

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
Географічний факультет

Кафедра раціонального використання
природних ресурсів і охорони природи

Койнова І., Рожко І., Блажко Н., Сенчина Б.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для екологічного розділу

комплексної практики студентів II курсу географічного факультету
спеціальності «014 Середня освіта. Географія» в онлайн режимі



Л Ь В І В - 2021

Койнова І.Б., Рожко І.М., Блажко Н.Б., Сенчина Б.В. Методичні рекомендації для екологічного розділу комплексної практики студентів II курсу географічного факультету спеціальності «014 Середня освіта. Географія» в онлайн режимі. – Львів, 2021. - с. 55.

У методичних рекомендаціях представлена робоча програма екологічного розділу комплексної фізико-економіко географічної практики студентів II курсу географічного факультету ЛНУ імені Івана Франка спеціальності «014 Середня освіта. Географія», подані зміст, мета та завдання практики, вимоги до складання та захисту звіту, теоретичний матеріал для опрацювання, методику проведення екологічних досліджень, словник основних термінів, перелік запитань для самоконтролю, список рекомендованої літератури, додатки з прикладами оформлення звітних матеріалів.

Для студентів природничих факультетів ВНЗ України. Рекомендовано також для вчителів предметів природничого напрямку та керівників екологічних гуртків.

Рекомендовано до друку
Вченою радою географічного факультету
Львівського національного університету
Імені Івана Франка
Протокол № від 22 червня 2021 р.

© ЛНУ імені Івана Франка
© І. Койнова, І. Рожко, Н. Блажко, Б. Сенчина

З М І С Т

ВСТУП	4
I. РОБОЧА ПРОГРАМА ЕКОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ ПРАКТИКИ	6
II. ВИМОГИ ДО СКЛАДАННЯ ТА ЗАХИСТУ ЗВІТУ	11
III. ДОПОМІЖНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ НАПИСАННЯ ЗВІТУ	15
1. Теоретичні аспекти екологічних досліджень	
1.1. Принципи екологічних досліджень	
1.2. Наукові підходи до екологічних досліджень	
1.3. Методи екологічних досліджень	
2. Забруднення атмосферного повітря в містах викидами від автотранспорту	20
2.1. Специфіка забруднення атмосферного повітря у містах	
2.2. небезпечні забруднюючі речовини у викидах автотранспорту	
2.3. Чинники стабільності та трансформації хімічного складу атмосферного повітря	
3. Методика оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) внаслідок роботи автотранспорту на магістральних ділянках / перехрестях вулиць населених пунктів	28
4. Поради для формування рекомендаційних заходів щодо зменшення забруднення від автотранспорту та покращення стану атмосферного повітря	35
IV. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	40
V. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	42
VI. СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ	44
ДОДАТКИ	
<i>ДОДАТОК А.</i> Зразок титульної сторінки для оформлення звіту	
<i>ДОДАТОК Б.</i> Структура звіту	
<i>ДОДАТОК В.</i> Бланк обрахунку інтенсивності руху автомобілів	
<i>ДОДАТОК Г.</i> Приклади оформлення ілюстративного матеріалу	

ВСТУП

Екологічний розділ є частиною комплексної практики студентів географічного факультету спеціальності «014 Середня освіта. Географія», що проводиться влітку після II курсу. В умовах карантинних обмежень через пандемію COVID практика проходить за місцем проживання кожного студента індивідуально.

Тривалість практики – 3 дні. На екологічному розділі навчальної практики студенти повинні на практиці апробувати знання та вміння, набуті ними під час вивчення курсу «Екологія».

Програмою практики передбачено польові дослідження забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом у містах або вздовж автомагістралей. Ця екологічна проблема є однією з ключових проблем якості довкілля українських міст. Частка забруднення автотранспортом складає від 40 до 90% викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря міст. Саме цю проблему досліджують студенти під час практики.

Використовуючи методи польових досліджень, порівняння, математичних розрахунків та картографічний студенти самостійно проводять підрахунок кількості та типів автомобілів за певний період часу. На основі даних визначають вміст карбон (II) оксиду (CO) у атмосферному повітрі досліджуваного перехрестя/магістральної ділянки вулиці у конкретний час.

Після опрацювання літературних і фондових джерел, статистичної інформації про забруднення атмосферного повітря у досліджуваних містах/селищах студенти обирають найкращі практичні рекомендації для зменшення забруднення атмосферного повітря на досліджуваних перехрестях/магістральних вулицях, а також формують перелік заходів для покращення якості повітря у місцях проведення дослідження.

Отримані на практиці знання будуть мати подальше застосування під час самостійних досліджень для виконання завдань виробничої практики після 3 курсу. Результати досліджень, отриманих на практиці, можуть стати основою для подальших наукових пошукувань, бути використані для написання курсових робіт, участі з доповідями на студентських конференціях, публікації

тез чи статей. Дослідження локальних екологічних проблем територій свого проживання дозволяє зрозуміти не лише проблему, як таку, але й зрозуміти причини її виникнення та долучитись до її вирішення.

Отримані на практиці вміння та знання простих методик польових екологічних досліджень можна буде застосувати у подальшій педагогічній діяльності для організації наукових досліджень школярів.

У методичних рекомендаціях подано робочу програму екологічного розділу комплексної практики, детально розписані план проведення практики, необхідне спорядження та обладнання для проведення польових екологічних досліджень забруднення атмосферного повітря примагістральних ділянок або перехресть автомобільних доріг міст карбон (II) оксидом. Викладено вимоги до складання і захисту звіту, а також допоміжний матеріал для написання звіту. Для закріплення знань студентам пропонуємо запитання для контролю та словничок головних термінів.



I. РОБОЧА ПРОГРАМА ЕКОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ ПРАКТИКИ

Мета та завдання

Мета даного розділу практики – навчити студентів у своїй практичній діяльності розраховувати вміст карбон (II) оксиду (CO, чадний газ) в атмосферному повітрі та оцінювати вплив автотранспорту на стан повітряного середовища.

Об'єктом дослідження екологічного розділу практики є викиди карбон (II) оксиду внаслідок роботи двигунів автомобільного транспорту в атмосферне повітря на головних перехрестях/вулицях населених пунктів.

Предметом дослідження практики – оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксиду внаслідок викидів автомобільного транспорту на досліджуваних перехрестях/вулицях населених пунктів.

Завдання практики:

1. Закріплення та поглиблення теоретичних знань, набутих під час аудиторного та самостійного вивчення предмету «Екологія», а також застосування здобутих знань та умінь на практиці.

2. Ознайомлення з методикою оцінки впливу автотранспорту на стан повітряного середовища.

3. Визначення завантаженості найближчої до місця проживання магістральної вулиці/перехрестя автотранспортом.

4. Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами (за концентрацією CO) розрахунковим методом.

5. Розроблення найкращих практичних рекомендацій для зменшення забруднення атмосферного повітря на досліджуваних перехрестях/магістральних вулицях

6. Рекомендація головних напрямів і переліку заходів для покращення якості повітря у місцях проживання.

