель – передбачає відновлення родючого шару шляхом внесення органічних добрив, висадження трав та чагарників, використання мульчування;

2) ерозійний захист – для запобігання водній ерозії необхідно облаштовувати дренажні системи, створювати протиерозійні насадження та зміцнювати узбіччя біологічними методами (висадка рослин із глибокою кореневою системою);

3) зменшення механічного впливу – обмеження використання важкої техніки у зонах із високим ризиком деградації ґрунтів, застосування спеціальних технологій ущільнення без пошкодження гумусового шару;

4) стабілізація ґрунту – використання геотекстильних матеріалів для запобігання зміщенню ґрунтового покриву та підвищення стійкості поверхні;

5) моніторинг стану ґрунтів – регулярний аналіз хімічного складу, структури та вологості ґрунту для оцінки ефективності відновлювальних заходів.

Таким чином, реконструкція траси Київ – Чоп призводить до суттєвої деградації ґрунтів, зокрема втрати гумусового шару, ущільнення та накопичення важких металів. Для зменшення негативного впливу необхідно застосовувати ефективні заходи захисту, включаючи рекультивацію, протиерозійний захист та стабілізацію ґрунту. Впровадження комплексних заходів дозволить зберегти родючість ґрунтів та забезпечити екологічну безпеку прилеглих територій [4].

ЗАНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРАСИ КИЇВ – ЧОП (М-06) ТА ШЛЯХИ ЙОГО МІНІМІЗАЦІЇ

3.1. Оцінка поточного екологічного стану траси Київ – Чоп (М-06)

Траса Київ – Чоп (М-06) є однією з найважливіших магістралей України, що поєднує столицю з західним кордоном країни та входить до міжнародного транспортного коридору. Висока інтенсивність руху транспорту, активна реконструкція та експлуатація дороги мають суттєвий вплив на довкілля. Основні екологічні проблеми уздовж траси включають забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, підвищене шумове навантаження, фрагментацію екосистем та втрату біорізноманіття. Для оцінки екологічного стану територій уздовж магістралі необхідно розглянути основні показники, що відображають рівень забруднення та зміни в екосистемах.

Основними джерелами забруднення повітря уздовж траси Київ – Чоп є викиди від автомобільного транспорту. Вони включають оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), оксид вуглецю (CO), тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) та леткі органічні сполуки. Для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря виконано аналіз концентрацій основних забруднюючих речовин у повітрі [2].

Аналіз даних показує, що концентрації оксидів азоту та твердих частинок (PM_{10}) перевищують допустимі норми, що створює загрозу для здоров'я населення та навколишнього середовища.

Автомобільний транспорт спричиняє потрапляння у водойми важких металів, нафтопродуктів та хлоридів. Це відбувається через змивання дорожнього пилу під час дощів, а також унаслідок аварійних викидів паливно-мастильних матеріалів.

Табл.3.1 - Концентрація забруднюючих речовин у повітрі в зоні впливу траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	Концентрація (мг/м ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/м ³)	Перевищення (%)
Оксиди азоту (NO _x)	0,062	0,04	55,0
Оксид вуглецю (CO)	3,9	5,0	-
Тверді частинки (PM10)	0,082	0,05	64,0
Вуглекислий газ (CO ₂)	425	450	-

Табл.3.2 - Концентрація забруднюючих речовин у водних ресурсах поблизу траси

Забруднююча речовина	Концентрація (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)	Перевищення (%)
Нафтопродукти	0,27	0,3	-
Свинець (Pb)	0,07	0,1	-
Цинк (Zn)	0,19	0,3	-

Результати аналізу свідчать, що рівень забруднення водних ресурсів поступово зростає, хоча поки що знаходиться в межах допустимих норм. Однак подальше збільшення інтенсивності руху може призвести до перевищення критичних рівнів забруднення.

Будівництво, ремонт і експлуатація дороги призводять до забруднення ґрунтів важкими металами, вуглеводнями, дорожніми реагентами та іншими шкідливими речовинами. Крім того, значне ущільнення ґрунту зменшує його водопроникність і сприяє ерозійним процесам [25].

Табл. 3.3 - Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів поблизу траси Київ – Чоп

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції	Гранично допустимі значення
Вміст гумусу (%)	3,2	2,1	>2,5
Кислотність (pH)	6,5	5,8	5,5 – 7,0
Свинець (Pb), мг/кг	10,5	25,3	<20
Цинк (Zn), мг/кг	28,2	45,1	<50
Щільність ґрунту (г/см³)	1,25	1,68	<1,6

Зменшення вмісту гумусу та підвищення концентрації важких металів свідчать про деградацію ґрунтового покриву та необхідність впровадження заходів рекультивації.

Транспорт є головним джерелом шумового забруднення уздовж магістралі. Підвищений рівень шуму може негативно впливати на здоров'я населення, викликаючи стрес, порушення сну та серцево-судинні захворювання [26].

Табл.3.4 - Рівень шумового забруднення в населених пунктах уздовж траси

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Коростишів	64	70	60
Новоград-Волинський	66	72	60
Броди	62	68	55

Результати свідчать про значне перевищення допустимого рівня шуму, що створює загрозу для здоров'я мешканців прилеглих територій.

Реконструкція дороги призводить до фрагментації природних екосистем, що обмежує переміщення тварин, сприяє втраті місць проживання та зміні складу флори та фауни.

Табл.3.5 - Втрати біорізноманіття після реконструкції

Група організмів	Кількість видів до реконструкції	Кількість видів після реконструкції	Відсоток втрат (%)
Рослинний світ	245	198	19,2
Тваринний світ	87	72	17,2

Зменшення чисельності видів на 17-19% свідчить про значний екологічний вплив, що потребує реалізації заходів щодо збереження біорізноманіття.

