

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В. Ф. Фролов
« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА НАПРЯМОМ 6.040106 «ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»

**Тема: «Забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних
шляхів»**

Виконавець: студент групи ЕК- 401 Маркушин Ярослав Вікторович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри екології, Пестова Ірина Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

(підпис)

Явнюк А. А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Напрямок підготовки: 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Фролов В. Ф.

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Маркушина Ярослава Вікторовича

1. Тема роботи «Забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів» затверджена наказом ректора від «27» квітня 2020 р. № 527/ст.
2. Термін виконання роботи: з 25.02.2020 р. по 21.06.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: методичні матеріали, літературні джерела за напрямком дослідження, природоохоронна нормативно-законодавча база, космічні знімки демонстраційного характеру.
4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд літературних джерел з тематики диплому, загальна характеристика впливу транспортних шляхів на забруднення об'єктів довкілля, дистанційні методи дослідження забруднення об'єктів довкілля.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Складання літературного огляду за темою наукового дослідження	25.02-23.03.2020	
2.	Огляд літературних джерел та законодавчої бази	24.03-07.04.2020	
3.	Підготовка основної частини (Розділ I, II)	08.04-28.04.2020	
4.	Підготовка основної частини (Розділ III)	29.04-12.05.2020	
5.	Обробка та оформлення вихідних матеріалів дипломної роботи	13.05.-26.05.2020	
6.	Формування висновків і рекомендацій	27.05-02.06.2020	
7.	Передзахист дипломної роботи	05.06.2020	
8.	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	06.06-12.06.2020	
10.	Захист дипломної роботи	16.06.2020	

7. Дата видачі завдання: « » _____ 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____ Пестова І.О.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Маркушин Я.В.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів»: 48 с., 6 рис., 8 табл., 14 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: вплив інтенсивності транспортного потоку на забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів.

Предмет дослідження: транспортні шляхи, інтенсивність транспортного потоку.

Мета роботи: дослідити методи дослідження забруднення об'єктів довкілля з використанням статистичних даних та даних дистанційного зондування Землі.

Методи дослідження: аналіз літературних даних, аналіз досліджуваної території, дешифрування космічних зображень середньої та високої просторової розрізненості, узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних.

**ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ, ТРАНСПОРТНІ ШЛЯХИ,
ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, КОСМІЧНІ ЗНІМКИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ
ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Загальний аналіз забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів	9
1.1. Аналіз впливу транспортного комплексу на об'єкти довкілля.....	9
1.1.1 Забруднення атмосфери автомобільним транспортом	9
1.1.2 Вплив шкідливих речовин на організм людини та навколишнє середовище	10
1.1.3 Шумове забруднення	13
1.1.4. Екологічні проблеми транспортних тунелів	14
1.2. Шкідливий вплив транспортних шляхів на екосистему та заходи з його мінімізації.....	16
РОЗДІЛ 2. Вплив автомобільних доріг на навколишнє природне середовище.....	19
2.1. Основні напрями і форми впливу доріг на навколишнє середовище	21
2.2. Забруднення придорожніх територій автомобільних доріг	24
2.3. Організаційні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту	27
2.3.1 Розподіл транспортних потоків та зменшення кількості автомобілів	2
2.3.2	Рациональне

водіння.....31

РОЗДІЛ 3. Використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів32

3.1. Види дистанційних даних для вирішення екологічних задач32

3.2. Методи екологічного моніторингу транспортних шляхів із залученням даних дистанційного зондування Землі36

3.2.1. Дослідження ступеню забрудненості повітря37

3.2.2. Оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автотранспорту біля фасадів жилих будинків40

3.2.3.Визначення необхідної ширини шумозахисної смуги.....41

3.3. Рекомендації щодо створення системи екологічного моніторингу транспортних шляхів.....44

ВИСНОВКИ.....46

СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....47

ВСТУП

Актуальність теми. Стан навколишнього середовища в Україні має тенденцію до погіршення кожного року. Зміна клімату, погіршення якості повітря, води, ґрунту стають глобальними проблемами для України. Автотранспорт є вагомим джерелом забруднення довкілля. В даний час на частку автомобільного транспорту припадає більше половини усіх шкідливих викидів у навколишнє середовище, які є головним джерелом забруднення атмосфери, особливо у великих містах. У середньому при пробігу 15 тис. км за рік кожен автомобіль спалює 2 т палива і близько 26 – 30 т повітря, у тому числі 4,5 т кисню, що в 50 разів більше потреб людини. При цьому автомобіль викидає в атмосферу: чадного газу – 700 кг/рік, діоксиду азоту – 40 кг/рік, незгорілих вуглеводнів – 230 кг/рік і твердих речовин – 2 - 5 кг/рік.

Ситуація з контролем екологічної ситуації в області автомобільного транспорту в Україні є складною. Незважаючи на наявність законодавчої бази, що регулює відносини в області екології, контроль за її виконанням залишається низьким. З лютого 2010 року Україна приєдналася до Женевської Угоди про технічні вимоги до конструкції транспортних засобів, які частіше називають у пресі екологічними стандартами Еуро. 1 січня 2012 року в Україні вступили в дію екологічні норми Євро-3, Євро-4 — з 1 січня 2014 року, Євро-5 — з 1 січня 2016 року, Євро-6 з 1 січня 2018 року. Це означає, що автомобілі, які не відповідають впровадженому стандарту, не можуть бути ввезені або вироблені на території країни. Але це на законодавчому рівні, а у повсякденному житті відповідність конкретного автотранспортного засобу екологічним нормам контролюється тільки один раз, при сертифікації на заводі, а в подальшому залежить тільки від сумлінності користувачів.

Застосування методів та даних дистанційного зондування Землі є обов'язковою складовою при просторово-часовому аналізі розподілу забруднюючих речовин, що є особливо важливим в сфері екологічної безпеки.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Дослідити методи дослідження забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів з використанням статистичних даних та даних дистанційного зондування.

Завдання роботи:

1. Встановити види та джерела забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів.
2. Розглянути методи розрахунку забруднення об'єктів довкілля, викликаного транспортними засобами та заходів його мінімізації.
3. Проаналізувати методи використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів.
4. Надати рекомендації, щодо мінімізації забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів та їх захисту.

Об'єкт дослідження: вплив інтенсивності транспортного потоку на забруднення об'єктів довкілля в межах транспортних шляхів.

Предмет дослідження: транспортні шляхи, інтенсивність транспортного потоку.

Методи дослідження: аналіз літературних даних, аналіз досліджуваної території, дешифрування космічних зображень середньої та високої просторової розрізненності, узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних. Вибір та коректне застосування добре відомих та неодноразово верифікованих методів дослідження забезпечив обґрунтованість отриманих в дипломній роботі результатів і висновків.

Особистий внесок випускника: проведено літературний огляд щодо існуючих напрямів вирішення проблеми визначення забруднення об'єктів довкілля, досліджено ефективність використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки екологічного стану території.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ В МЕЖАХ ТРАНСПОРТНИХ ШЛЯХІВ

1.1. Аналіз впливу транспортного комплексу на об'єкти довкілля

Серед найголовніших видів впливу транспортного комплексу можна назвати:

- відчуження площ територій під шляхопроводи та об'єкти транспортної інфраструктури, ерозійні процеси, осушення, вирубування лісів, кар'єрна розробка будівельних матеріалів;

- споживання природних ресурсів; серед них: нафтопродукти та природний газ для виробництва палива та мастильних матеріалів; вода для систем охолодження, для миття транспортних засобів, для виробничих і побутових потреб транспортних підприємств; повітря для забезпечення процесів спалювання палива;

- технологічне і транспортне забруднення шкідливими речовинами, шумом, вібраціями, надлишковою теплою, електромагнітними та іонізуючими випромінюваннями навколишнього середовища (повітря, води, ґрунту) підприємствами транспорту і дорожнього господарства, дорогами як лінійними спорудами.

1.1.1. Забруднення атмосфери автомобільним транспортом

Автотранспорт забруднює атмосферу трьома способами: емісією шкідливих речовин з відпрацьованими газами, проривом газів у картер двигуна й емісією шкідливих речовин у результаті випару палива в паливних баках, карбюраторах, а також у результаті витоків палива. Головним з них є перший спосіб, на частку якого приходиться близько половини шкідливих викидів від автомобілів в атмосферу. Основними нетоксичними компонентами відпрацьованих газів автотранспортних засобів є азот, кисень, пари води і вуглекислий газ. Усього налічується близько 200

шкідливих (забруднюючих) речовин, багато яких небезпечні для здоров'я людини. До токсичних речовин відносяться: оксиди вуглецю, оксиди азоту, альдегіди, вуглеводні, сірчистий газ, сажа, бензапірен та ін. В ролі основних забруднювачів ґрунтів виступають метали та їхні сполуки. Масовий небезпечний характер носить забруднення ґрунтів свинцем. З'єднання свинцю використовують як добавку до бензина, тому автомобільний транспорт є дуже серйозним джерелом забруднення від свинцю. Забруднення вод транспортними відходами проявляється в зміні фізичних і органолептичних властивостей (порушення прозорості, забарвлення, запаху, смаку), збільшення змісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, скорочення розчиненої у питній воді кисню, появу радіоактивних елементів.

1.1.2. Вплив шкідливих речовин на організм людини та навколишнє середовище

Розвинена мережа пасажирського автомобільного транспорту здатна не тільки задовольняти потреби щоденної мобільності городян, а й бути причиною постійного забруднення густонаселених районів, сприяти розвитку хронічних захворювань у мешканців прилеглих до автомобільних доріг територій.

Дорожній транспорт виділяє оксид вуглецю (CO), вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO₂), озон, бензол і дрібні тверді частинки. Транспорт, який включає, крім дорожнього, авіаційний, залізничний та водний транспорт, є одним із найбільших постачальників викидів вуглекислого газу (CO₂).