У результаті проходження навчальної практики студенти повинні:

знати:

- суть та особливості забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами від автотранспорту;
- прояви негативного впливу забрудненого повітря та наслідки для довкілля та здоров'я населення;
- екологічні чинники, які впливають на рівень забруднення атмосферного повітря автотранспортом в різних умовах;
- різні методи та методики дослідження забруднення атмосферного повітря;
- головні напрями і рекомендаційні заходи зменшення забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів.

вміти:

- визначати стан атмосферного повітря за допомогою дистанційних і розрахункових методів;
- проводити польові дослідження завантаженості вулиць автотранспортом;
- застосовувати математичні методи для визначення забруднення атмосферного повітря CO від автотранспорту;
- користуючись вихідними даними польових досліджень аналізувати та оцінювати ступінь забрудненості атмосферного повітря від автотранспорту (CO) на досліджуваних ділянках;
- опрацьовувати та аналізувати необхідну статистичну інформацію та фондові матеріали для доповнення результатів польових досліджень та визначення рівня забруднення атмосферного повітря досліджуваних територій;
- визначати та обирати головні напрями і системи заходів охорони атмосферного повітря та зменшення забруднення від автотранспорту.

Програма екологічного розділу комплексної навчальної фізико-економіко-географічної практики

День 1

Вступна лекція керівника практики, під час якої студенти знайомляться:

1) з робочою навчальною програмою практики, метою, об'єктом, предметом та завданнями розділу практики, отримують методичні рекомендації, інформацію про звітну документацію з практики, рекомендації щодо написання звіту та головні вимоги щодо його оформлення;

2) з індивідуальними завданнями, зміст яких стосується ознайомлення з методикою оцінки впливу автотранспорту на стан повітряного середовища за різний період доби;

3) з вимогами до укладання діаграм / графіків ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами (за концентрацією CO) на досліджуваних ділянках магістральних вулиць у різний період доби;

4) підходами до розроблення рекомендацій та головних заходів з охорони атмосферного повітря на ділянці дослідження та для населеного пункту загалом;

5) з правилами техніки безпеки і трудової дисципліни впродовж проходження розділу практики.

У перший день студенти виконують індивідуальне завдання: на основі опрацювання літературних і фондових джерел міських/селищних адміністрацій, статистичної інформації про стан забруднення атмосферного повітря у населених пунктах, що подають Департаменти екології і природних ресурсів обласних адміністрацій, студенти оцінюють загальний екологічний стан атмосферного повітря у населених пунктах, де проживають, за визначеними керівниками практики параметрами.

Дані щодо пилового забруднення атмосферного повітря у населених пунктах України можна здобути на сайті: <https://www.saveecobot.com/maps#6/50.001/30.443/aqi/comp+cams+fire>.

Тут оцінений Індекс якості атмосферного повітря, розрахований за формулою NowCast (US EPA) для головного забруднювача атмосферного

повітря – дрібнодисперсного пилю фракції РМ 2,5. На сайті зберігаються дані за останні кілька днів, тому можна прослідкувати динаміку забруднення і зрозуміти закономірності зміни концентрації пилового забруднення у різні дні тижня. Є також дані про рівень загрози для здоров'я населення.

День 2

Проведення польових (за можливості) досліджень завантаженості вулиць автотранспортом, зокрема:

1) вибір ділянки найближчої до місця проживання вулиці з двостороннім рухом для підрахунку кількості автомобілів, що проїжджають за 1 год.

2) проведення спостереження і підрахунок кількості та типів автомобілів на точці спостереження у три часові періоди :

з 9.00 до 10.00 (20 хв. з одного боку вулиці , 20 хв. з іншого)

з 13.00 до 14.00 (20 хв. з одного боку вулиці , 20 хв. з іншого)

з 18.00 до 19.00 (20 хв. з одного боку вулиці , 20 хв. з іншого)

Запис результатів в у спеціальний бланк;

3) формування зведеної таблиці результатів спостережень, на основі яких визначають завантаженість магістральних вулиць автотранспортом у різні години доби.

або

через карантинні заходи протидії поширення COVID виконати завдання 2 дня практики теоретично і розрахувати завантаженість умовної вулиці автотранспортом у різні години доби за наданими керівниками практики даними.

4) розрахунок та аналіз ступеня забрудненості атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) від автотранспорту на досліджуваній ділянці магістральної вулиці за формулою Бегма-Шаповалова;

5) обговорення з керівниками груп результатів розрахунку концентрації CO на досліджуваній ділянці вулиці/перехрестя.

День 3

Узагальнення результатів навчальної практики, написання та захист звіту:

1) укладання діаграм/графіків ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами (за концентрацією CO) на ділянках магістральних вулиць міст у різні періоди доби;

2) аналіз ступеня забрудненості атмосферного повітря карбон (II) оксидом на досліджуваній ділянці вулиці, формування зведеної таблиці результатів;

3) оцінка стану атмосферного повітря у населених пунктах, де проживають студенти на основі опрацювання літературних і фондових джерел, статистичної інформації, польових досліджень;

4) розроблення рекомендацій та головних заходів з охорони атмосферного повітря на досліджуваній ділянці та для населеного пункту загалом;

5) оформлення презентації результатів практики у програмі PowerPoint та індивідуальний захист звіту про практику.



II. ВИМОГИ ДО СКЛАДАННЯ ТА ЗАХИСТУ ЗВІТУ

Зміст звіту про практику

Вступ (актуальність такого розділу та його місце у комплексній практиці, об'єкт, предмет, мета, завдання, географічне положення району дослідження, терміни виконання досліджень, перелік виконаних робіт, загальна структура звіту).

Розділ I. Теоретичні основи дослідження забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом.

1. 1. Понятійно-термінологічний апарат

- атмосферне повітря, забруднення, вихлопні гази автомобіля, карбон (II) оксид (із літературних джерел).

- автомагістраль, автомобільна дорога (державного, регіонального, місцевого значення), вулиця (дорога), перехрестя (із Закону України «Про дорожній рух»);

1.2. Склад, особливості утворення та поширення вихлопних газів різних типів автомобілів у містах та вздовж автомагістралей.

1.3. Вплив небезпечних газоподібних речовин вихлопних газів на довкілля і здоров'я населення.

Розділ II. Методичні основи оцінювання забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту

2.1. Визначення інтенсивності руху автомобілів на ділянці вулиці чи перехресті міст.

2.2. Оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) від автотранспорту за формулою Бегма-Шаповалова.

Розділ III. Результати досліджень

3.1. Стан атмосферного повітря у досліджуваному населеному пункті (загальний опис, порівняння з іншими населеними пунктами України, причини та основні джерела забруднення).

3.2. Завантаженість досліджуваної вулиці/перехрестя магістральних вулиць населеного пункту автотранспортом у різні періоди доби.

3.3. Ступінь забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) внаслідок викидів автотранспорту на досліджуваному перехресті / вулиці населеного пункту.

Розділ IV. Рекомендації щодо зменшення забруднення повітря у населених пунктах та його запобігання.

4.1. Рекомендації для зменшення забруднення від автотранспорту досліджуваного перехрестя/вулиці та населеного пункту

4.2. Головні напрями та заходи охорони атмосферного повітря від автотранспортного забруднення в Україні та за кордоном.