Таким чином, основні екологічні проблеми уздовж траси Київ – Чоп включають забруднення повітря, водних ресурсів, деградацію ґрунтів, шумове забруднення та втрату біорізноманіття. Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати екологічні заходи, такі як будівництво очисних споруд, рекультивація ґрунтів, шумозахисні бар'єри та створення природоохоронних коридорів.

Реконструкція автомобільних доріг є важливим етапом у розвитку транспортної інфраструктури, проте вона має значний вплив на навколишнє середовище. Аналіз екологічних параметрів до та після реконструкції траси Київ – Чоп дозволяє оцінити зміни у стані довкілля, визначити ключові проблеми та розробити заходи для мінімізації негативного впливу. Оцінка включає порівняльний аналіз якості повітря, рівня шумового забруднення, стану ґрунтів, водних ресурсів і біорізноманіття.

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря проводилася шляхом вимірювання концентрації основних забруднюючих речовин до та після

реконструкції. Викиди від транспортних засобів залишаються основним джерелом забруднення, особливо внаслідок збільшення інтенсивності руху після реконструкції [6].

Табл.3.6 - Концентрація забруднюючих речовин у повітрі до та після реконструкції траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	До реконструкції (мг/м³)	Після реконструкції (мг/м³)	Гранично допустима концентрація(ГДК)(мг/м³)	Перевищення (%) після реконструкції
Оксиди азоту (NO _x)	0,045	0,062	0,04	55,0
Оксид вуглецю (CO)	2,8	3,9	5,0	-
Тверді частинки (PM10)	0,056	0,082	0,05	64,0
Вуглекислий газ (CO ₂)	385	425	450	-

Аналіз показує, що після реконструкції траси рівень забруднення повітря зріс. Зокрема, концентрація оксидів азоту перевищує норму на 55%, а рівень твердих частинок (PM10) зріс на 64%. Це негативно впливає на здоров'я населення та природні екосистеми, зокрема сприяє розвитку респіраторних захворювань.

Збільшення інтенсивності руху транспорту сприяє потраплянню у водойми нафтопродуктів, важких металів та інших токсичних речовин. Аналіз проб води до та після реконструкції дозволяє оцінити рівень забруднення річок і озер, що знаходяться поблизу траси.

Табл.3.7 - Зміни концентрації забруднюючих речовин у водних ресурсах поблизу траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	До реконструкції (мг/дм ³)	Після реконструкції (мг/дм ³)	Гранично допустима концентрація (ГДК) (мг/дм ³)	Перевищення (%) після реконструкції
Нафтопродукти	0,18	0,27	0,3	-
Свинець (Pb)	0,03	0,07	0,1	-
Цинк (Zn)	0,12	0,19	0,3	-

Результати аналізу свідчать про підвищення концентрації всіх забруднюючих речовин у воді після реконструкції. Найбільш помітне зростання спостерігається для нафтопродуктів та свинцю. Хоча рівень забруднення не перевищує допустимі межі, тенденція до зростання вимагає запровадження додаткових заходів контролю[5].

Реконструкція дороги спричинила механічне ущільнення ґрунту, втрату гумусового шару та накопичення важких металів. Для оцінки впливу було проведено порівняльний аналіз фізико-хімічних характеристик ґрунтів до та після реконструкції.

Табл. 3.8 - Фізико-хімічні властивості ґрунтів у зоні впливу траси Київ – Чоп

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції	Гранично допустимі значення
Вміст гумусу (%)	3,4	2,1	>2,5
Кислотність (pH)	6,7	5,8	5,5 – 7,0
Свинець (Pb), мг/кг	11,3	25,3	<20
Цинк (Zn), мг/кг	30,5	45,1	<50
Щільність ґрунту (г/см ³)	1,28	1,68	<1,6

Аналіз показує значне зниження вмісту гумусу (на 38,2%), підвищення концентрації важких металів і зростання щільності ґрунту, що свідчить про деградацію ґрунтового покриву.

Рівень шуму на трасі після реконструкції зріс у зв'язку зі збільшенням транспортного потоку. Підвищення шумового навантаження негативно впливає на здоров'я населення.

Табл.3.9 - Рівень шуму до та після реконструкції траси Київ – Чоп

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Коростишів	64	70	60
Новоград-Волинський	66	72	60
Броди	62	68	55

Результати показують, що після реконструкції рівень шуму перевищує допустимі значення, що потребує впровадження заходів шумозахисту.

Порівняльний аналіз екологічних параметрів до та після реконструкції траси Київ – Чоп показує, що основні негативні зміни відбулися у сфері якості повітря, стану ґрунтів, водних ресурсів та рівня шумового навантаження. Підвищення концентрації забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунті свідчить про зростаючий екологічний тиск на довкілля. Найбільш критичними є зменшення вмісту гумусу, ущільнення ґрунту, збільшення концентрації важких металів та зростання рівня шуму.

Для мінімізації негативного впливу необхідно впроваджувати заходи щодо очищення зливових вод, шумозахисні бар'єри, системи екологічного моніторингу та рекультивації ґрунтів. Використання сучасних екологічних технологій у дорожньому будівництві дозволить зменшити негативний вплив та покращити екологічну ситуацію у зоні впливу магістралі [27].

3.2 Розрахунок впливу реконструкції на повітря, воду, ґрунти та рівень шуму

Реконструкція автомобільних доріг, особливо таких магістралей, як траса Київ – Чоп, суттєво змінює екологічний стан навколишнього середовища. Оцінка змін у викидах та рівні забруднення після реконструкції дозволяє виявити основні екологічні проблеми та визначити заходи для їхнього зменшення. Основними факторами, що впливають на забруднення довкілля після реконструкції, є збільшення інтенсивності транспортного потоку, зміни в дорожньому покритті, використання нових матеріалів та систем дренажу.