Оксид вуглецю (чадний газ) - результат неповного згоряння палива, що міститься у відпрацьованих газах. Оксид вуглецю - отруйна речовина, яка не має кольору та запаху. Вступаючи в реакцію з гемоглобіном в крові, оксид вуглецю утворює стійку сполуку - карбоксигемоглобін, що ускладнює процес газообміну в клітинах, що призводить до кисневого голодування (спорідненість гемоглобіну з оксидом вуглецю приблизно в 210 разів перевищує його спорідненість з киснем). Тому прямий вплив оксиду вуглецю полягає у зниженні здатності крові переносити кисень. На щастя, цей процес є оборотним: кров починає очищатися на половину

кожні 3-4 години після припинення інгаляції. Оксид вуглецю легший, ніж повітря, тому швидко випаровується на відкритих ділянках, але особливо небезпечний при вдиханні безпосередньо з вихлопної труби або в погано провітрюваних приміщеннях.

Вуглекислий газ (CO₂) не вважається токсичною речовиною. Однак високі концентрації CO₂ у поєднанні з низькими концентраціями кисню негативно впливають на здоров'я людини, включаючи головні болі, запаморочення, порушення пам'яті та здатність до концентрації, утруднення сну, шум у вухах і запаморочення, світлобоязнь, втрату рухливості очей, вади зорового поля, збільшення «Сліпої плями», недостатню адаптацію до темряви та зміну особистості. Вуглекислий газ також відноситься до так званих парникових газів, які спричиняють зміну клімату та парниковий ефект. Збільшення викидів CO₂ підвищило кислотність океану на 30%, впливаючи на широкий спектр організмів.

Оксиди азоту - це група високореактивних газів, що утворюються в результаті роботи автомобільного транспорту. Кількість оксидів азоту збільшується в міру підвищення температури двигуна. Викиди NO_x під час горіння в основному виділяються як оксид азоту (NO), до якого може окислитись діоксид азоту (NO₂), який є потужним забруднювачем повітря. Летючі оксиди азоту, які потрапляють в атмосферу, становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища через транспортування викидів. Вони можуть викликати кислотні дощі і самі по собі токсичні: ці речовини дратують слизові оболонки людини, провокують астму та респіраторні алергічні реакції. Діоксид азоту в основному впливає на дихальні шляхи та легені, а також змінює склад крові, зокрема знижує вміст гемоглобіну в крові. Вплив діоксиду азоту на організм людини знижує його стійкість до хвороб, призводить до кисневого голодування тканини, особливо у дітей, посилює дію канцерогенів, сприяючи появі злоякісних новоутворень.

Діоксид сірки не токсичний, але в поєднанні з іншими забруднюючими речовинами і вологою він дратує очі, ніс і горло, згубно впливає на легені. Діоксиди сірки та азоту є причиною так званих кислотних дощів. Кислотні дощі значно підвищують кислотність ґрунту, руйнують конструкційні матеріали, впливають на

врожайність сільськогосподарських культур, здоров'я людини. Забруднення атмосферного повітря завдає непоправної шкоди пам'яткам культури, прискорюючи їх старіння. Наприклад, за 90 років свого перебування в Центральному парку в Нью-Йорку стародавній єгипетський обеліск "Голка Клеопатри" постраждав набагато більше, ніж протягом трьох тисячоліть свого перебування в Єгипті [1-2].

Озон утворюється в атмосфері під час фотохімічної реакції сонячного світла на забруднювачі-попередники, такі як оксид азоту. Озон руйнується при реакції з двоокисом азоту і випадає на землю. У той час, як озон корисний для атмосфери, на людину він впливає негативно.

Двигуни внутрішнього згоряння можуть утворювати дуже дрібні тверді частинки (PM_{2.5}, PM₁₀) діаметром 10 нанометрів і менше у достатній кількості. Дослідження показали, що тверді речовини в повітрі негативно впливають на здоров'я людини. Діапазон їх впливу на організм людини досить широкий, але в основному дрібні тверді речовини впливають на дихальну та серцево-судинну системи. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, на кожні додаткові 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ твердих часток з діаметром 2,5 рівень смертності зростає на 6 %.

Згідно з даними лабораторних досліджень [3], відсоток проб атмосферного повітря з перевищенням гранично допустимої концентрації (ГДК) на центральних вулицях Харкова у 5-7 разів більше, ніж відсоток проб з перевищенням ГДК у зоні впливу промислових підприємств. Дослідження стану здоров'я підлітків міста Харкова показало, що екологічні та соціально-економічні фактори зовнішнього середовища істотно впливають на стан здоров'я населення. Виявлено, що здорових підлітків, які мешкають у центральній частині міста, з більш високою концентрацією викидів від транспорту, істотно менше, ніж здорових підлітків у спальних районах міста, де концентрація викидів від транспорту у повітрі нижче, аніж в центральній частині міста.

За даними Головного управління статистики в Харківській області: за останні роки зменшуються обсяги викидів від стаціонарних джерел (промислових підприємств) і зростають обсяги викидів від пересувних джерел — автотранспорту. Найбільше забруднення атмосферного повітря виявлено на великих транспортних

магістралях міста [4].

1.1.3. Шумове забруднення

Протягом останніх десятиліть екологи звернули увагу на негативний вплив шуму на організм людини. Відповідно до проведених досліджень, 60-80 % шумів, що супроводжують людину в житловій забудові, створюють транспортні потоки. Транспортний шум є одним з найбільш небезпечних параметричних забруднень навколишнього середовища. Шум може викликати роздратування і агресію, артеріальну гіпертензію (підвищення артеріального тиску), тиннітус (шум у вухах), втрату слуху. При надмірному рівні шум впливає на орган слуху, центральну нервову систему і серцево-судинну систему. За даними лабораторних досліджень, зміни в нервовій системі в 2/3 випадків починаються до того, як почнеться зниження слуху (кохлеарний неврит). Шум впливає на обмін речовин, пригнічує окислювальні процеси, сприяє розвитку гіпертонічної хвороби.

Орган слуху людини має здатність диференціювати сигнальний шум від «фонового» шуму. Щоб попередити негативний вплив тривалого шуму на людину в процесі сну і відпочинку, еквівалентний скоректований рівень шуму всередині приміщень не повинен перевищувати 30 дБ. Звуки, супутні дорожньому руху як всередині, так і за межами міських районів, є найбільш важливим джерелом шумового забруднення навколишнього середовища в ЄС. Близько 125 мільйонів людей потенційно піддаються впливу шуму, що перевищує 55 дБ (за станом на 2012 рік).

Згідно з дослідженнями, проведеними в Великобританії серед людей, у яких спостерігалися порушення артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, які проживають в безпосередній близькості до джерел автомобільного шуму, при застосуванні шумовідбивних загороджень в довгостроковій перспективі знижується рівень серцево-судинних захворювань у порівнянні з тими, хто постійно піддається шкідливому впливу автомобільного шуму. Зменшення наслідків постійного повітряного і шумового забруднення на здоров'я людини важливо як для збереження

людських життів, так для і зменшення економічного тиску смертей і хвороб працездатного населення на економіку країни. Поліпшити ситуацію, що склалася, можливо комплексним поетапним підходом до проблем екології.

1.1.4. Екологічні проблеми транспортних тунелів.

Тунелі - один з найкращих способів вирішення багатьох екологічних проблем, пов'язаних з транспортом, особливо у великих містах. Завдяки новітнім технологіям тунель сьогодні не вважається занадто складним. Переміщення транспортних потоків нижче рівня землі дозволяє знизити рівень забруднення повітря в поверхневому шарі, знизити рівень шуму в містах, підвищити безпеку дорожнього руху тощо. Екологічні проблеми під час будівництва та експлуатації транспортних маршрутів, включаючи підземні тунелі, виникають з багатьох причин:

- використання недосконалих технологій та недосконалих конструктивних рішень;
- відсутність техніки та технологій, які дають змогу контролювати викиди забруднень;
- недостатньо глибоке розуміння серйозності екологічних проблем у середовищі проектувальників, будівельників, замовників, які фінансують та реалізують транспортні програми;
- недостатність фінансування.

Серед головних екологічних проблем під час прокладання тунелів є такі:

- зміна рівня ґрунтових вод;
- шумовий вплив як усередині тунелю, так і на виході з нього;
- вентиляція тунелів.

Зміни рівня ґрунтових вод суттєво впливають на навколишні території та місцеві біотопи, які там мешкають. Іноді цей ефект може поширюватися на відстань до 20 км. Цей вплив особливо сильний у річкових долинах та інших низинних районах із заплавною рослинністю та вологолюбними середовищами проживання. Такі середовища існування часто стають останнім притулком для багатьох рідкісних видів тварин і рослин, особливо в міських районах. Для збереження вологолюбних

середовищ існування в стані, близькому до їх первісного природного стану, необхідно перенести відкачувану воду під час будівництва тунелю в місця, які потребують вологи. Насосні станції та інфільтраційні споруди, необхідні для цього, повинні бути передбачені під час проектування та будівництва. При перетинанні потоку підземних ґрунтових вод тунелем постає потреба не лише захисту тунелю від води, але й збереження потоку ґрунтових вод шляхом спорудження дюкерів або застосування інших технічних рішень.

Шумний вплив транспорту в тунелях та на виході з них, як правило, перевищує допустимий рівень, а саме 55 дБА. Поширеним технічним рішенням захисту від шуму є використання шумозахисних екранів. У той же час при виборі виду і конструкції екрана часто керуються лише акустичними вимогами зниження шуму. Вибір конструкції, кольору та матеріалу шумозахисних конструкцій має велике значення з точки зору візуального сприйняття. Під час проектування тунелю, як правило, немає необхідності створювати шумозахисні споруди від шуму, що виходить з тунелю, якщо будинки розташовані на відстані більше 100 м від виходу.