Висновки (що важливого дізнались, завдяки проходженню практики, які теоретичні знання перевірили на практиці, яких навичок набули тощо).

Список літератури

Звіт про практики оформляється кожним студентом індивідуально у формі презентації результатів дослідження у програмі Power Point. Презентація повинна бути насичена фактичним матеріалом власних досліджень, фотографіями, графіками, діаграмами. Звіт повинен містити інформацію з усіх розділів та підрозділів рекомендованого вище змісту і викладений на 15-20 слайдах.

Обов'язково слід описати місце проведення екологічних досліджень і подати координати перехресті чи ділянки вулиці, яку ви обрали для дослідження за допомогою визначення геолокації у мобільному телефоні.

Для визначення геолокації вашої точки спостереження потрібно на смартфоні включити GPS. Після цього зайти у Google карти, та дозволити програмі визначити ваше місцезнаходження. Зробити скріншот екрану телефону з визначеною геолокацією. Приклад такого скріншоту подаємо на рисунку 1.

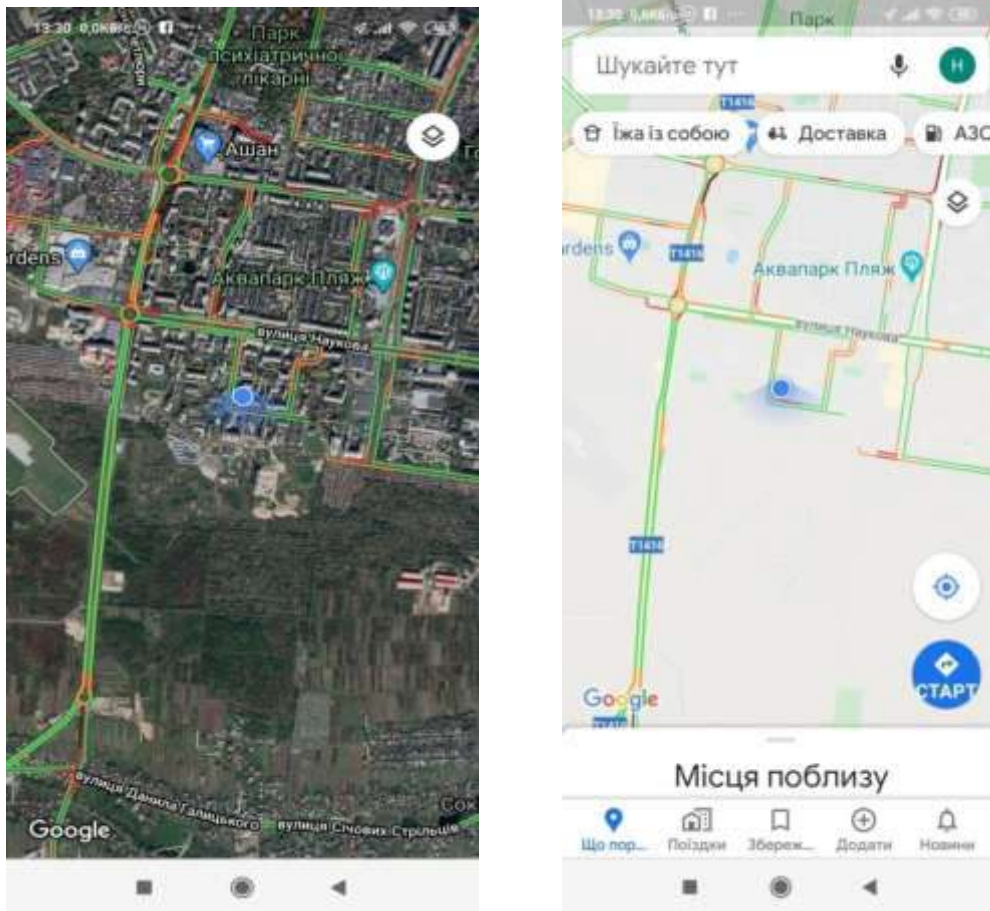


Рис. 1. Скріншот геолокації точки спостереження на супутниковому знімку та плані місцевості.

Слід також подати фото загального вигляду досліджуваного перехрестя та специфічних інфраструктурних об'єктів, що загострюють або ж, навпаки, зменшують проблему забруднення атмосферного повітря (погана якість дорожнього покриття, пішохідний перехід, велодоріжка тощо). Якщо, за певних обставин, у студентів немає змоги побувати на об'єкті дослідження, тоді можна знайти фото типових проблем у інтернеті, і розмістити їх у звіті з обов'язковим посиланням на авторство фото чи адресу інтернет видання.

В кінці звіту, перед додатками, слід розмістити список використаних літературних/інтернет джерел. Важливо, щоб на кожен позицію літератури було посилання у тексті у квадратних дужках з вказаним номером за порядком у підсумковому списку літератури. Наприклад - [5].

Групові та індивідуальні консультації під час виконання завдань практики відбуваються щодня протягом 4 годин у час, визначений і узгоджений керівником. Готовий звіт слід надіслати керівникові практики до 9 год. ранку останнього п'ятого дня практики.

Зверніть увагу на обов'язковість списку використаних літературних джерел та посилання на них у звіті, у квадратних дужках - [3] - особливо у теоретичній частині. Важливо, щоб на кожен позицію літератури було посилання у тексті.

Захист звіту відбувається в останній день практики перед усією групою в онлайн режимі в програмі Tims.

Критерії оцінювання практики

№ з/п	Вид контролю	Бали
1	Виконання завдань практики	50
2	Оформлення звіту	20
3	Виступ з доповіддю на захисті практики	10
4	Відповіді на запитання	10
5	Активність, участь у дискусії	10
Сума балів		100

Під час захисту звітів студенти можуть задавати один одному запитання, приймати участь в дискусії чи обговоренні заходів зменшення забруднення атмосферного повітря. За це виставляються додаткові бали.

Під час оцінювання враховується глибина досліджень, вірність обраних методик, достовірність отриманих висновків, оформлення звіту, насиченість фактичним матеріалом, аналітичними даними, власними чи запозиченими фотографіями.

Відповідно до набраної суми балів виставляється оцінка згідно таблиці:

Бал	Оцінка	
90 – 100	5	Відмінно
71 – 89	4	Добре
51 – 70	3	Задовільно
Менше 51	2	Незадовільно, можна перездати



ІІІ. ДОПОМІЖНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ НАПИСАННЯ ЗВІТУ

1. Теоретичні аспекти екологічних досліджень стану атмосферного повітря

1.1. Принципи екологічних досліджень

Для проведення екологічних досліджень забруднення чи якості атмосферного повітря слід користуватись головним теоретичним принципом – системним аналізом. Системний аналіз – це врахування усієї сукупності екологічних аспектів, які формують якісний стан атмосферного повітря, їхніх системних властивостей. Кожен чинник розглядається лише у зв'язку з іншими через характер та силу взаємодії, з врахуванням стійкості атмосферного повітря до забруднення, можливостей самоочищення, можливостей синергідних реакцій тощо. Системний аналіз ґрунтується на виокремленні ключових чинників, що впливають на сучасний та майбутній якісний стан атмосферного повітря, на формуванні ієрархії цих чинників, залежно від сили їхнього впливу на систему в тісному взаємозв'язку із зовнішнім і внутрішнім середовищем.