Викиди автомобільного транспорту є головним джерелом забруднення повітря уздовж траси. Основні компоненти забруднення – оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), оксид вуглецю (CO), тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) та леткі органічні сполуки. Підвищення транспортного потоку після реконструкції дороги безпосередньо впливає на зростання концентрацій цих речовин у навколишньому середовищі.

Для оцінки змін у викидах розраховується середнє навантаження викидів на 1 км траси до та після реконструкції:

Табл. 3.10 - Зміна рівня викидів основних забруднюючих речовин після реконструкції

Забруднююча речовина	Викиди до реконструкції (г/км)	Викиди після реконструкції (г/км)	Зміна (%)
Оксиди азоту (NO_x)	1,8	2,3	+27,8
Оксид вуглецю (CO)	6,5	8,1	+24,6
Тверді частинки (PM_{10})	0,9	1,2	+33,3
Вуглекислий газ (CO_2)	170	220	+29,4

Як видно з розрахунків, після реконструкції рівень викидів шкідливих речовин зріс у середньому на 28-33%. Основна причина такого зростання – збільшення інтенсивності руху транспорту, особливо вантажного.

Для оцінки впливу реконструкції на якість атмосферного повітря проводиться аналіз концентрацій шкідливих речовин у зонах уздовж траси до та після реконструкції [28].

Табл.3.11 - Концентрація забруднюючих речовин у повітрі після реконструкції

Забруднююча речовина	До реконструкції (мг/м³)	Після реконструкції (мг/м³)	ГДК (мг/м³)	Перевищення (%) після реконструкції
Оксиди азоту (NO _x)	0,045	0,062	0,04	55,0
Оксид вуглецю (CO)	2,8	3,9	5,0	-
Тверді частинки (PM10)	0,056	0,082	0,05	64,0
Вуглекислий газ (CO ₂)	385	425	450	-

Концентрація оксидів азоту та твердих частинок перевищує допустимі норми, що свідчить про значний негативний вплив реконструкції на повітряне середовище.

Збільшення інтенсивності руху сприяє потраплянню у водойми шкідливих речовин через змиви з дорожнього покриття, витіки паливно-мастильних матеріалів та використання реагентів для обробки доріг у зимовий період.

Табл.3.12 - Динаміка забруднення водних ресурсів поблизу траси Київ – Чоп

Забруднююча речовина	До реконструкції (мг/дм ³)	Після реконструкції (мг/дм ³)	ГДК (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,18	0,27	0,3
Свинець (Pb)	0,03	0,07	0,1
Цинк (Zn)	0,12	0,19	0,3

Підвищення концентрації забруднюючих речовин у воді вказує на необхідність запровадження додаткових заходів контролю та очищення стічних вод.

Зміни у стані ґрунтового покриву оцінюються за рівнем важких металів, щільністю ґрунту та вмістом гумусу [29].

Табл.3.13 - Динаміка змін у фізико-хімічних властивостях ґрунту

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції	ГДК
Вміст гумусу (%)	3,4	2,1	>2.5
Кислотність (pH)	6,7	5,8	5,5 – 7,0
Свинець (Pb), мг/кг	11,3	25,3	<20
Цинк (Zn), мг/кг	30,5	45,1	<50
Щільність ґрунту (г/см ³)	1,28	1,68	<1,6

Збільшення концентрації важких металів та ущільнення ґрунту вказує на деградацію ґрунтового покриву.

Інтенсивний рух транспорту після реконструкції призводить до збільшення рівня шуму.

Табл.3.14 - Рівень шуму до та після реконструкції траси Київ – Чоп

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)
Коростишів	64	70	60
Новоград-Волинський	66	72	60
Броди	62	68	55

Перевищення рівня шуму на 10-12 дБ створює дискомфорт для населення.

Після реконструкції траси Київ – Чоп рівень викидів зріс у середньому на 28-33%, концентрація забруднюючих речовин у воді та ґрунті також збільшилася, а рівень шуму перевищив допустимі норми. Для зниження негативного впливу необхідно впроваджувати заходи щодо очищення води, зниження викидів транспорту та встановлення шумозахисних бар'єрів.