Однак характеристики тунельного шуму відрізняються від шуму на відкритих ділянках шляхопроводу. Необхідно встановити звукоізоляційне обладнання тунелю, але не по всій його довжині, а лише в крайніх частинах на виходах з тунелю. Довжина цієї частини становить приблизно $2 \div 3$ діаметра тунелю. Досвід показує, що для досягнення бажаного ефекту з економічної та екологічної точки зору вигідніше влаштовувати обладнання з високоякісного матеріалу на невеликих площах, ніж використовувати матеріали з низькими властивостями шумопоглинання по всій довжині тунелю.

У той же час неможливо запропонувати одне стандартне технічне рішення, тому що в кожному конкретному випадку потрібно враховувати ситуацію перед тунелем, враховуючи конструкцію, топографію, символи транспортних засобів, їх акустичні характеристики, напрямок і висоту тунель тощо.

Вентиляція всередині тунелю здійснюється вентиляційними пристроями, які сьогодні працюють майже безшумно. Вентиляція тунелів розраховується з урахуванням наступних факторів:

- забруднення повітря CO є головним критерієм для розрахунку потреби у свіжому повітрі для вентиляції;

- емісія NOX є також важливим критерієм для уточнення питання, чи не викликають об'єми газів, що виходять з тунелю, забруднення атмосферного повітря понад ГДК;

- врахування параметрів, що впливають на об'єм свіжого повітря, що має подаватися в тунель.

Це такі параметри, як ухили проїзної частини, що визначають режим руху, типи двигунів транспортних засобів, інтенсивність та швидкості руху.

1.2. Шкідливий вплив транспортних шляхів на екосистему та заходи з його мінімізації

Законодавством встановлено, що підприємства транспорту несуть відповідальність за шкоду, заподіяну навколишньому природному середовищу. Вони зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища (ст. 13, 16 Закону України «Про транспорт»).

Об'єкти транспорту здійснюють як позитивний, так і негативний вплив на екосистеми. З одного боку, вони своєю діяльністю порушують принципи функціонування екосистем. Унаслідок транспортної діяльності екосистеми можуть деградувати і втрачати стійкість. На сьогодні частку транспортної галузі у загальному антропогенному забрудненні навколишнього середовища оцінюють майже у 40 %. Це більше, ніж будь-якої іншої галузі промисловості. З іншого боку, транспорт забезпечує переміщення людей та матеріальних цінностей, чим забезпечує комфортабельніші умови життєдіяльності. Динаміку перевезень вантажів в Україні протягом 2000–2015 рр. за видами транспорту динаміку пасажирських перевезень.

Транспорт є джерелом підвищеної небезпеки для життя та здоров'я людини через можливі дорожньо-транспортні пригоди, шкідливі викиди, дискомфорт у

транспорті, споживання природних ресурсів. У той же час транспортні засоби викликають позитивні соціально-економічні та морально-психологічні наслідки.

До позитивних ефектів транспортного засобу належать:

- розвиток торгівлі, політичних, культурних зв'язків, розширення контактів;
- стимулювання науково-технічного прогресу та сприяння створенню додаткових робочих місць;
- участь у виробничих процесах і, як наслідок, скорочення інноваційних циклів при виробництві товарів;
- надання відчуття свободи й незалежності індивіду;
- розширення можливостей для життя у сприятливих умовах;
- збільшення життєвого простору окремого індивіда;
- підвищення доступності соціально-побутових послуг для споживачів;
- задоволення потреби споживачів у широкому асортименті товарів;
- надання відчуття радості від комфорту і зручностей за несприятливих погодних умов.

До негативних впливів транспортного засобу відносять:

- порушення газової і енергетичної рівноваги в атмосфері;
- виснаження ресурсів атмосфери, корисних копалини, прісної води;
- знищення живих організмів в дорожньо-транспортних пригодах;
- отруєння біологічних ресурсів, зокрема рослин, тварин та людини;
- посилення стресових навантажень учасників руху;
- зменшення життєвого простору за рахунок відчуження територій;
- скорочення біологічної продуктивності ландшафтів;
- порушення гармонії міської забудови і сільського ландшафту.

Заходи, що дають змогу зменшити негативний вплив транспортного комплексу на навколишнє середовище:

- вдосконалення нормативно-правової бази для забезпечення екологічної безпеки (стійкого розвитку) промисловості й транспорту;
- створення екологічно безпечних конструкцій об'єктів транспорту, експлуатаційних, конструкційних, будівельних матеріалів, технологій їх

виробництва;

- розробка ресурсозберігаючих технологій захисту навколишнього середовища від транспортних забруднень;

- розробка алгоритмів і технічних засобів моніторингу навколишнього середовища на транспортних об'єктах і прилеглих до них територіях, методів управління транспортними потоками для збільшення пропускної спроможності дорожньої і вулично-дорожньої мережі у великих містах;

- удосконалення системи управління природоохоронною діяльністю на транспорті.

Екологічні обмеження повинні враховуватися на всіх етапах життєвого циклу транспортних засобів (обґрунтування інвестицій, проектування, виготовлення, будівництво, реконструкція, ремонт, експлуатація, демонтаж), створення дорожніх транспортних засобів, а також при оцінці перспектив транспортна система. Ці обмеження особливо важливі в захищених, міських районах. Коло проблем та шляхи їх вирішення полягають у сфері раціонального використання природних ресурсів, охорони атмосфери, водойм та водотоків, ґрунту, житлових районів та середовищ існування тварин від негативного впливу транспортного комплексу, створення в транспортній галузі закритих промислових та переробних технологій. В принципі, характер дії видів транспорту на навколишнє середовище майже такий самий, як і ті ж методи їх вивчення. На сьогодні найбільш енергоємним в Україні є автомобільний транспорт, який споживає 83% пального всієї транспортної галузі. На другому місці - залізничний транспорт (10,5%), на третьому місці - водний (6,5%).

У країнах ЄС дещо інша картина. На першому місці за споживанням палива так само автомобільний транспорт (84,4 %), проте на другому місці знаходиться повітряний транспорт (11,1 %), на третьому місці залізничний (лише 2,5 %), і на четвертому — водний (2 %). Аналізуючи обсяг викидів шкідливих речовин різними видами транспорту, можна зробити висновок, що найбільша частка викидів також належить автомобільному транспорту (64%) [5].

РОЗДІЛ 2.

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Автомобільна дорога - це комплекс споруд, призначених для руху рухомого складу транспортних засобів та пішоходів. Цей термін поширюється на всі дороги, вулиці, алеї по всій їх ширині, включаючи проїжджу частину, тротуари, окремі смуги тощо.

Автомобільні дороги класифікуються за трьома основними показниками - за вартістю, за покриттям, за категоріями. За значенням автошляхи поділяються на: дороги загального користування; вулиці та дороги населених пунктів; відомчі (технологічні) дороги, розташовані на внутрішніх господарських територіях підприємств; автомобільні дороги в приватних районах.

Дороги загального користування поділяють на дороги державного значення та дороги місцевого значення. Автодороги державного значення поділяють на магістральні та регіональні [6].

Магістральні - це дороги на території України, які входять до міжнародних транспортних коридорів або поєднуються з міжнародними автомобільними дорогами категорії "Є". В Україні магістральні дороги позначені буквою "М". Регіональні дороги - це дороги, що сполучають столицю з адміністративними центрами областей та міст державного підпорядкування, а також дороги, що з'єднують основні прикордонні пункти пропуску, морські порти міжнародного значення, аеропорти міжнародного значення, великі промислові та культурні центри країни.

В Україні регіональні дороги позначаються літерою «Р». Автодороги місцевого значення поділяють на: - територіальні; - районні.

Територіальні - дороги, що з'єднують між собою адміністративні центри областей та адміністративні центри районів, містами обласного підпорядкування, адміністративні центри районів між собою, а також дороги, що з'єднують основні

аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли тощо з магістральними та регіональними дорогами. В Україні територіальні дороги позначаються літерою «Т».

Районні - дороги, які з'єднують адміністративні центри районів з населеними пунктами району та ці населені пункти між собою, а також дороги, що з'єднують населені пункти та інші дороги загального користування в межах району із залізничними станціями, портами, аеропортами тощо. В Україні є близько 170 тис. км громадських доріг, а також близько 150 тис. км місцевих доріг (відомчих та приватних).

Ці цифри не враховують вулиці міст та інших населених пунктів. Значна частина автомобільних доріг загального користування проходить через території населених пунктів. Це не відповідає вимогам до міжнародних транспортних коридорів, бо призводить до обмеження швидкості руху. Середня швидкість руху на магістральних дорогах у 2 ÷ 3 рази нижча, ніж у країнах Західної Європи.

Вулиці та дороги населених пунктів поділяються на:

- магістральні дороги (безперервний та регульований рух);
- магістральні вулиці загальноміського значення (безперервний та регульований рух);
- магістральні вулиці районного значення; вулиці та дороги місцевого значення.

За покриттям автомобільні дороги діляться на тверді та ґрунтові дороги. Дороги з твердим покриттям поділяють на: цементобетонні; асфальтобетонні; чорні шосе; гравійні шосе; бруківку.

Переважає більшість доріг державного значення мають асфальтобетонне покриття — 81 %. Чорне покриття мають 10,2 %, цементобетонне — 8,7 %, інші види покриття — 0,1 %. У залежності від пропускної спроможності, кількості смуг руху, ширини смуг, ширини проїзної частини, ширини земляного полотна тощо автомобільні дороги поділяють на 5 категорій, при цьому першу категорію поділяють на дві підкатегорії.