Принципи комплексності досліджень проявляється у врахуванні взаємоузгодженості та взаємозумовленості розвитку складових елементів досліджуваної території (природної, соціальної, економічної) і передбачає використання різних критеріїв та показників впливу на одну із складових геосистеми – атмосферне повітря. Комплексний принцип досліджень дозволяє розробити рекомендації з дотриманням вимоги «непогіршення екологічної ситуації». Вона передбачає попереджувальний підхід до вирішення проблем і унеможливорює прийняття рішення щодо переведення забруднень, наприклад, з атмосфери у ґрунти чи воду.

Принцип регіональності досліджень диференціює об'єкт від глобального через регіональний до локального. Він зобов'язує враховувати специфіку конкретної території досліджень, вибираючи методи та методику дослідження. Враховувати індивідуальність потрібно під час формування рекомендаційних заходів щодо покращення якості атмосферного повітря досліджуваної ділянки.

Для вирішення регіональних екологічних проблем слід враховувати досвід інших регіонів та глобальні заходи.

1.2. Наукові підходи до екологічних досліджень

Для підвищення достовірності та об'єктивності інформації під час екологічних досліджень, а також з метою прийняття адекватних рішень для вирішення екологічних проблем чи управління природоохоронною діяльністю окремих територій, необхідно використовувати такі *наукові підходи*:

1. *Географічний підхід* – передбачає територіальну диференціацію екологічних процесів та явищ. Він є комплексним і враховує специфіку об'єкту досліджень. Для географічного підходу характерно врахування як вертикальних, так і горизонтальних зв'язків у геоекосистемах.

2. *Екологічний підхід* – характеризується системністю і визначає орієнтацію дослідження не лише на аналіз взаємозв'язків у геоекосистемах, але й впливу змінених/забруднених геоекосистем чи їхніх компонентів на середовище життєдіяльності людини. Його головна характеристика – можливість проведення оцінки: об'єктів взаємодії, відносини між ними, стійкості геосистем, геохімічного стану, несприятливих процесів та явищ. У межах цього підходу можна провести зонування території за ступенем забруднення чи гостроти екологічної ситуації., базуючись на оцінці сучасного екологічного стану.

3. *Історичний підхід* – спрямований на вивчення часових аспектів взаємодії природної та антропогенної складових геоекосистеми та формування сучасної її структури. Будь-яка геоекосистема – історичне утворення, тому для обґрунтування комплексу заходів щодо оптимізації її використання та збереження стійкості до вже існуючих та додаткових антропогенних навантажень, доцільне проведення детального аналізу етапів господарського використання території, аналіз характеристик змін геосистем в історичному зрізі у зв'язку з тривалістю та інтенсивністю використання території та тенденціями розвитку. Згідно з цим підходом перспективні напрямки і

закономірності розвитку будь-яких територій є наслідком їхнього попереднього історичного використання.

4. *Геоекологічний підхід* повинен враховувати природно-географічні особливості складових частин геоекосистеми. Передбачає визначення причин забруднення, виявлення джерел та видів антропогенного впливу, соціально-економічних функцій геоекосистем, виокремлення особливостей просторової диференціації взаємодії між їхніми складовими.

5. *Соціально-економічний підхід* розглядає геоекосистеми та їхні складові, як об'єкти природокористування, і для виконання ними заданих суспільством еколого-економічних функцій, необхідно раціоналізувати природокористування.

6. *Конструктивно-географічний підхід* передбачає практичну спрямованість та прикладний характер екологічних досліджень. Це вимагає ґрунтового наукового аналізу, моделювання розвитку екологічного стану території, формування рекомендацій щодо його оптимізації, раціоналізації використання природних ресурсів та сталого розвитку геоекосистем.

1.3.Методи досліджень забруднення атмосферного повітря

Основними методами досліджень забруднення атмосферного повітря є метод збору та обробки отриманої статистичної / фондової інформації, її порівняння, узагальнення та інтерпретація отриманих результатів. Важливе значення мають методи статистичної обробки інформації з визначенням статистичної достовірності результатів. Використовують також методи прогнозування поширення забруднення від джерела викидів та прогнозування екологічної ситуації досліджуваної території (короткострокові, середньострокові та довгострокові прогнози), методи моделювання, тощо.

Для дослідження забруднення атмосферного повітря використовують методи екологічного обстеження з відбором проб та наступним застосуванням інструментально- лабораторних методів.

Інструментально-лабораторні методи бувають:

- хімічні, які використовуються для визначення наявності та кількості забруднюючих речовин у відібраних пробах атмосферного повітря;
- фізичні, для визначення фізичних чинників довкілля (температура, вологість тощо);
- фізико-хімічні, для визначення фізико-хімічних характеристик речовин (оптична густина, електропровідність, окисно-відновний потенціал);
- біологічні – з метою визначення забруднення атмосферного повітря (наприклад, біотестування, ліхеноіндикація, тощо).

Для проведення постійних спостережень за якістю атмосферного повітря застосовують метод екологічного моніторингу. Він буває локальним, регіональним чи глобальним (відповідно спостерігають за змінами у певній місцевості, регіоні або в біосфері у цілому).

Державною гідрометеорологічною службою Міністерства надзвичайних ситуацій України здійснюються спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 162 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу забруднюючих речовин.

Програма обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря включає сім забруднюючих речовин: пил, нітроген (IV) оксид (NO_2), сульфур (IV) оксид (SO_2), карбон (IV) оксид (CO_2), формальдегід (H_2CO), свинець та бенз(а)пірен. Деякі станції здійснюють спостереження за додатковими забруднюючими речовинами. Ведуться також спостереження за хімічним складом атмосферних опадів та снігового покриву, їх кислотністю.

Державна екологічна інспекція Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України здійснює вибірковий відбір проб на головних джерелах викидів. Вимірюється понад 65 параметрів.

Санітарно-епідеміологічна служба Міністерства охорони здоров'я України здійснює спостереження за якістю атмосферного повітря у житловій та рекреаційній зонах, зокрема поблизу основних доріг, санітарно-захисних зон та житлових будинків, на території шкіл, дошкільних установ та медичних

закладів в містах та в робочій зоні. Крім того, здійснюється аналіз якості повітря у житловій зоні за скаргами мешканців.

На практиці методи використовують у вигляді відповідних методик. Важливо, що під час проведення моніторингу якості атмосферного повітря чи оцінки впливу на довкілля для формування висновків використовують тільки офіційно затверджені методики. Методики екологічних досліджень приводяться у відповідних інструкціях, ДСТУ, науковій літературі, довідниках, наукових журналах, тощо.

Використовують також метод математичного моделювання. Наприклад, можна встановити взаємозв'язки абіотичних характеристик атмосферного повітря та стану забруднення, залежність змін забруднення повітря певних територій від дії екологічних факторів та ін. Математичні моделі дають змогу прогнозувати можливі варіанти перебігу подій, виділяти окремі зв'язки, комбінувати їх (наприклад, передбачати ареали найбільшого забруднення атмосферного повітря, тривалість «життя» забруднюючих речовин, можливість виникнення ефекту синергізму тощо).