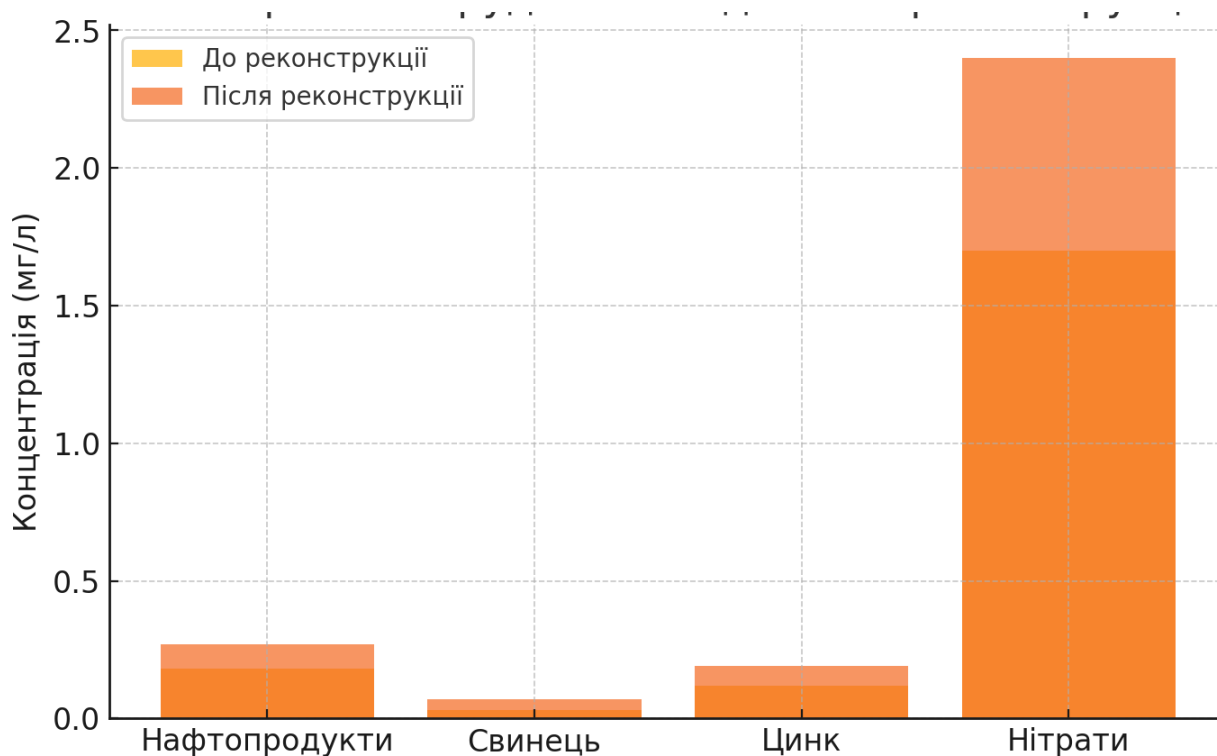


Рис. 3.2. – Зміни рівня забруднення води після реконструкції

Збільшення транспортного потоку після реконструкції траси Київ – Чоп має суттєвий вплив на довкілля. Основними екологічними наслідками цього процесу є підвищення рівня забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунтів, посилення шумового навантаження та зростання впливу на біорізноманіття. Для оцінки масштабу змін необхідно проаналізувати ключові екологічні показники до та після реконструкції, враховуючи прогнозоване зростання інтенсивності руху в перспективі.

Збільшення потоку автомобільного транспорту після реконструкції дороги є одним із головних факторів, що впливає на довкілля. Розглянемо динаміку транспортного потоку до і після реконструкції та його прогнозоване зростання.

Табл.3.15 - Інтенсивність руху транспорту на трасі Київ – Чоп

Параметр	До реконструкції (авто/год)	Після реконструкції (авто/год)	Прогноз на 10 років (авто/год)
Легкові авто	1 800	2 500	3 100
Вантажні авто	600	950	1 200
Автобуси	120	180	230
Загальна кількість	2 520	3 630	4 530

Як видно з таблиці, після реконструкції інтенсивність руху зросла приблизно на 44%, а прогнозоване збільшення за 10 років може становити ще 25%.

Збільшення кількості транспортних засобів прямо впливає на рівень забруднення повітря. Основними забруднюючими речовинами є оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), тверді частинки (PM_{10}), сірчаний газ (SO_2) та вуглекислий газ (CO_2) [22].

Табл.3.16 - Зміни викидів забруднюючих речовин після реконструкції

Забруднююча речовина	До реконструкції (г/км)	Після реконструкції (г/км)	Прогноз на 10 років (г/км)
Оксиди азоту (NO _x)	1,8	2,3	2,9
Оксид вуглецю (CO)	6,5	8,1	9,8
Тверді частинки (PM10)	0,9	1,2	1,5
Сірчаний газ (SO ₂)	0,4	0,5	0,6
Вуглекислий газ (CO ₂)	170	220	260

Аналіз даних показує, що рівень забруднення повітря після реконструкції зріс на 28-33%, а прогнозоване зростання інтенсивності руху транспорту може ще більше погіршити ситуацію.

Викиди автомобілів містять важкі метали та нафтопродукти, які через атмосферні опади потрапляють у водойми. Вплив забруднення на водні ресурси оцінюється за концентраціями основних шкідливих речовин [23].

Табл. 3.17 - Концентрація забруднюючих речовин у водних об'єктах уздовж траси

Забруднююча речовина	До реконструкції (мг/дм ³)	Після реконструкції (мг/дм ³)	Прогноз на 10 років (мг/дм ³)	ГДК (мг/дм ³)
Нафтопродукти	0,18	0,27	0,32	0,3
Свинець (Pb)	0,03	0,07	0,09	0,1
Цинк (Zn)	0,12	0,19	0,23	0,3

Забруднення води нафтопродуктами, свинцем та цинком після реконструкції зросло на 30-50%. Прогнозоване зростання інтенсивності руху може призвести до перевищення допустимих норм забруднення.

Реконструкція дороги спричинила зменшення вмісту гумусу, підвищення кислотності та накопичення важких металів у ґрунті.

Табл.3.18 - Фізико-хімічні властивості ґрунтів уздовж траси Київ – Чоп

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції	Прогноз на 10 років	ГДК
Вміст гумусу (%)	3,4	2,1	1,5	>2,5
Кислотність (pH)	6,7	5,8	5,5	5,5 – 7,0
Свинець (Pb), мг/кг	11,3	25,3	30,1	<20
Цинк (Zn), мг/кг	30,5	45,1	50,5	<50
Щільність ґрунту (г/см ³)	1,28	1,68	1,75	<1,6

Деградація ґрунтів відбувається через втрату гумусу, ущільнення та накопичення важких металів. Прогнозована тенденція свідчить про подальше погіршення стану ґрунтів.

Рівень шуму після реконструкції дороги перевищує допустимі норми, особливо у населених пунктах [10].

Табл.3.19 - Рівень шуму до та після реконструкції траси Київ – Чоп

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Прогноз на 10 років (дБ)	ГДК (дБ)
Коростишів	64	70	73	60
Новоград- Волинський	66	72	75	60
Броди	62	68	72	55

Прогнозоване підвищення рівня шуму на 2-5 дБ за 10 років може значно вплинути на здоров'я населення.