Серед усіх автомобільних доріг України дороги I категорії з обов'язковою розподільчою смугою і 2 ÷ 4 смугами для руху в кожному напрямку становлять

менше 2 % від протяжності доріг з твердим покриттям. Найбільше доріг I категорії в Київській області — понад 400 км. Далі йдуть Житомирська, Донецька та Дніпропетровська, у кожній з яких таких доріг понад 200 км. В Кіровоградській, Сумській, Закарпатській та Чернівецькій областях таких доріг менше 20 км.



Рис.1 Мережа автомобільних доріг України державного значення

2.1. Основні напрями і форми впливу доріг на навколишнє середовище.

Автомобільна дорога як об'єкт транспортної та інженерної споруди, покладена на місцевості, порушує природні ландшафти, змінює потік поверхневих та підземних вод, спричиняє інші негативні наслідки для навколишнього середовища. Серед основних негативних наслідків можна назвати наступні.

Вилучення місцевих природних ресурсів. Відчуження земель (постійних або тимчасових). Видобуток кам'яних матеріалів, піску тощо. Видалення родючого шару ґрунту.

Зміна рельєфу місцевості. Влаштування насипів вище природного рельєфу

місцевості та виїмок нижче цього рельєфу. Заповнення відвалів невикористаного ґрунту. Утворення глибоких кар'єрів після видобутку концентрованих запасів будівельних матеріалів та ґрунту.

Гідротехнічні роботи. Осушування (дренаж) земель, боліт. Регулювання стоку поверхневих вод. Примусова зміна русел водотоків. Влаштування насипів на болотах. Технологічні забруднення. Виділення мінерального пилу. Шум та вібрація від будівельних машин та внаслідок вибухових робіт. Забруднення поверхні в місцях розташування тимчасових споруд, стоянки машин, проведення вибухових робіт. Прокладення комунікацій у придорожній смузі. Оброблення пестицидами, протижелезними речовинами тощо.

Транспортні забруднення. Вихлопні гази транспортних засобів. Транспортний шум, вібрації. Побутове забруднення придорожніх земель транспортними засобами, що проїжджають. Рекреаційні навантаження на навколишнє середовище.

Під час перетину долин річок на підступах до техногенних споруд, таких як насипи та розкопки, порушується середня швидкість переважаючих вітрів, що призводить до змін мікроклімату і, як наслідок, порушення нормальної роботи екосистем. Проїзд дороги може порушити традиційні сезонні маршрути міграції тварин та комах та пошкодити архітектурні та археологічні пам'ятки.

Використання протиобмерзаючих матеріалів, дорожнього пилу та ерозії може пошкодити придорожню рослинність, забруднити водні об'єкти та потоки. Використання місцевих будівельних матеріалів та відходів при укладанні дорожніх шарів може призвести до забруднення узбіччя дороги токсичними речовинами.

Інженерні споруди на дорогах (мости, розв'язки, тунелі, підпірні стіни, захисні споруди) мають свій специфічний вплив на навколишнє середовище. Під час будівництва мостових переїздів відбувається зміна та перестановка берегової лінії, зміна перерізу струмку. В результаті порушується режим гідравлічного потоку, з'являються ерозії. Під час нересту може бути знищено нерестові риби та їх зимуючі нори.

Джерелами впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище є:

- автотранспорт;

- інженерні споруди (земляне полотно, мостові переходи, шляхопроводи, водоперепускні споруди);

- об'єкти дорожньої інфраструктури (майданчики для відпочинку, автозаправні станції, пункти харчування, зупинки громадського транспорту тощо).

Дороги - одне з джерел пилу в поверхневому шарі повітря. Під час руху автомобілів зношуються дорожні покриття та автомобільні шини, продукти зносу яких змішуються з твердими частинками відпрацьованих газів. До цього додається бруд, що вноситься на проїжджу частину з шару ґрунту, що прилягає до дороги. Тому в суху погоду утворюється пил, який піднімається над дорогою у повітря. Він переноситься вітром на відстань від декількох до сотень кілометрів.

Хімічний склад і кількість пилу залежать від матеріалів дорожнього покриття. Найбільша кількість пилу утворюється на ґрунтових і гравієвих дорогах. Дороги з покриттям із зернистих матеріалів (гравієві) утворюють пил, що складається переважно з діоксиду кремнію. На ґрунтових дорогах пил на 90 % складається з кварцевих частинок, решту становлять оксиди алюмінію, заліза, кальцію тощо. На дорогах з асфальтобетонним покриттям до складу пилу додатково входять продукти зношування матеріалів, що містять бітум, частинки фарби або пластмаси від ліній розмічування дороги на смуги.

Пил створює передумови виникнення дорожньо-транспортних пригод на початку дощу. Дрібні сухі пилові частинки насичуються повітрям і не одразу просочуються вологою. Тому перші краплі дощу не змочують частинки пилу і певний час не змивають його з дороги. В результаті утворюється бруд, що різко знижує коефіцієнт зчеплення шин до дорожнього покриття.

Гальмування в таких умовах може призвести до заносу та втрати контролю над автомобілем. Пил також осідає на рослинність придорожнього полотна. Лісові смуги і ліси вздовж доріг пригнічені. Сільськогосподарські посадки біля дороги накопичують шкідливі речовини, що містяться у викидах пилу та відпрацьованих газів.

Ці забруднення також потрапляють у водойми поблизу. Туди також надходить поверхневий стік з автомобільних доріг, що містять солі хлоридної кислоти або

хлориди та інші протиожеледні реагенти. Значні земельні площі відчужуються під шосе. Таким чином, на будівництво 1 км сучасного шосе потрібно до 10 ÷ 12 га. Крім того, виділяються додаткові площі для технологічних цілей: будівництво складів для зберігання будівельних матеріалів, стоянок для транспортних засобів, розміщення вилученого з дороги ґрунту, будівництво тимчасових споруд та під'їздів тощо.

Особливо великі площі займають транспортні розв'язки: від 15 га при перетині двосмугових доріг до 35 га при перетині магістралей з шістьма смугами руху [7-8].

2.2. Забруднення придорожніх територій автомобільних доріг

Уздовж доріг утворюються спеціальні зони, які мають ширину близько 10 м. У цих зонах проявляється так званий граничний вплив транспорту на екосистеми.

Ширина зони крайового ефекту збільшується зі збільшенням терміну експлуатації автомобільної дороги. Чинники впливу зони крайового ефекту на екосистеми можна поділити на групи:

- бар'єрні — чинники, які перешкоджають природній міграції видів до місць тимчасового та постійного проживання, обміну генофонду, розмноженню, харчуванню тощо;

- турбування — ті, що непокоять та лякають тварин, порушуючи середовище їхнього існування;

- чинники, що обумовлюють хімічне забруднення середовища проживання рослин, тварин то людини, у тому числі ті що потрапляють у трофічні ланцюги;

- чинники, які обумовлюють зіткнення з транспортом, що рухається, і загибель на дорогах.

Бар'єрні ефекти ізолюють одні популяції від інших і порушують природні харчові ланцюги. Це, у свою чергу, спричиняє розсіювання населення. Загибель людей на дорогах призводить до подібних наслідків. Скорочення населення також є наслідком постійного негативного впливу шуму, світла та інших факторів.

Інженерні споруди на автомобільних дорогах - мости, водостоки, дренажні

лотки тощо - є причиною водної ерозії ґрунтів у придорожніх районах. Поверхневий стік, який утворюється в результаті опадів, танення снігу, поливу проїжджої частини, змиває та видаляє різні розчинні та нерозчинні забруднення на придорожніх ділянках.

Концентрація цих забруднювачів залежить від частоти прибирання вулиць, інтенсивності руху транспорту, ступеня озеленення, інтенсивності опадів, тривалості попереднього періоду без опадів, присутності поблизу промислових підприємств, їх профілю та іншого.

Концентрація забруднюючих речовин у дощовій воді з часом значно змінюється. Він максимум на початку дощу і поступово зменшується з його продовженням. Це пов'язано з тим, що на початку дощу з дорожнього покриття змивається більша частина забруднення, яке накопичилося там у попередній період, без дощу. Через те, що забруднення періодично видаляються під час прибирання та миття дороги, решта видувається вітром, кожна зона може характеризуватися максимальною кількістю забруднення, яке може накопичуватися на одиницю площі.

На певний момент часу масову кількість забруднень на одиниці площі можна визначати за формулою (1):

$$M = m_{\max} \cdot (1 - e^{-k \cdot t}) \quad (1)$$

де m_{\max} - максимально можлива кількість забруднень на одиниці площі; k — коефіцієнт динаміки накопичення забруднень, доб^{-1} ; t — тривалість періоду без опадів, доб .

Кількість забруднень, яка змивається дощем, за інших рівних умов залежить від тривалості та середньої інтенсивності дощу і може бути визначена за формулою (2):

$$M_{\text{змиє}} = M \cdot (1 - e^{-K \cdot t}) \quad (2)$$

де K — константа змивання забруднень, яка залежить від характеру басейну водозбору і приймається в інтервалі $0,003 \div 0,008$ (менші значення — для менш

забруднених територій і більш рівнинного рельєфу).

Концентрація забруднень у водах, що утворюються під час танення снігу; мало змінюється в часі. Це пояснюється тим, що сніг забруднюється поступово в міру накопичення його на поверхні землі. Тому з деяким наближенням ця концентрація приймається як постійна протягом періоду танення снігу.

Поверхневий стік негативно впливає на водойми. Найбільш помітне погіршення якості води в річках спостерігається в періоди сильних дощів. Вода забруднюється насамперед великими плаваючими предметами, збільшується концентрація завислих твердих тіл, спостерігається утворення на поверхні плівки нафтопродуктів. Після дощу у воді концентрація розчиненого кисню значно знижується.

Причиною є значне збільшення споживання кисню органічною частиною придонних відкладень, що формується осіданням завислих речовин, принесених дощовим стоком.