Для виконання завдань екологічного розділу практики ми використаємо метод еколого-географічного спостереження, математичний (з застосуванням методики обрахунку вмісту CO у атмосферному повітрі за кількістю автомобілів), метод абстрагування та порівняння. Проведемо комплексне дослідження впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря CO з використанням системного аналізу та принципу регіональності досліджень.

2. Забруднення атмосферного повітря в містах

викидами від автотранспорту

2.1. Специфіка забруднення атмосферного повітря у містах

Автотранспорт, чисельність якого на вулицях міст і сіл України постійно зростає, негативно впливає на самопочуття їхніх мешканців, шляхом прямого та опосередкованого впливу: забруднення атмосферного повітря й прилеглих до автодороги ґрунтів, шум, пригнічення рослинності, ущільнення та порушення ґрунтів тощо. Викиди автотранспорту містять близько 280 видів забруднювальних речовин, більшість з них надзвичайно токсичні.

Основними видами забруднення атмосферного повітря в результаті роботи автотранспорту є відпрацьовані гази, що викидаються через вихлопну трубу. Концентрація токсичних речовин у вихлопних газах змінюється у великих межах. Кількість токсичних викидів залежить від конструкції двигуна, виду палива, режиму роботи двигуна, природних умов території тощо.

Питомі розрахункові викиди забруднюючих речовин
від спалювання 1 тони палива

(Наказ Державного комітету статистики України від 13.11.2008 р №452)

Вид палива	Перелік забруднюючих речовин	Кількість забруднюючих речовин, кг	
		Карбон (IV) оксид, CO ₂	решта забруднюючих речовин
бензин	CO ₂ , CO, NO ₂ , SO ₂ , неметанові леткі органічні сполуки, CH ₄ , NO, NH ₃ , свинець	3183	278
дизельне паливо	CO ₂ , CO, NO ₂ , SO ₂ , неметанові леткі органічні сполуки, CH ₄ , NO, бенз(а)пірен	3138	124
скраплений газ	CO, NO ₂ , SO ₂ , неметанові леткі органічні сполуки, CH ₄	–	251
стиснений газ	CO, NO ₂ , неметанові леткі органічні сполуки	–	138

Як бачимо CO у різних кількостях утворюється при спалюванні усіх видів пального. CO₂ переважає у структурі вихлопних газів від спалювання бензину

чи дизпалива. Його частка – 92-96%. Найбільше забруднення повітря фіксують поблизу перехресть вулиць, де автомобілі змінюють швидкість, здійснюють примусову зупинку, а їхні двигуни працюють на холостому ходу.



Фото. Задимлення атмосфери вихлопними газами автомобілів у містах

Органи державного контролю ведуть спостереження за вмістом у вихлопних газах автомобілів лише трьох найбільш токсичних речовин – карбон (II) оксиду, нітроген оксидів і вуглеводнів. Складність організації ефективного контролю полягає ще й у тому, що лише деякі з небезпечних речовин можна виявити та встановити їхню концентрацію наявними приладами, та й ГДК встановлені лише для деяких із них.

2.2. Небезпечні забруднюючі речовини у викидах автотранспорту

До найбільш небезпечних відносяться: вуглеводні (парафін, ароматичні сполуки), нітроген оксиди, сульфур оксиди, карбон (II) оксиду, сажа, альдегіди. Особливу групу складають канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Серед них – надзвичайно небезпечний і активний бенз(а)пірен. Якщо автомобіль використовує етильований бензин, то в атмосферу викидаються токсичні сполуки свинцю. У двигунах внутрішнього згорання на спалювання 1 кг бензину витрачається близько 15 кг повітря, що в 2,5 рази перевищує об'єми добового споживання кисню людиною.

Шкідливі викиди від автотранспорту доповнюють викиди від стаціонарних джерел (промислових підприємств, ТЕЦ, котелень тощо)

зумовлюють появу в містах смогів та випадання кислотних дощів навіть у віддалених від міст територіях.

На практиці ми будемо досліджувати чадний газ (**карбон (II) оксиду**, хімічна формула – **CO**) – це безбарвний без запаху та присмаку газ, тому його неможливо ні побачити, ні відчутти. Він утворюється при неповному згорянні всіх видів природного палива та органічних речовин. Найвищі концентрації карбон (II) оксиду спостерігаються біля автотранспортних магістралей, де він міститься у вихлопних газах автомобілів, в зонах впливу викидів рідкопаливних та твердопаливних теплових котелень та промислових підприємств.

Забруднюючі речовини вихлопних газів найбільше впливають на органи дихання людини, що згодом може викликати ряд небезпечних, як гострих, так і хронічних захворювань. Забруднення атмосферного повітря провокує збільшення вроджених хронічних захворювань у дітей, таких як астма, алергія, бронхіт, гайморит тощо.

Нітроген оксиди згубно впливають на органи дихання, сприяють появі пухлин і запальних процесів.

Карбон (II) оксиди можуть викликати кисневу недостатність тканин, зниження дії гемоглобіну в крові. Негативно впливають на нервову і серцево-судинну системи. Можуть викликати часті головні болі, задишку, порушення сну, млявість, дратівливість тощо.

У вихлопних газах містяться важкі метали, які мають властивості поступово накопичуватись в організмі до певних кількостей, що в майбутньому може викликати захворювання найслабшого органу людини. Медики фіксують різке збільшення випадків онкозахворювань населення великих міст. Вагома причина – постійне вдихання забрудненого повітря та накопичення токсичних речовин з атмосферного повітря.

Висока концентрація вихлопних газів (в тому числі чадного газу) в повітрі закритого приміщення може стати фатальною для людини. Фіксують часті випадки, отруєння та смерті людей від вихлопних газів в гаражах, де концентрація CO під час роботи двигуна на холостих обертах та при закритих воротах, набагато перевищувала допустиму норму.

Під час спалювання дизельного палива у атмосферу надходить дрібний пил, який складається з найдрібніших твердих і рідких частинок сполук сульфуру, нітрогену, хлоридів, сажі, мінеральних речовин, води тощо. Найнебезпечнішими є тверді частинки (PM – скорочення від назви англійською - Particulate Matter) діаметром менше як 10 мкм (PM10). Вимірюють переважно дві основні фракції - PM10 і PM2,5. Невеликі за розміром, вони знаходяться в повітрі у зваженому стані, потрапляють у дихальні шляхи, накопичуються у легенях, поступають у кров.

Тому існує тісний взаємозв'язок між кількістю PM-10 в атмосферному повітрі та збільшенням рівня захворюваності та смертності населення міст.

Значна кількість PM у вихлопних газах дизельних двигунів автомобілів привела до обмеження випуску та використання дизельних легкових автомобілів у країнах Західної Європи і Америки. Ці обмеження не стосуються вантажівок, а також будівельної, дорожньої та сільськогосподарської техніки, які є потужними джерелами викидів твердих частинок [5].