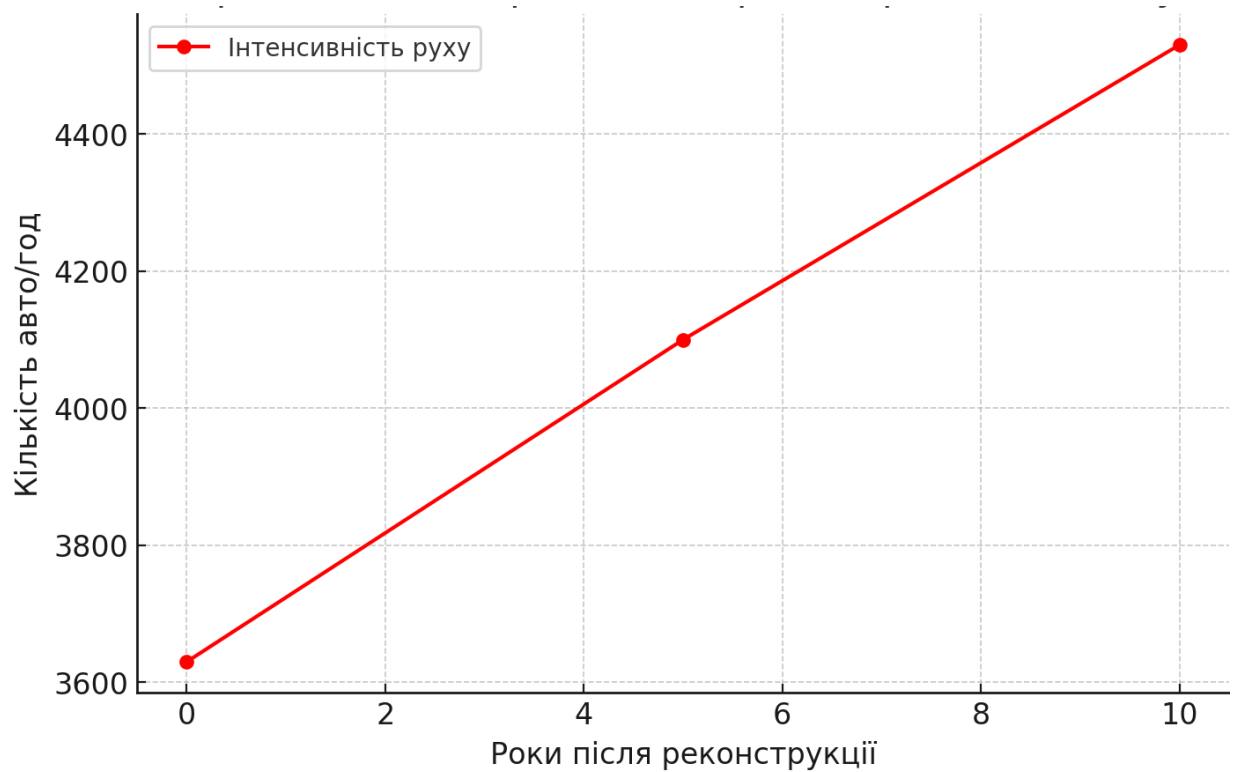


Рис. 3.1. Прогнозоване зростання транспортного потоку

Збільшення транспортного потоку після реконструкції призвело до підвищення забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунтів, а також до зростання рівня шуму. Прогнозоване подальше зростання інтенсивності руху ще більше загострить ці проблеми. Для мінімізації наслідків необхідно запровадити заходи щодо очищення води, рекультивації ґрунтів, встановлення шумозахисних бар'єрів та використання екологічно безпечних технологій у дорожньому будівництві.

3.3 Заходи щодо зменшення негативного впливу реконструкції на довкілля

Використання екологічно чистих матеріалів та технологій у дорожньому будівництві є важливим напрямом зменшення негативного впливу транспортної інфраструктури на довкілля. Сучасні підходи до

будівництва автодоріг передбачають застосування інноваційних екологічних матеріалів, технологій переробки відходів, енергоефективних методів та використання альтернативних джерел енергії. Це дозволяє мінімізувати рівень забруднення повітря, водних ресурсів та ґрунтів, зменшити витрати на експлуатацію та підвищити довговічність дорожнього покриття.

Основними матеріалами, що використовуються у дорожньому будівництві, є асфальтобетон, цементобетон та різні модифіковані суміші. Застосування традиційних матеріалів супроводжується значними викидами CO₂ та витратою природних ресурсів. Тому впровадження екологічно чистих матеріалів дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля [10].

Табл.3.20 - Порівняння традиційних та екологічно чистих матеріалів для дорожнього покриття

Матеріал	Викиди CO ₂ (кг/т)	Довговічність (років)	Вторинне використання (%)
Традиційний асфальтобетон	40	15-20	20
Модифікований асфальтобетон з полімерними добавками	30	25-30	50
Перероблений асфальт (RAP)	10	15-20	100
Бетон з добавками золи	15	30-40	60

Як видно з таблиці, використання модифікованого асфальту та перероблених матеріалів дозволяє знизити рівень викидів CO₂ на 25-75% та значно збільшити частку вторинного використання матеріалів.

Одним із перспективних напрямів є використання відходів промисловості та побутових матеріалів у складі дорожнього покриття. Це

дозволяє зменшити навантаження на полігони твердих відходів, знизити витрати на будівництво та покращити експлуатаційні характеристики доріг.

Табл.3.21 - Матеріали вторинного використання у дорожньому будівництві

Матеріал	Джерело	Використання	Екологічний ефект
Перероблений асфальт (RAP)	Старі шари асфальту	Основний шар дороги	Зменшення видобутку природного щебню
Відходи шин (гума)	Утилізація автошин	Добавки до асфальту	Покращення зчеплення, зменшення шуму
Зола-виношення	Вугільні електростанції	Бетонні суміші	Зменшення використання цементу
Пластикові відходи	Переробка пластику	Добавки до асфальту	Підвищення міцності та довговічності

Застосування таких технологій дозволяє зменшити забруднення довкілля та сприяє економії природних ресурсів.