Придорожня смуга характеризується не тільки забрудненням поверхневих вод, але й ґрунтів, ґрунтових вод, придорожньої рослинності. Забруднення відбувається насамперед за рахунок випадіння з атмосфери дрібнодисперсних твердих частинок та токсичних компонентів відпрацьованих газів автомобілів. Більша частина цих компонентів (до 80 %) випадає на поверхню безпосередньо на дорозі чи придорожній території. Досвід показує, що їх концентрація у ґрунті швидко зменшується з віддаленням від проїзної частини. При цьому рівень вмісту токсичних речовин у ґрунті тим більший, чим більша інтенсивність руху на дорозі. Важливу охоронну роль можуть відігравати придорожні зелені насадження, які є природним бар'єром і затримують поширення забруднення на придорожню зону. Аналізи показують, що глиця, гілки та листя інших насаджень містять зі боку дороги у 1,5 ÷ 3 рази більше заліза, свинцю та кадмію ніж з протилежного боку.

Зимою найчастіше використовують хімічні методи боротьби з льодом. В зв'язку, що з протилежними реагентами: хлоридами, нітратами, фосфатами та сульфатами натрію, хлору, магнію, спиртів, гліколів, ацетатів.

Наприклад, видаляючи сольовий сніг або бруд з проїжджої частини на узбіччя,

вони потрапляють в прямий контакт з ґрунтом і рослинністю. Солі руйнують тканини рослин. Коли солі потрапляють у ґрунт, його хімічний склад та структура порушуються. Це призводить до загибелі дерев на узбіччі дороги. Клен, каштан та липа є найбільш чутливими до таких впливів [9].

2.3. Організаційні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту

2.3.1 Розподіл транспортних потоків та зменшення кількості автомобілів

Попит на транспортні засоби та оптимальний розподіл транспортних потоків - це показники, які свідчать про стабільний розвиток транспортної системи. У великих містах населення використовує місцевий громадський транспорт інтенсивніше, ніж у сільській місцевості. В основному це пов'язано з тим, що в малонаселених районах мережа громадського транспорту розвинена менше.

За таких умов приватний транспорт має велику перевагу. В щільно заселених районах приватний транспорт з точки зору народного господарства є менш ефективним, ніж громадський. При організації вантажоперевезень виникає нагальна потреба у створенні алгоритмів розподілу транспортних потоків, використовуючи дані про обсяг та маршрути необхідних перевезень з метою їх оптимізації. Основне завдання - економічна оптимізація перевезень при мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Практичний досвід показує, що цінова політика в транспортному секторі, спрямована на оптимізацію розподілу транспортних витрат з урахуванням внутрішніх і зовнішніх наслідків, приносить більше економічних вигод. З точки зору охорони навколишнього середовища, метою розподілу транспортних потоків є використання всіх видів транспорту таким чином, щоб максимально використовувалися переваги різних видів транспорту, вантажний і легковий автомобільний транспорт ставав менш шкідливим і ефективнішим.

При цьому важливіша роль повинна відводитися залізничному й водному

видам транспорту. Таким чином, використання видів транспорту, що завдають менший збиток навколишньому середовищу при виконанні поставленого завдання, потрібно стимулювати. Наприклад, під час вантажоперевезень за допомогою центрів логістики для оптимізації транспортних потоків, пасажироперевезень за допомогою введення проїзних квитків, оплачуваних роботодавцями. У містах більшу увагу потрібно приділяти пішохідному руху, а також пересуванню за допомогою велотранспорту.

Однак це потребує наявності відповідної інфраструктури. Насамперед транспорт повинен задовольняти потреби суспільства у мобільності. Проте значне поширення транспорту сьогодні часто вступає у конфлікт з таким завданням, створюючи перешкоди транспортним потокам. Досвід показує, що зростання кількості транспортних засобів можна стримувати з метою мінімізації негативних для навколишнього середовища наслідків тільки за допомогою регулювання попиту на транспорт.

Сучасна транспортна політика держави повинна йти шляхом впливу на рішення громадян у момент вибору транспортних засобів та маршрутів. Метою повинно бути створення умов для зростання попиту на громадський транспорт шляхом формування кращої пропозиції. Концепції транспортної політики повинні сприяти попиту. Існує кілька специфічних можливостей обмежити кількість транспорту на дорогах: - створення мотивації до збільшення навантаження особистих транспортних засобів.

Наприклад, мотивувати спільні поїздки незнайомих людей з однаковою метою загальним маршрутом або спільним використанням автомобілів різними сім'ями.

Компанії громадського транспорту можуть запропонувати маршрутки. Такі транспортні засоби дозволяють покинути особисті транспортні засоби навіть у віддалених місцях, зменшуючи транспортне навантаження на навколишнє середовище; - введення мита на особистий автомобільний транспорт.

Унаслідок переміщення транспортного навантаження на метро й автобуси кількість автомобілів на дорогах значно зменшується. Проте це можливе лише з одночасним підвищенням привабливості громадського транспорту, адже учасникам

руху слід запропонувати рівноцінну альтернативу; - введенням мита на автомагістралях для вантажних автомобілів можна обмежувати й регулювати транспортний потік на далеких маршрутах. Таким чином, обмеження транспортних потоків можливе лише за умови взаємодії багатьох чинників. Велике значення має пропонування учасникам руху різних альтернатив з вищим рівнем екологічної безпеки. Ці альтернативи можна зробити привабливими тільки шляхом впливу на фінансову сторону. Наприклад, можлива така ситуація.

Є велика родина, якій час від часу потрібно їздити на машині. Таким чином, для поїздок усієї родини потрібна велика машина, для поїздок частини сім'ї або одного з її членів можна обмежитися маленьким автомобілем. У сім'ї не вистачає грошей, щоб придбати навіть одну велику машину. Є можливість створити міні-організацію з кількох таких сімей, таких як десять, які разом купують три машини: мікроавтобус, автомобіль середнього класу та невеликий автомобіль.

При правильній експлуатації всі десять сімей можуть по черзі користуватися цими автомобілями за потребою. Існує також досвід створення комерційних організацій, які спочатку вкладають гроші в придбання цих автомобілів, а потім сім'ї платять їм за користування автомобілями.

Пришвидшення транспортного потоку за допомогою заходів, спрямованих на прискорення транспортного потоку, можна спробувати вирішити такі проблеми, як транспортні затори і смог. Розширення транспортної інфраструктури часто залишається єдиним, хоч і досить дорогим способом прискорення транспорту. Це вирішується часто шляхом будівництва або розширення магістралей, залізниць та водних шляхів. З точки зору впливу на навколишнє середовище розширення транспортної інфраструктури не є бажаним результатом, адже воно призводить до відчуження додаткових земельних площ. Необхідно брати до уваги, що для покращення транспортної ситуації потрібно збільшувати пропускну здатність не лише головних доріг, але ще й вузлових розв'язок та прилеглих до головних доріг вулиць. Інакше проблема транспортних заторів лише переноситься на інші ділянки дорожньої мережі.

Одним із засобів прискорення потоку руху є переведення пасажирських

перевезень на інші види транспорту та організація пунктів передачі між усіма видами транспорту. У цьому випадку доцільно використовувати відносно безкоштовні види транспорту. Наприклад, у містах це може бути використання громадського транспорту замість автомобілів. Завдяки громадському транспорту будуть збережені ресурси, наприклад, місце на дорогах. Наприклад, 100 пасажирів можуть їхати трамваєм завдовжки 45 м, а можуть їхати автомобілями завдовжки 4 м у середньому по 1,3 чол. на кожний автомобіль, займаючи при цьому ділянку дороги завдовжки понад 300 м. Добровільну відмову від пересування на власних автомобілях на користь пересування на громадському транспорті на території великих міст можна, наприклад, стимулювати за організації пунктів пересадки «park & ride». На кінцевій метро або трамвая місто пропонує безкоштовну парковку, щоб надати автомобілістам альтернативний спосіб обійти центр міста. Так само можуть бути корисні так звані комбіновані квитки, такі як квиток на літак, включаючи поїзд на поїзд до аеропорту та з нього.

Регулювання розподілу потоків руху та прискорення їх із використанням вільних ресурсів сприяє розвитку величезного невикористаного потенціалу. Сьогодні ці ідеї потрібно просувати. Використання інформаційних систем та систем управління трафіком (транспортна телематика) дозволяє реєструвати весь потік трафіку, обробляти інформацію та керувати трафіком, вибираючи оптимальні, найменш завантажені в момент руху маршрути. Існує два основних варіанти реалізації таких систем:

- розміщення навігаційних систем безпосередньо в транспортному засобі;
- створення систем управління транспортними потоками за допомогою електронних показників на дорогах.

Для використання навігаційної системи всередині транспортних засобів кожному з таких засобів необхідно постійно отримувати інформацію про стан транспортних потоків. Це призводить до великої кількості інформації, що передається та приймається. На відміну від цього, системи управління з показниками на дорогах контролюються з центрального пункту. При цьому обсяги інформації, що передається та приймається, значно менші. Вплив на режим роботи

світлофора також вважається заходом транспортної телематики, наприклад, створення так званих «зелених хвиль» — пріоритетність зеленого сигналу світлофора для певних видів транспорту в певні періоди часу.

Можливий також розвиток систем телематики на залізничному транспорті. Наприклад, є досвід створення динамічних ділянок залізничної колії, які дають змогу декільком поїздам їхати з великою швидкістю один за одним. Згадані заходи, спрямовані на прискорення транспортного потоку, тісно пов'язані з багатьма іншими чинниками. Введення в експлуатацію нової широкої вулиця не веде автоматично до швидкого руху без заторів. Існує також багато інших важливих моментів, починаючи від стилю водіння громадян до оптимізації «зелених хвиль». Таким чином, прискорення транспортного потоку дасть можливість скоротити час перебування автомобіля в дорозі і, як наслідок, зменшити витрати пального і кількість шкідливих викидів від його спалювання.