2.3. Чинники стабільності й трансформації хімічного складу атмосферного повітря

Завдяки постійній циркуляції атмосферного повітря воно має здатність до самоочищення. Зменшення концентрації забруднюючих речовин може відбуватися природним шляхом завдяки: постійному руху повітря і «розбавленню» брудного повітря чистішим, осіданню твердих часточок під дією сили тяжіння, випаданню різних домішок з атмосферними опадами. Для прикладу опади інтенсивністю 1 мм/год за 45 хв. вимиває з повітря до 30% пилу діаметром 10 мкм.

Але велика кількість забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу сьогодні, їхня висока токсичність та різноманіття, не дозволяють приходити процесам самоочищення швидко. Циркуляція повітря усереднює склад компонентів у ньому, а також сприяє переміщенню забруднюючих речовин на великі відстані.

Класифікація рівнів небезпеки забруднення повітря за кратністю перевищення ГДК забруднюючої речовини в атмосферному повітрі (Колесник)

Рівень забруднення	Ступінь небезпеки	Кратність перевищення ГДК	Відсоток випадків перевищення ГДК
Допустимий	Безпечний	1–2	>0–4
Недопустимий	Помірно небезпечний	>2–4,4	>4–10
Недопустимий	Небезпечний	>4,4–8	>10–25
Недопустимий	Дуже небезпечний	>8	>25

Крім переміщення забруднюючих речовин відбуваються їх різноманітні хімічні перетворення. В результаті можуть утворюватися більш токсичні (ефект синергізму) або менш токсичні речовини (ефект антагонізму) від початкових сполук. Наприклад, під дією іонізуючого випромінювання проходять фотохімічні процеси з утворенням нітроген оксидів та озону. Під час взаємодії вуглеводнів з озоном або атомарним киснем утворюються пероксиди. Це дуже активні речовини, що здатні вступати в реакцію з нітроген оксидами та іншими сполуками й утворювати складні комплексні сполуки – оксиданти. Фотохімічні процеси активно відбуваються в стратосфері, руйнуючі озоновий шар планети.

Нітроген оксиди антропогенного походження здебільшого потрапляють в атмосферу у вигляді NO. Далі відбуваються хімічні реакції утворення NO₂, який при контакті з водою утворює азотну кислоту. Сульфур (III) оксид (сірчаний ангідрид SO₃), сполучаючись з парою води, утворює пароподібну сульфатну кислоту, яка може до двох тижнів існувати в тропосфері у вигляді аерозолу і переноситись повітряними потоками на значні відстані. У вологій забрудненій атмосфері за одночасної наявності SO₃, NO, NO₂ та вуглеводнів утворюються значні кількості аерозолів. Кількість аерозолів зменшується з підвищенням відносної вологості повітря [7].

Під час смогу різко збільшується забруднення повітря сажею й сірчистими сполуками, вуглеводнями, озоном та оксидами азоту. Утворенню

смогу сприяє температурна інверсія, що настає в ясні сонячні дні, коли відбувається охолодження землі через випромінювання. При цьому в безвітряну погоду всі забруднення накопичуються в приповерхневому шарі. Під час смогу особливо потерпають і частіше гинуть люди з хронічними респіраторними та серцево-судинними захворюваннями.

Відомі випадки масових отруєнь людей внаслідок короткочасного підвищення рівня забруднення атмосферного повітря та утворення смогів. У 1930 р. у Бельгії в долині річки Маас внаслідок виникнення токсичного смогу захворіли тисячі людей, померло 60 осіб. У 1948 р. у США в місті Донора захворіло 6 тис. осіб (50 % населення), 20 осіб. померли. Але найбільші жертви від смогу зафіксовано у 1952 р. у м. Лондон, коли померло 4 тис. осіб [7].

Смоги стали частим явищем у багатьох містах світу.



Фото. Сухий фотохімічний смог у Києві (2020 р.)



Фото. Смог у Пекіні (2015)



Фото. Смог у Лондоні



Фото. Смог у Львові

Найнебезпечніші для усіх живих організмів – стійкі забруднювачі. Це хімічні елементи та їх сполуки, що не трансформуються у довкіллі, або руйнуються дуже повільно. Вони характеризуються вираженими токсичними властивостями, здатні до міграції та акумуляції. Основними стійкими

забруднювачами є: важкі метали та металоїди, стійкі органічні та неорганічні сполуки (хлориди, нітрати, фосфати, сульфати, ціаніди).

Найбільше забруднюючих речовин викидається з вихлопними газами у режимі роботи двигуна на холостих обертах. Це трапляється під час зупинки автотранспорту на світлофорах, пішохідних переходах та у заторах чи «тягучках», які стали типовим явищем в українських містах.



Фото. Затор на вулицях м. Львова

3. Методика оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (монооксид вуглецю CO) внаслідок роботи автотранспорту на магістральних ділянках / перехрестях вулиць населених пунктів

Вміст CO в атмосферному повітрі можна встановити різними методами, один з них – розрахунковий, яким ми будемо користуватися на практиці. Дослідження проводять у два етапи:

1. Обрахунок кількості автомобілів, що проїжджають по вулиці за певний період часу, на основі чого визначають завантаження вулиць автотранспортом.

2. Розрахунок забрудненості атмосферного повітря CO від автотранспорту на досліджуваній ділянці магістральної вулиці за формулою Бегма-Шаповалова.

Визначення завантаження перехресть магістральних вулиць населених пунктів автотранспортом

Завантаження перехресть магістральних вулиць автотранспортом визначають за інтенсивністю руху (табл. 1).

Таблиця 1

Завантаження перехресть магістральних вулиць автотранспортом

№ з/п	Інтенсивність руху	Кількість автомобілів за добу	Кількість автомобілів за 1/2 доби (денний період)
1	Низька	< 8 000	< 6 000
2	Середня	8 000–18 000	6 000–14 000
3	Висока	> 18 000	> 14 000

Інтенсивність руху автотранспорту обчислюють методом підрахунку автомобілів різних типів за годину у різні періоди доби. У деяких населених пунктах чітко виражені пікові години (з найбільшою кількістю автомобілів, що проїжджають через перехрестя/вулицю). У такі години, як правило, у містах спостерігаються затори, або «тягучки» з автомобілів. Є також і міжпікові години, коли кількість автомобілів незначна (спостерігається раннім ранком і

пізнім вечором, або ж вночі). У різних населених пунктах ці години різні і залежать від функціонального призначення, кількості населення і транспорту, розвитку інфраструктури тощо.

Останні роки межі між піковими та міжпіковими годинами руху автотранспорту розмиті, а у період карантину і зовсім стираються. Тому ми рекомендуємо для обрахування кількості автомобілів обрати три періоди в межах

- з 12.00 до 13.00 (20 хв. з одного боку вулиці, 20 хв. з іншого)
- з 14.00 до 15.00 (20 хв. з одного боку вулиці, 20 хв. з іншого)
- з 17.00 до 18.00 (20 хв. з одного боку вулиці, 20 хв. з іншого)

Запис результатів слід здійснювати у спеціальний бланк (додається окремими файлом). Зверніть увагу, що рахувати кількість потрібно за різними типами автомобілів (легковий, автобус, вантажний тощо). Зафіксуйте також наявність заторів чи «тягучок» та їхню тривалість. Проаналізуйте цей факт з точки зору збільшення/зменшення інтенсивності забруднення атмосферного повітря.