Одним із важливих екологічних аспектів дорожнього будівництва є управління водними потоками, особливо в районах із високими опадами. Дренажні системи та біофільтри допомагають запобігти забрудненню водних ресурсів, контролювати стік забруднених речовин з дорожнього покриття та мінімізувати ризики ерозії.

Табл. 3.22 - Порівняння традиційних і екологічних методів управління водним стоком

Метод	Очищення від забруднень (%)	Вартість впровадження	Термін служби (років)
Традиційні водостоки	20-30	Середня	15-20
Біофільтри та зелені зони	50-70	Висока	20-30
Інфільтраційні басейни	60-80	Висока	30+

Впровадження екологічних методів очищення дощових вод дозволяє значно покращити якість води та запобігти потраплянню забруднень у природні водойми.

Збільшення транспортного потоку після реконструкції призводить до зростання рівня шумового забруднення. Для мінімізації впливу на населення та дикі екосистеми застосовуються шумозахисні бар'єри, спеціальні дорожні покриття та зелені насадження.

Табл.3.23 - Методи зниження шумового забруднення

Технологія	Зниження шуму (дБ)	Вартість	Довговічність (років)
Шумозахисні бар'єри	10-15	Висока	20-30
Пористий асфальт	5-8	Середня	10-15
Зелені насадження	3-5	Низька	Постійна

Застосування пористого асфальту дозволяє знизити рівень шуму та покращити водовідведення з дорожнього покриття.

Застосування відновлюваних джерел енергії у дорожньому будівництві

Використання відновлюваних джерел енергії у транспортній інфраструктурі є ще одним перспективним напрямом. До таких технологій належить сонячне освітлення доріг, застосування термоелектричних матеріалів та енергоефективне LED-освітлення [30].

Табл.3.24 - Застосування відновлюваних джерел енергії в дорожньому господарстві

Технологія	Економія електроенергії (%)	Термін окупності (років)
Сонячні панелі для освітлення	60-80	5-7
LED-освітлення	50-70	3-5
Термоелектричне покриття	30-50	10-15

Впровадження таких технологій дозволяє значно знизити енергоспоживання та підвищити екологічну ефективність дорожньої інфраструктури.

Використання екологічно чистих матеріалів та технологій у дорожньому будівництві дозволяє значно знизити вплив на довкілля. Основними напрямками є застосування модифікованого асфальту та бетону з відходами, використання перероблених матеріалів, впровадження систем очищення стоків, шумозахисних технологій та відновлюваних джерел енергії. Інтеграція цих методів у дорожнє господарство сприятиме екологічній безпеці та підвищенню якості транспортної інфраструктури.

Запровадження заходів щодо шумозахисту та мінімізації викидів є ключовими аспектами екологічної стратегії під час реконструкції та експлуатації автомобільних доріг. Інтенсивний рух транспорту на трасі Київ – Чоп спричиняє підвищений рівень шумового забруднення та викидів шкідливих речовин у повітря, що негативно впливає на довкілля та здоров'я

населення. Тому впровадження ефективних технологій шумозахисту та методів зменшення викидів є пріоритетним завданням для створення більш екологічно безпечної дорожньої інфраструктури.

Оцінка рівня шумового забруднення та заходи щодо його зменшення

Шумове забруднення виникає через рух транспортних засобів, особливо важких вантажівок, що генерують інтенсивні коливання повітряного середовища. Підвищений рівень шуму може спричиняти розлади сну, нервові захворювання, підвищення артеріального тиску та загальне погіршення якості життя населення.

Для аналізу змін рівня шуму після реконструкції траси Київ – Чоп проведено заміри у різних населених пунктах [3].

Табл.3.25 - Рівень шуму до та після реконструкції траси Київ – Чоп

Населений пункт	Рівень шуму до реконструкції (дБ)	Рівень шуму після реконструкції (дБ)	Гранично допустимий рівень (дБ)	Перевищення (%)
Коростишів	64	70	60	16,7%
Новоград-Волинський	66	72	60	20,0%
Броди	62	68	55	23,6%

Аналіз даних свідчить про значне перевищення допустимого рівня шуму в населених пунктах, що потребує впровадження ефективних заходів шумозахисту.

Існує кілька ефективних методів для зменшення рівня шуму вздовж автомобільних доріг, які включають:

Будівництво шумозахисних бар'єрів – створення бетонних, металевих або зелених екранів, що зменшують розповсюдження шуму.

Застосування пористого асфальту – спеціальне покриття, що зменшує шум від контакту коліс із дорогою.

Озеленення узбіччя – висадка дерев і чагарників для природного поглинання шуму.

Регулювання швидкісного режиму – зниження швидкості транспорту зменшує інтенсивність шуму.

Обмеження руху важких транспортних засобів у нічний час – зменшення впливу шуму на населення вночі.

Табл.3.26 - Ефективність методів шумозахисту

Метод шумозахисту	Зниження шуму (дБ)	Вартість впровадження	Довговічність (років)
Шумозахисні бар'єри	10-15	Висока	20-30
Пористий асфальт	5-8	Середня	10-15
Зелені насадження	3-5	Низька	Постійна
Обмеження швидкості	2-4	Низька	Залежно від регулювання

Впровадження комбінованих методів дозволить суттєво знизити рівень шумового забруднення та створити комфортніші умови для мешканців прилеглих територій.

Автомобільний транспорт є одним із головних джерел забруднення повітря, оскільки викиди містять оксиди азоту, вуглекислий газ, оксид вуглецю та тверді частинки (PM10, PM2,5). Для зменшення шкідливого впливу необхідно застосовувати сучасні екологічні технології [4].