2.3.2 Раціональне водіння

Можна домогтися зменшення витрат палива і, як наслідок, викидів вихлопних газів автомобіля в навколишнє середовище, якщо дотримуватися деяких правил, що стосуються стилю водіння автомобіля. Дотримання таких правил дозволяє заощадити до 25% пального порівняно з нераціональним керуванням. Передчасне перемикавання передач. Сучасні двигуни дозволяють переключатися на більш високу передачу зі швидкістю вала 2000 об/хв. Так, наприклад, ви можете їхати в четвертій передачі зі швидкістю 40 км/год або на п'ятій передачі зі швидкістю 50 км/год. За таких умов витрата палива значно скорочується. Наприклад, автомобіль середнього класу, який передвигається зі швидкістю 45 км / год, споживає близько 11,5 літра палива на 100 км на другій передачі і лише близько 4,3 літра на п'ятій передачі. У той же час, раннє перемикавання передач не шкодить автомобілю, адже сучасні двигуни виготовляються з достатнім запасом безпеки. Перевірте тиск у шинах. Вкрай важливо підтримувати оптимальний тиск у шинах. Якщо тиск знизиться на 0,2 бар, опір шин до дорожнього покриття зростає майже на 10%. Це, у свою чергу,

призводить до збільшення споживання палива [10].

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ В МЕЖАХ ТРАНСПОРТНИХ ШЛЯХІВ

3.1. Види дистанційних даних для вирішення екологічних задач

Для використання даних дистанційного зондування Землі з метою вивчення екологічних умов розглядаються конкретні аспекти відбиття на космічних знімках тих або інших екологічних параметрів природного середовища [11].

При вирішенні екологічних задач першочергово визначається екологічна інформативність космічних знімків - кількість вірогідних відомостей про екологічне середовище, тобто умови життєдіяльності живих організмів (у т.ч. людини), які можна отримати при дешифруванні знімків [12].

При вивченні екологічної інформативності космічних знімків необхідно виділити: об'єкт, що вивчається; вимоги об'єкту до екологічних умов; а також вхідні матеріали (вид знімання, можливості отримання диференційованого відображення екологічних умов, що вивчаються, або індикаторів).

У межах вивчення земних покривів виникають різноманітні проблеми, що пов'язані з антропогенними і природними змінами (порушуються межі природних комплексів, міліють або висихають річки) екологічних умов (наземні, водні, едафічні екосистеми). Одні з цих умов можуть бути виявлені за космічними знімками безпосередньо, інші - лише шляхом побічного виявлення взаємозв'язків, треті потребують аналітичних засобів дослідження. Тож можна зробити висновок, що екологічна інформативність одних і тих же даних дистанційного зондування Землі різноманітна для різних природних об'єктів.

Наприклад, екологічна інформативність космічних знімків найбільш повно вивчена для рослин, тобто відомі їхні вимоги до абіотичних умов середовища і реакції на антропогенний вплив. До того ж рослинність є найяскравішим

індикатором екологічного стану природних комплексів різного ієрархічного рангу.

До екологічних умов, необхідних рослинам, належать: забезпеченість світлом, мінеральне харчування і необхідна кількість води. Ці умови визначаються рельєфом місцевості, літологічним складом поверхневих відкладень, геохімічними особливостями, едафічними умовами, глибиною залягання ґрунтових вод.

Визначення екологічної інформативності космічних знімків для вивчення рослинності можна звести до визначення можливості розпізнавання на знімках цих параметрів середовища. Однак при вивченні екологічних умов докільця не можна не враховувати зміни, пов'язані з антропогенним впливом. Це особливо важливо через те, що в результаті господарської діяльності людини відбувається не тільки прямий, але і побічний вплив на прилеглі ділянки. Всі ці наслідки впливу знаходять відображення на космічних знімках, ускладнюючи завдяки цьому встановлення природних екологічних умов.

На практиці для отримання екологічної інформації найбільш широко використовуються аерокосмічні знімки, отримані у видимому і ближньому інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектру (рис.3.а). Візуальне дешифрування таких даних виконується або у видимому діапазоні Red-Green-Blue (рис.3.б.), або по синтезованому зображенню із залученням ближнього інфрачервоного каналу (NIR) (рис.4).

Синтезоване зображення більш інформативно відображає стан рослинного покриву завдяки залученню ближнього інфрачервоного каналу.

Космічні знімки відрізняються просторовою розрізненністю і поділяються на знімки з низькою, середньою, високою та надвисокою просторовою розрізненністю.

Так, наприклад, знімки космічних супутникових систем MODIS характеризуються дрібним масштабом і просторовою розрізненністю від 250 м і більше. Тому вони використовуються на практиці лише при вирішенні екологічних задач великого регіонального рівня. Ці знімки, а також супутні продукти [13] надають добре уявлення про екологічні умови росту рослинності, що займає великі площі; відомості про мезорельєф, ґрунтовий покрив, характер зволоження.



Рис. 3а



Рис. 3б

Рис.3. Багатоспектральний знімок сенсору Sentinel-2, 04 червня 2018р:
а) природній розподіл кольорів (RGB), б) синтезоване зображення (RNirB).

Знімки, отримані зі супутникових систем Landsat (4, 5/TM, 7/ETM+, 8/OLI) мають середню просторову розрізненість 30м і за технічними якостями витримують значне збільшення без істотного погіршення інформативності. Ці знімки можуть використовуватися для вирішення екологічних завдань конкретних районів і областей, для вивчення екологічних умов окремих природно-територіальних комплексів (рис.4.).

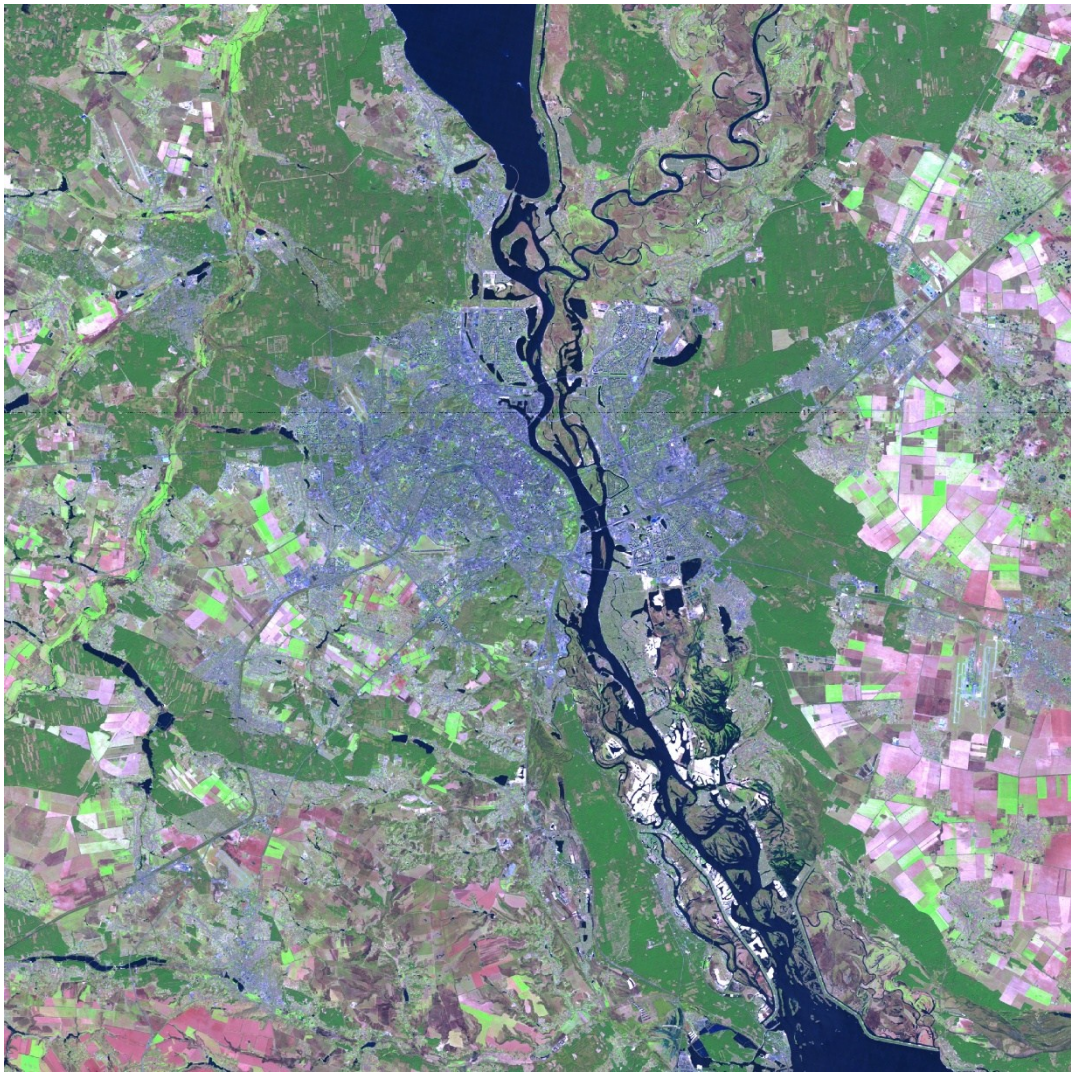


Рис. 4. Багатоспектральний знімок Landsat 7/ETM+, м.Київ, 14.08.2009р.

Широкого розповсюдження набули багатоспектральні космічні знімки супутникової системи Sentinel-2. Вони мають канали з середньою просторовою розрізненістю 10, 20 та 60 метрів, а також охоплюють значну частину видимого та інфрачервоного електромагнітного спектру. Дані супутникові знімки мають частоту оновлення близько тижня та знаходяться у вільному доступі, що дає можливість застосовувати їх при оцінці як короточасного впливу на довкілля, так і при дослідженні великих часових проміжків.