Після польових обрахунків слід заповнити таблицю 2. Для цього необхідно сумувати кількість певного типу автомобілів, що проїхали за 20 хв. в один і другий бік досліджуваної вулиці і помножити на 3. Обрахуйте також загальну кількість автомобілів, що проїжджають досліджуваною ділянкою по типах і обрахуйте середнє значення за 1 год.

Таблиця 2

Інтенсивність руху автотранспорту на досліджуваному перехресті / вулиці

Тип автомобіля	Кількість автомобілів, шт.				
	год: _____	год: _____	год: _____	Всього за 3 год	Середнє за 1 год
Важкий вантажний (дизельний)	-				
Середній вантажний	-				
Автобус	-				
Мікроавтобус	-				
Легковий автомобіль	-				
Усього					

Для визначення орієнтовної завантаженості перехресть / вулиць автотранспортом необхідно середнє значення кількості автомобілів (перехрестя лінії «усього» і стовпчика «середнє за 1 год.» в таблиці 2) помножити на 12 год (денний період) і порівняти його з значеннями таблиці 1 кількості автомобілів за пів доби.

На основі даних таблиці 2 побудуйте стовпчикові діаграми завантаженості досліджуваного перехрестя/вулиці потоком автотранспорту у різні години за типами автомобілів. У результаті на рис. 1. (назва: Завантаженість досліджуваного перехрестя/вулиці потоком автотранспорту у різні години за типами автомобілів) буде відображено 5 груп стовпців (по три у різні години) за типами автомобілів. Ця діаграма візуалізує відмінності у структурі транспортного потоку за типами автомобілів у різні години та дає розуміння, які потоки слід регулювати для зменшення забруднення та покращення стану атмосферного повітря.

Висновки описати за результатами обчислень з табл. 2 і рис.1. (діаграма) стосовно перехрестя загалом і відмінностей у різні години за різними типами автомобілів.

Оцінювання забруднення атмосферного повітря

СО від автотранспорту на перехрестях / вулицях

Ступінь забруднення повітря залежить не лише від інтенсивності руху, типу двигуна автомобіля, кількості та характеру викидів, а й типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку і сили вітру, вологості й температури повітря. Тому перелічені особливості слід врахувати під час обчислення концентрації СО за формулою Бегма-Шаповалова:

$$K_{CO} = (A + 0,01NK_m) \times K_a \times K_n \times K_c \times K_b \times K_p, \quad 2.1.$$

де A – фонове забруднення повітря, стала величина ($A=0,5$ мг/м³);

N – сумарна інтенсивність руху певного типу автомобілів на перехресті вулиці (шт./год.);

K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в повітря СО;

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

K_n – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря CO відповідно від величини поздовжнього нахилу вулиці;

K_c – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру на вміст CO в атмосферному повітрі;

K_b – коефіцієнт, що враховує вплив вологості на вміст CO в атмосферному повітрі;

K_m – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря монооксидом вуглецю на перехрестях вулиць.

Коефіцієнти K_a , K_n , K_c , K_b , K_m слід визначити, залежно від умов досліджуваної ділянки, за таблицями, що подані нижче. Для цього слід виписати значення швидкості вітру та вологості атмосферного повітря станом на дату дослідження (17.07.21) у населеному пункті, де проводяться спостереження з офіційних сайтів: <https://rp5.ua>, <https://ua.sinoptik.ua>, <https://www.gismeteo.ua> тощо.

Коефіцієнт токсичності K_m визначають залежно від типу автомобілів та частки певного типу авто від загального потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = P_i \times K_m^1, \quad 2.2$$

де P_i – частка певного типу автотранспорту від загального потоку поділена на 100 (від 0 до 1);

K_m^1 – визначають за табл. 3.

Коефіцієнт токсичності автомобілів

Таблиця 3

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_m^1
Важкий вантажний (дизельний)	0,2
Середній вантажний	2,9
Автобус	3,7
Мікроавтобус	2,3
Легковий автомобіль	1,0

Значення коефіцієнта K_a що враховує аерацію місцевості

Таблиця 4

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з обох боків	1,0
Вулиці та дороги з одноповерховою забудовою	0,6
Міські вулиці та дороги з однобічною забудовою, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Коефіцієнт K_n враховує зміну забруднення атмосферного повітря CO відносно величини поздовжнього нахилу вулиці, визначають за табл. 5.

Значення коефіцієнта K_n ,

Таблиця 5

Поздовжній ухил, градуси	Коефіцієнт K_n
0–2	1,00
2–4	1,06
4–6	1,07
6–8	1,18
> 8	1,55

Коефіцієнт K_c враховує вплив швидкості вітру на вміст CO в атмосферному повітрі, визначають за табл. 6.

Значення коефіцієнта K_c

Таблиця 6

Швидкість вітру, м/сек	Коефіцієнт K_c
1–2	2,70
2–3	2,00
3–4	1,50
4–5	1,20
5–6	1,05
> 6	1,00

Коефіцієнт K_v враховує вплив вологості на вміст СО в атмосферному повітрі, визначають за табл. 7.

Значення коефіцієнта K_v

Таблиця 7

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт K_v
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Коефіцієнт K_n враховує відмінності забруднення, залежно від різних типів перехресть вулиць, наведено в табл. 8.

Значення коефіцієнта K_n для різних типів перехресть вулиць

Таблиця 8

Тип перехрестя	Коефіцієнт K_n
Регульоване перехрестя:	
– світлофорами регульоване	2,1
– саморегульоване (світлофор вимкнений)	2,0
Нерегульоване перехрестя:	
– зі зниженою швидкістю	1,9
– кільцеве	2,2
– з обов'язковою зупинкою	3,0

Підставивши значення наведених коефіцієнтів у формулу 2.1, обчисліть концентрацію карбон (II) оксиду на досліджуваних перехрестях /вулицях за кожну досліджувану годину. Обраховувати концентрацію СО потрібно для кожного типу автомобілів, змінюючи значення K_m . Отож, загалом потрібно 15 разів по формулі порахувати концентрацію. Концентрація СО у певну годину буде дорівнювати сумі концентрацій СО від усіх типів авто, що проїхали на досліджуваній ділянці вулиці.

Для визначення величини забруднення атмосферного повітря значення сумарної концентрації СО за год слід порівняти із значенням ГДК СО

середньодобова, яка = 5 мг/м³. Результати обчислення слід записати у підсумкову табл. 9.

**Результати дослідження забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксиду (CO) на ділянці вулиці _____, населеного пункту _____
внаслідок роботи двигунів автотранспорту**

Таблиця 9.

Тип автомобіля	Результати досліджень					
	в період 12-13 год		в період 14-15 год		в період 17-18 год	
	кількість авто	концентрація CO	кількість авто	концентрація CO	кількість авто	концентрація CO
Важкий вантажний						
Середній вантажний						
Автобус						
Мікроавтобус						
Легковий автомобіль						
Загалом						
Перевищення ГДК CO, разів	–		–		–	

За результатами досліджень слід побудувати лінійний графік зміни концентрації CO протягом досліджуваних годин та три кругові структурні діаграми, де відобразити частку, яку вносить кожен вид транспорту у загальне забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом.