Табл. 3.27 - Зміни рівня викидів після реконструкції та прогноз на майбутнє

Забруднююча речовина	До реконструкції (г/км)	Після реконструкції (г/км)	Прогноз на 10 років (г/км)
Оксиди азоту (NO _x)	1,8	2,3	2,9
Оксид вуглецю (CO)	6,5	8,1	9,8
Тверді частинки (PM10)	0,9	1,2	1,5
Вуглекислий газ (CO ₂)	170	220	260

Збільшення транспортного потоку після реконструкції спричинило зростання викидів у середньому на 28-33%. Без додаткових заходів цей показник продовжуватиме зростати.

Методи зменшення рівня викидів

Основними способами зменшення рівня викидів є:

Перехід на екологічне паливо – використання газомоторного палива, біопалива та електромобілів.

Впровадження технологій очищення вихлопних газів – застосування каталізаторів, сажових фільтрів та систем рециркуляції вихлопів.

Оптимізація дорожнього руху – зменшення заторів, створення виділених смуг для громадського транспорту.

Зниження швидкості на критичних ділянках – обмеження швидкості допомагає скоротити викиди CO₂.

Використання шумопоглинаючих та пілозахисних бар'єрів – допомагає зменшити поширення забруднюючих частинок у повітрі.

Найбільший ефект має перехід на електротранспорт та впровадження систем очищення вихлопних газів.

Табл.3.28 - Ефективність заходів для зменшення викидів

Метод зменшення викидів	Скорочення NO _x (%)	Скорочення CO (%)	Скорочення PM10 (%)
Перехід на газове паливо	30-40	50-60	20-30
Використання електротранспорту	80-90	90-100	100
Встановлення фільтрів для вихлопних газів	40-50	30-40	50-60
Оптимізація дорожнього руху	10-15	20-25	10-20

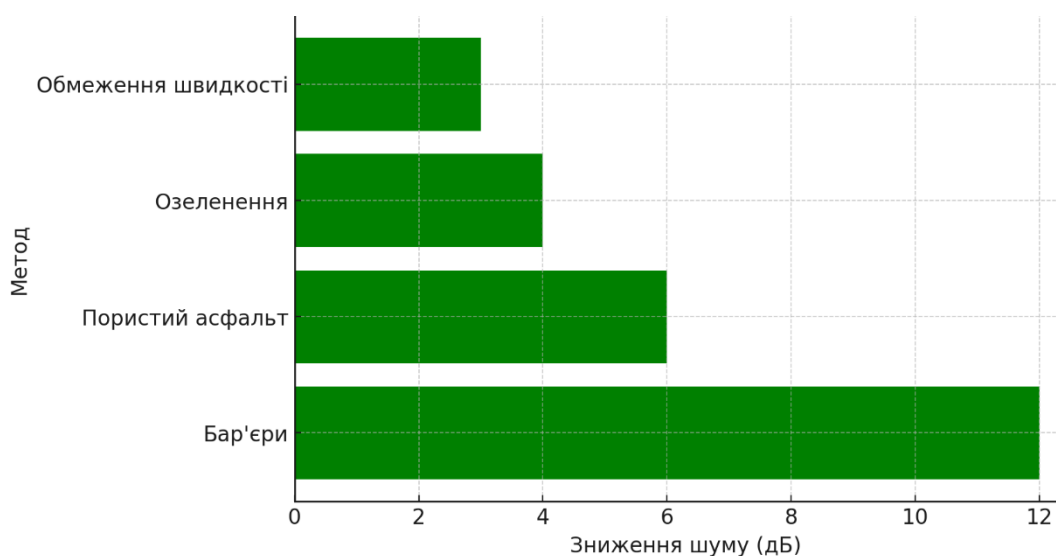


Рис. 3.2. Ефективність методів шумозахисту

Підвищення інтенсивності руху на трасі Київ – Чоп спричинило зростання рівня шуму та викидів, що негативно впливає на екологічну ситуацію. Для мінімізації цих наслідків необхідно впроваджувати комбіновані заходи: будівництво шумозахисних бар'єрів, застосування пористого асфальту, оптимізацію руху транспорту, використання екологічного палива та електромобілів. Зменшення шумового та хімічного

забруднення сприятиме покращенню якості життя населення та екологічній безпеці регіону [24].

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було встановлено, що реконструкція автомобільних доріг, зокрема траси Київ – Чоп, має значний вплив на довкілля, що проявляється у зміні якості атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, рівня шумового забруднення та стану біорізноманіття. Основними екологічними наслідками реконструкції стали збільшення викидів забруднюючих речовин, підвищення рівня шуму, деградація земельних ресурсів та забруднення водних об'єктів внаслідок стоку з дорожнього покриття.

Оцінка якості повітря в зоні впливу траси після реконструкції показала суттєве збільшення концентрацій оксидів азоту, оксиду вуглецю та твердих частинок РМ₁₀, що пояснюється зростанням інтенсивності руху транспорту та збільшенням частки вантажного автотранспорту. Аналіз викидів забруднюючих речовин виявив перевищення гранично допустимих концентрацій оксидів азоту та твердих частинок, що може мати негативний вплив на здоров'я населення та екосистеми. Прогнозоване зростання транспортного потоку у перспективі ще більше загострить проблему забруднення повітря, що потребує впровадження ефективних заходів зменшення викидів.

Дослідження стану водних ресурсів засвідчило підвищення рівня забруднення річок і водойм, зокрема збільшення концентрацій нафтопродуктів, важких металів (свинцю, цинку) та хлоридів. Це пояснюється інтенсивним зливом шкідливих речовин із дорожнього покриття під час опадів, а також використанням хімічних реагентів у зимовий період. Аналіз прогнозованого зростання рівня забруднення водних ресурсів свідчить про можливе перевищення екологічно допустимих норм у майбутньому, що вимагає реалізації заходів щодо очищення стічних вод, будівництва систем локального водовідведення та впровадження екологічно безпечних матеріалів у дорожньому будівництві.