При оцінці екологічної інформативності космічних знімків необхідно враховувати, що вони можуть дати об'єктивне уявлення про екологічні умови великих територій за станом на єдиний момент часу. Тобто жоден з традиційних засобів вивчення і просторового відображення екологічних умов не може дати таких

відомостей.

Особливістю дистанційних засобів досліджень, що підвищують екологічну інформативність космічних знімків, є можливість отримання повторних знімків однієї і тієї ж території через задані проміжки часу, що дозволяє об'єктивно простежити минулі зміни екологічних умов, їх динаміку і встановити основні її тенденції. У подальшому це дасть можливість прогнозування майбутніх змін природного середовища. На основі аналізу екологічної інформативності окремих космічних знімків і їх якості можна говорити про те, що найбільш повне уявлення про зміну екологічних умов можна отримати, використовуючи лише різноманітну і різночасову космічну інформацію.

Отримання вірогідних відомостей про екологічні умови неможливо без урахування або без визначення на знімках ступеня і характеру антропогенних змін довкілля, тобто при визначенні екологічної інформативності космічних знімків необхідно враховувати можливість дешифрування антропогенних модифікацій екологічних умов. До того ж можливо встановлення як всього комплексу екологічних умов, так і окремих параметрів. Наприклад, аналіз екологічної інформативності чорно-білих космічних знімків, виконаних у широкому діапазоні електромагнітного спектру, показав, що за цими знімками встановлюються антропогенні зміни не тільки фізіологічних компонентів середовища, але і таких важко спостерігаємих, як гідрогеологічні умови. Для досліджень у середніх масштабах ці знімки мають достатню екологічну інформативність.

3.2. Методи екологічного моніторингу транспортних шляхів із залученням даних ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Розвинена мережа пасажирського автомобільного транспорту здатна не тільки задовольняти потреби щоденної мобільності городян, а й бути причиною постійного забруднення густонаселених районів, сприяти розвитку хронічних захворювань у мешканців прилеглих до автомобільних доріг територій.

3.2.1. Дослідження ступеню забрудненості повітря

Оцінювання ступеню забрудненості повітря автотранспортом залежить не лише від інтенсивності руху, кількості та характеру викидів, але і від типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку вітру, вологості і температури повітря. Ступінь впливу автотранспорту на навколишнє середовище розраховують за формулою

$$КСО = (A + 0,01 \cdot N \cdot K_a) K \quad (3)$$

де A – фонове забруднення атмосферного повітря ($0,5 \text{ мг/м}^3$), N – сумарна інтенсивність руху автомобілів за одну годину (визначається шляхом спостереження); K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості (табл. 1); K_H – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 2); K_y – коефіцієнт, що враховує ухил місцевості (табл. 3); K_B – коефіцієнт впливу вологості повітря (табл. 4); K_n – коефіцієнт, що залежить від типу перехресть (табл. 5).

Таблиця 1

Значення коефіцієнту K_a

Тип місцевості	Значення K_a
Транспортні тоннелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці (багатоповерхова забудова)	1,0
Вулиці з одноповерховою забудовою	0,6
Дороги з одноповерховою забудовою	0,4
Естакади	0,4
Пішохідні тоннелі	0,3

Таблиця 2

Значення коефіцієнту K_H

Швидкість вітру, м/с	Значення K_H
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблиця 3

Значення коефіцієнту K_y

Повздовжній ухил, град.	Значення K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблиця 4

Значення коефіцієнту K_B

Відносна вологість, %	Значення K_B
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Таблиця 5

Значення коефіцієнту K_n

Тип перехрестя	Значення K_n
Регульоване світлофорами	1,8
Нерегульоване	2,1
Саморегульоване	2,0
Кільцеве	2,2
З низькою швидкістю	1,9

Для визначення інтенсивності руху транспортних засобів в даному випадку можливе застосування космічних знімків високої та надвисокої просторової розрізненості (рис. 5).



Рис. 5. Фрагменти космічного знімка високої просторової розрізненності GF-2

Так використовуючи декілька космічних знімків, які виконані з інтервалом часу, можна за залежністю [14] визначити точкову інтенсивність руху транспортних

засобів на вулично-дорожній мережі. А при накопиченні значної кількості даних спостережень можемо створити базу даних з визначення інтенсивності руху транспорту кожною вулицею міста залежно від часу.

Недоліком даного методу є відсутність знімків високої просторової розрізненості у вільному доступі, а також їх значна вартість. І хоча з розвитком технологій все більшого розповсюдження набуває використання БПЛА або дронів, застосування зроблених ними знімків суттєво зменшує дистанційність досліджень, їх автономність та незалежність від погодних умов.

3.2.2. Оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автотранспорту біля фасадів жилих будинків

Оксид вуглецю, або чадний газ – це один з найстійкіших та небезпечних забруднювачів атмосферного повітря, який входить до складу вихлопних газів автотранспорту.

Наближено визначити максимальну (поблизу дороги) концентрацію оксиду вуглецю (CO_{max}) можна згідно формули Рябікова

$$CO_{max} = (7,33 + 0,026 \cdot N) \cdot K1 \cdot K2, \quad (4)$$

де CO_{max} – концентрація оксиду вуглецю з краю дороги, мг/м³ повітря; N – інтенсивність руху автомашин у години «пік», авто/годину; $K1$ – коефіцієнт для розрахунку складу транспортного потоку та його середньої швидкості (табл. 3.6); $K2$ – коефіцієнт для розрахунку впливу ухилу вповодж дороги, який при схилі менше 10% дорівнює 1.

Виходячи з показника CO_{max} та ГДК для цього забруднювача (3 мг/м³) можна визначити ширину санітарно-захисної зеленої смуги за формулою:

$$CO_x = 0,5 \cdot CO_{max} - 0,1 \cdot X, \quad (5)$$

де CO_x – концентрація оксиду вуглецю на відстані X метрів від дороги, мг/м³ яка

поблизу житлових будинків не повинна перевищувати ГДК (3 мг/м³); X – ширина санітарно-захисної зеленої смуги, м.

Таблиця 6

Коефіцієнт (K_1) для визначення впливу транспортного потоку та його середньої швидкості на вміст чадного газу у повітрі

Частка вантажівок і автобусів у потоці, %	Значення коефіцієнту K_1 при швидкості руху транспортного потоку, км/год						
	20	30	40	50	60	70	80
80	1,17	1,11	1,05	0,90	1,02	0,11	1,21
70	1,14	1,08	1,00	0,87	0,95	1,04	1,12
60	1,12	1,08	1,00	0,87	0,95	1,04	1,12
50	1,11	1,01	0,91	0,80	0,84	0,90	0,95
40	1,09	0,97	0,86	0,76	0,77	0,78	0,85
30	1,08	0,95	0,82	0,73	0,70	0,66	0,75
20	1,05	0,91	0,77	0,69	0,62	0,70	0,67
10	1,02	0,81	0,72	0,65	0,54	0,46	0,55

3.2.3. Визначення необхідної ширини шумозахисної смуги

Згідно діючого у світі та в Україні стандарту, рівень шуму, що створюється автотранспортом (акустична характеристика) визначається прибором – шумовимірювачем на відстані 7 м від першої (ближньої) до розрахункової точки смуги транспортного потоку.

Якщо такого пристрою немає, то для наближеного визначення рівня шуму на вказаній відстані (Y_7) можна скористатися формулою Орнатського, яка враховує фізичні закони поширення звукових хвиль у навіолоземному просторі

$$Y_7 = 46 + 11,8 \cdot \lg N + \sum_n, \quad (6)$$

де N – інтенсивність руху транспортного потоку, авто/год; \sum_n – сума поправок, яка враховує відхилення шумів від типових.

Поправки визначаються згідно формули

$$\sum_n = X_n + X_v + X_i + X_{TP}, \quad (7)$$

де X_n – поправка на співвідношення громадського та вантажного транспорту у транспортному потоці (змінюється на +1дБ на кожні 10% відхилення від 60%-ого співвідношення); X_v – поправка на відхилення швидкості руху (змінюється на +1дБ на кожні 10% відхилення від 40 км/год); X_i – поправка на схил дороги (зростає на +1дБ на кожні 2% схилу дороги – табл. 3.7); X_{TP} – при наявності трамваю впродовж вулиці ця поправка складає +3дБ.

Таблиця 7

Поправка X_i на схил дороги, дБ

Схил впродовж дороги, %	Поправка X_i з урахуванням уклону дороги при даному внеску вантажівок та громадського транспорту (автобуси, трамваї, тролейбуси) у загальний транспортний потік, %						
	0	5	20	30	40	70	100
20	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
40	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
60	1,0	2,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
80	1,5	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
100	2,0	4,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0

Наступним кроком необхідно розрахувати рівень шуму від автомагістралі поруч з об'єктом (Y_n). Розрахунок проводиться за формулою Карагодіна

$$Y_n = Y_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4, \quad (8)$$

де Y_n – рівень шуму від джерела на певній відстані (n метрів); Y_7 – рівень шуму на відстані 7 м від джерела; X_1 – зниження шуму внаслідок поширення звукових хвиль у атмосфері; X_2 – зниження шуму під впливом земної поверхні; X_3 – зниження шуму під впливом зелених насаджень; X_4 – ефект поглинання шуму будівлями (умовно приймається 25 дБ).