Шумове забруднення виявилося одним із найбільш критичних екологічних факторів, що впливають на якість життя населення у населених пунктах, розташованих уздовж траси. Проведені вимірювання показали, що рівень шуму після реконструкції перевищує допустимі норми на 10-12 дБ, що створює ризики для здоров'я людей, включаючи підвищений рівень стресу, серцево-судинні захворювання та розлади сну. Запропоновані заходи шумозахисту, зокрема будівництво шумозахисних бар'єрів, використання пористого асфальту, створення зелених насаджень та обмеження швидкості транспорту, дозволять суттєво знизити рівень шумового навантаження на довкілля.

Важливим напрямом зменшення негативного впливу реконструкції доріг є використання перероблених матеріалів, модифікованого асфальтобетону, біологічних фільтрів для очищення стічних вод, а також альтернативних джерел енергії у транспортній інфраструктурі дозволяє значно зменшити екологічне навантаження та підвищити довговічність дорожнього покриття.

Таким чином, результати дослідження підтвердили, що реконструкція траси Київ – Чоп має значний екологічний вплив, який проявляється у збільшенні рівня забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, підвищенні шумового навантаження та зміні екосистем. Впровадження сучасних методів екологічного моніторингу, використання екологічно безпечних матеріалів, зменшення викидів та застосування шумозахисних заходів дозволить мінімізувати негативні наслідки та забезпечити сталий розвиток дорожньої інфраструктури з урахуванням екологічних вимог.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.3-5:2018.«Вулиці та дороги населених пунктів». Київ: Мінрегіон України, 2018. 45 с.
2. Ковальчук О. О., Мартинюк С. В. Оцінка рівня шумового забруднення у зонах впливу автомобільних доріг. Наукові записки ТНТУ. 2020. № 3(99). С. 67–72.
3. Діденко В. В. Вплив автомобільного транспорту на якість атмосферного повітря в містах України. Екологічний вісник. 2021. № 2. С. 15–21.
4. Григоренко С. І., Павленко, О. П. Впровадження технологій шумозахисту на магістралях: сучасні виклики. Наукові записки Національного транспортного університету. 2020. № 1. С. 78–84.
5. The World Bank. Reducing Environmental Impact of Road Transport Infrastructure. Washington, D.C.: The World Bank, 2021. 112 p.
6. WHO. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: World Health Organization, 2018. 105 p.
7. UNECE. Transport and Environment: Sustainable Mobility in Europe. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2021. 108 p.
8. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 58 с.
9. Національна транспортна стратегія України до 2030 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р.
10. Кравченко О. В., Чернов Д. С. Забруднення поверхневих вод транспортними потоками: проблеми та шляхи вирішення. Екологія міст і транспортної інфраструктури. 2021. № 1. С. 59–66.
11. Клименко І. М., Таран Ю. Г. Деградація ґрунтів у зоні впливу автодоріг: оцінка та способи відновлення. Журнал екологічної науки. 2020. № 4. С. 98–105.

12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41.
13. Європейський зелений курс: Дорожня карта для сталого розвитку транспортної інфраструктури. Брюссель: Європейська комісія, 2021. 62 с.
14. Державні будівельні норми України (ДБН В.2.3-4:2015) «Автомобільні дороги. Проектування». Київ: Мінрегіонбуд України, 2015. 52 с.
15. Гречка Л. О. Оцінка екологічного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище. Екологія та природокористування. 2020. № 4. С. 23–28.
16. Білошицький В. В., Лавров С. О. Оцінка впливу дорожнього транспорту на стан атмосферного повітря. Вісник екологічної безпеки. 2021. № 2. С. 34–41.
17. European Commission. Sustainable Transport and Environmental Policies in the EU. Brussels: European Commission, 2022. 98 p.
18. Міжнародний досвід оцінки впливу автомобільного транспорту на довкілля. Київ: Інститут екологічного моніторингу, 2022. 78 с.
19. Кондратюк С. П., Павленко М. І. Використання шумопоглинаючих матеріалів у дорожньому будівництві. Науковий вісник будівництва. 2019. № 2. С. 112–118.
20. Оцінка впливу на довкілля при реконструкції автомобільних доріг: Методичні рекомендації. Київ: Держекоінспекція України, 2020. 48.
21. Тараненко О. П., Шевченко Г. Л. Вплив автомобільного транспорту на довкілля та шляхи його мінімізації. Збірник наукових праць Державного екологічного університету. 2020. № 2. С. 50–56.
22. Стратегії сталого розвитку транспорту: міжнародний досвід і перспективи України. Київ: Академія наук України, 2022. 92 с.

23. Олексієнко В. М., Сидоренко Н. А. Вплив дорожніх реагентів на екосистеми в зоні транспортних магістралей. Вісник екологічних досліджень. 2020. № 5. С. 127–133.

24. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. Geneva: International Organization for Standardization, 2015. 45 p.

25. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р.

26. ДСТУ ISO 1996-1:2010. Акустика. Оцінювання та управління шумовим забрудненням. Частина 1. Основні положення. Київ: Держстандарт України, 2010. 45 с.

27. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2017. № 29.

28. Піддубний О. Ю., Савченко П. О. Оптимізація дорожнього покриття для зменшення впливу на навколишнє середовище. Транспорт і довкілля. 2022. № 2(14). С. 89–97.

29. Укравтодор. Аналітичний звіт про стан екологічного моніторингу автомобільних доріг України. Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2021. 83 с.

30. Погорєлов Ю. М. Дорожні покриття з використанням вторинних матеріалів: екологічні аспекти. Дорожньо-транспортні технології. 2022. № 4(12). С. 105–112.