На відстані R_0 рівень шуму знизиться на величину X_1

$$X_1 = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_0}{P_7} \right), \quad (9)$$

де P_0 – точка на певній відстані від джерела шуму; P_7 – точка на відстані 7 м від джерела шуму.

$$X_2 = K_n \cdot X_1, \quad (10)$$

де K_n – коефіцієнт поглинання шуму, який складає для асфальту – 0,9, для відкритого ґрунту – 1, для газону – 1,1.

$$X_3 = K_3 \cdot X_1, \quad (11)$$

де K_3 – коефіцієнт зниження звукової енергії зеленими насадженнями, який складає 1,2 для смуги з двох рядів дерев з чагарником середньої щільності та шириною 6 м і 1,5 – для тієї самої смуги з чагарниками і деревами, що мають висоту не менше 7 м і крони яких вже змикнулися.

Допустимі рівні шуму на різних територіях наведені у табл. 3.8.

Таблиця 8

Допустимі рівні шуму на різних територіях

Характер території	Допустимий рівень шуму, дБ	
	з 7:00 до 23:00	з 23:00 до 7:00
Зона для розміщення житлового фонду	55	45
Зони масового відпочинку та туризму	50	40
Санітарно-курортна зона	45	35
Заповідники	25	20
Житлові будинки, що розташовані поблизу транспортних магістралей	35	25

В даному випадку для визначення та контролю захисних смуг доцільніше використовувати багатоспектральні космічні знімки високої просторової розрізненості (Рис. 6).

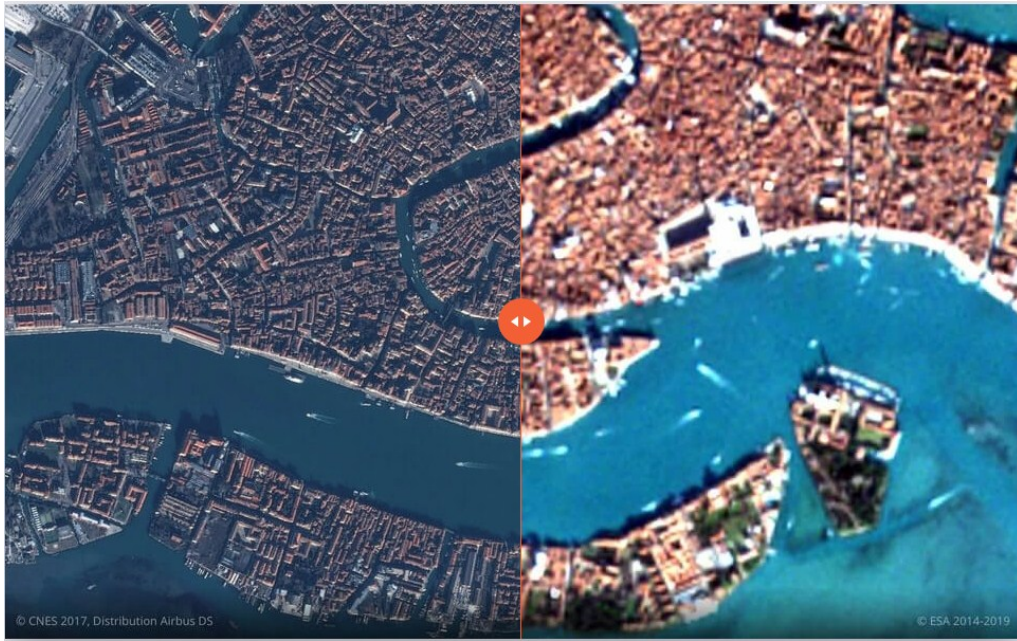


Рис. 6. Порівняння інформативності космічного знімка високої просторової розрізненості Pléiades зі знімком середньої просторової розрізненості Sentinel-2

3.3 Рекомендації щодо створення системи екологічного моніторингу транспортних шляхів

Дистанційне зондування Землі з космічних апаратів є одним з пріоритетних напрямків сучасної науки, яке не лише дозволяє досліджувати глобальні процеси та явища, а й вирішувати актуальні практичні задачі. Особливу увагу для проведення такої роботи треба приділити створенню теоретичних основ, методик і комп'ютерних технологій, також унікальної апаратури для дистанційного дослідження земної поверхні й екологічного контролю за станом навколишнього середовища.

Як відомо, найефективнішими методами оперативного контролю екологічного стану є аерокосмічні методи зондування Землі в різних спектральних діапазонах. Сучасний рівень розвитку засобів дистанційного зондування дозволяє отримати високоточні дані з необхідним просторовим розв'язанням і періодичністю поновлення інформації. Досвід експлуатації штучних супутників Землі виявився

перспективним та ефективним для застосування методів дистанційного зондування і одним з підтверджень цього є космічна програма України.

Для сканування зображення в даний час розроблено багато сканерів, спеціальні фотометричні сканери високої продуктивності й ефективності. Вони мають можливість сканувати як цілі плівки (фільми) так і окремі знімки. Маючи такі технічні можливості, необхідно розробити та ввести в дію систему спостереження і контролю за дорожньою мережею міста. За допомогою космічної зйомки стає можливим оцінювати умови руху як на окремих ділянках доріг, так і на всій мережі, оцінити структуру автотранспортної мережі міста і ті проблеми, щоо виникають у сполученні з віддаленими районами і транзитним проїздом.

Використовуючи аерокосмічні знімки, які були зроблені в різні години можна створити базу даних характеристик транспортного потоку на вулично-дорожній мережі всього міста. Наявність фотографічних знімків даної території, а також даних про час зйомки і результати топографічного та спеціального дешифрування дають інформацію для вирішення певних задач. Таку інфомацію можна використовувати для оцінки характеристик руху транспорту, а також для визначення місць небезпечної концентрації ВГ автомобільного транспорту.

Потенційні переваги методів дистанційного зондування Землі мають велике значення у сфері глобального моніторингу навколишнього середовища, де оглядовість матеріалів та генералізація інформації грають досить істотну роль, а також на рівні національного моніторингу. Однак і на рівні регіонального або об'єктового моніторингу складових навколишнього природного середовища методи дистанційного зондування Землі суттєво доповнюють можливість традиційних технологій. Тому при вирішенні практичних завдаень підтримки рішень, пов'язаних з управлінням екологічною безпекою, доцільно орієнтуватись на комплексне використання контактних і дистанційних методів. У цьому випадку результати вимірів контактними методами можна використати для оцінок точності вимірів дистанційними, а також для переходу від відносної шкали оцінок параметрів стану складових доквілля до абсолютної

ВИСНОВКИ

Транспортна мережа в Україні доволі густа, кількість та активність автотранспорту в містах велика, й шкоду довкіллю вона завдає дуже відчутну. Основними причинами є – застарілі конструкції двигунів, використовуване паливо (бензин, а не газ чи інші, менш токсичні речовини) та погана організація руху, особливо в містах, на перехрестях. Аналіз заходів із зниженням токсичності відпрацьованих газів автомобілів дозволяє виділити такі основні напрями боротьби зі шкідливим впливом автотранспорту на довкілля: використання нових типів силового устаткування з мінімальним викидом шкідливих речовин; заміна і вдосконалення конструкції, робочих процесів, технології виробництва автомобілів з метою зниження токсичності відпрацьованих газів; застосування пристроїв очищення або нейтралізації відпрацьованих газів. Для автомобілів з бензиновими двигунами дуже ефективні каталітичні нейтралізатори потрібної дії, для дизельних автомобілів застосовують фільтри, які очищають відпрацьовані гази від сажі; використання альтернативного або зміна характеристик традиційного палива. Отже, для зменшення негативного впливу складових частин транспортних комплексів на навколишнє природне середовище в Україні перш за все необхідно:

1. Впровадити жорсткий контроль за дотриманням допустимих норм викидів в атмосферне повітря.
2. Встановити контроль за дотриманням екологічних норм при побудові та експлуатації транспортної інфраструктури.
3. Проводити постійний контроль за технічним станом автомобілів.
4. Вдосконалити конструкції паливної системи двигуна.
5. Використовувати більш якісні паливно-мастильні речовини, що мають меншу концентрацію домішок. Вирішення екологічних проблем – це комплекс заходів, спрямованих на зниження токсичності автотранспорту. Реалізація багатьох з них в цивілізованих країнах значно поліпшить екологічну обстановку.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Rice, Susan A. «Human health risk assessment of CO₂: survivors of acute high-level exposure and populations sensitive to prolonged low-level exposure.» *Environments* 3.5 (2014): 7-15.
2. CO₂ 101: Why is carbon dioxide bad? John Platt, 2013. <http://www.mnn.com/earth-matters/climate-weather/stories/co2-101-why-is-carbon-dioxide-bad>.
3. [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
4. <http://kh.ukrstat.gov.ua/vykydy-osnovnykh-zabrudniuiuchykh-rechovyn-ta-dioksydu-vuhletsiu-u-atmosferne-povitria-u-2018-rotsi>
5. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник./ Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун, А. О. Корпач, Л. П. Мержиєвська. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
6. <https://studfile.net/preview/5350257/page:7/>
7. https://revolution.allbest.ru/transport/00400285_0.html
8. https://pidruchniki.com/92924/ekologiya/osnovni_napryami_formi_vplivu_dorig_navkolishnye_seredovische
9. <http://journals.uran.ua/bnusing/article/viewFile/170600/170408>
10. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.
11. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю., Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. – Х.: Х НУ імені В.Н. Каразіна, 2007. – 372 с.
12. Словник з дистанційного зондування Землі // За ред. члена-кор. НАН України В. І. Лялько та д.т.н. М. О. Попова. – К.: СМП «Аверс», 2004. – 170 с.
13. Gao et al., 2008. An Algorithm to Produce Temporally and Spatially Continuous MODIS–LAI Time Series. *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1109/LGRS.2007.907971.

14. Белятинський А.О. Застосування космічної зйомки для аналізу дорожньої мережі з метою підвищення безпеки руху. // Безпека дорожнього руху України. – К.: НДЦБДР, 2000. - №1(6). – С. 9-11.