Зробити короткі висновки, де описати результати спостережень та обчислень, зазначити, які чинники *більше*, а які *менше* впливають на інтенсивність руху та забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом, що міститься у вихлопних газах, враховуючи також тип забудови, рельєф, місцевість, напрям і силу вітру, вологість й температуру повітря, якість покриття доріг, наявність заторів тощо на досліджуваній ділянці.

4. Поради для формування рекомендаційних заходів щодо зменшення забруднення від автотранспорту та покращення стану атмосферного повітря

В останньому розділі слід описати загальні заходи що зменшать забруднення атмосферного повітря від автотранспорту в Україні, проаналізувати закордонний досвід, який вже використовують у різних містах.

Окремо слід прописати які заходи, на Вашу думку слід реалізувати на тій ділянці/перехресті, яке ви досліджували.

Одним із шляхів зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на здоров'я людини і навколишнє середовище є переведення транспортних двигунів на газ. Газ краще за бензин чи дизпаливо змішується з повітрям, тому повніше згоряє в двигунах. Тому в атмосферне повітря виділяється менше шкідливих речовин.

Щоб мінімізувати вплив автотранспорту на стан довкілля потрібно підтримувати технічний стан автотранспорту в належному стані. Із збільшенням віку автотранспорту і тривалості експлуатації погіршуються показники викидів у вихлопних газах. Наприклад, більшість підприємств-виробників автомобілів тільки в перші 3 роки гарантують задекларований рівень викидів забруднюючих речовин. Викиди сажі від дизельного двигуна у поганому технічному стані можуть збільшуватися до 20 разів, несправний карбюраторний двигун може викидати до 1,5-2 разів більше оксидів азоту.

Важливі також організаційні заходи, що стосуються логістики руху. Наприклад, налаштування світлофорів на прямих ділянках автомагістралей на "Зелену хвилю". Світлофори облаштовують табло із рекомендованою швидкістю руху автомобілів (55-60 км/год), дотримання якої забезпечує рух без додаткових зупинок. Або ж обладнання світлофорів зеленою стрілкою поворот направо при основному червоному світлі світлофору. За умови відсутності пішоходів на дорозі автомобіль здійснює поворот направо без додаткової зупинки. Ефективне також рішення у нічний час вмикати світлофори у режимі мигаючого жовтого світла. Впровадження таких рішень має значні переваги –

покращення екологічної ситуації, зменшення забруднення атмосферного повітря, дотримання інтересів пішоходів, водіїв, зменшення заторів тощо.

Організація ефективного руху громадського транспорту за графіком – суттєво знизить забруднення та покращить якість атмосферного повітря у містах. Відведення окремої правої смуги для руху громадського транспорту дозволить уникати затори чи «тягучки» та забезпечить рух чітко за графіком.

Важливо розвивати у містах інфраструктуру для велосипедів, електросамокатів тощо. Облаштування велодоріжок та пунктів прокату екологічних видів пересування дозволить зменшити завантаженість доріг автотранспортом.

Для міста Львова дуже великою проблемою є мала кількість місць для паркування автомобілів, особливо у центральній частині. Тому власники часто залишають свої автомобілі на тротуарах, не залишаючи місця для пішоходів і унеможлиблюючи проїзд з дитячими візками чи на інвалідних візках. Паркують також авто на проїжджій частині дороги, зменшуючи пропускну здатність та провокуючи затори.



Фото. Паркування автомобілів у центральній частині м. Львова.

Важливо облаштувати багатоповерхові (наземні чи підземні) паркінги для автомобілів на головних під'їзних дорогах до центру міст. Особливо актуальне будівництво таких паркінгів для м. Львова. Це суттєво розвантажить вузькі центральні вулички, збільшить їхню пропускну здатність та зменшить утворення заторів, а отже і забруднення атмосферного повітря.

Важливим заходом зменшення забруднення атмосферного повітря у містах є налагодження руху громадського транспорту за точним графіком, як це зроблено у європейських містах. Для безперешкодного руху громадського транспорту відводять окремі смуги на дорогах (крайня права).



Фото. Окрема смуга для громадського транспорту у м Варшава.

Для зменшення впливу забрудненого атмосферного повітря на здоров'я людей здійснюють ряд заходів. Наприклад, облаштовують захисні стінки вздовж автомагістралей, які проходять через населені пункти. Вони можуть бути дерев'яними, пластиковими. У містах краще висаджувати «живі» зелені огорожі, які окрім захисної функції, продукують кисень та естетично виглядають.



Фото. Захисні огорожі від забруднення атмосферного повітря автотранспортом

У звіті зазначте загальні рекомендаційні заходи для зменшення забруднення від автотранспорту та заходи з попередження впливу забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення. Окремо опишіть заходи, які на вашу думку слід реалізувати на досліджуваному перехресті для зменшення забруднення атмосферного повітря.

У загальних висновках до звіту опишіть Ваші враження від практики, чого навчилися, що здивувало, як можна використати здобуті знання у майбутній фаховій діяльності.

Слід також оформити список використаної літератури та інтернет джерел згідно вимог [16] і прослідкувати, щоб у тексті презентації були посилання.



IV. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Наведіть приклади синергетичного ефекту і збільшення забруднення атмосферного повітря
2. Назвіть забруднюючі речовини, які мають ефект акумуляції
3. Що таке моніторинг атмосферного повітря?
4. Які види забруднення атмосферного повітря ви знаєте?
5. Назвіть основні джерела забруднення атмосферного повітря
6. Які з пересувних джерел забруднення здійснюють найбільший негативний вплив на атмосферне повітря населених пунктів?
7. Які забруднюючі речовини відносяться до парникових газів?
8. Охарактеризуйте шкідливий вплив основних забруднюючих речовин у вихлопних газах автомобілів на здоров'я людей
9. Який вплив карбон (II) оксиду на живі організми?
10. Що таке частко РМ10?
11. Поясніть чому в містах утворюється острів тепла?
12. Що таке смог?
13. Які види смогу ви знаєте?
14. Які види смогу спостерігаються в українських містах
15. Чому випадають кислотні дощі?
16. Які екологічні чинники впливають на рівень забруднення атмосферного повітря вздовж автомагістралей чи перехресть?
17. Назвіть абіотичні чинники, які формують рівень забруднення атмосферного повітря вздовж досліджуваних вами автомагістралей чи перехресть?
18. Назвіть біотичні чинники, які формують рівень забруднення атмосферного повітря вздовж досліджуваних вами автомагістралей чи перехресть?

19. Назвіть антропогенні чинники, які формують рівень забруднення атмосферного повітря вздовж досліджуваних вами автомагістралей чи перехресть?
20. Запропонуйте заходи зменшення забруднення атмосферного повітря на досліджуваній вами ділянці
21. Які заходи можна втілювати для підвищення ефективності логістики перевезень у містах?
22. Наведіть приклади вирішення проблем забруднення атмосферного повітря у містах різних країн
23. Назвіть технічні заходи зменшення викидів забруднюючих речовин у вихлопних газах автомобілів
24. Назвіть організаційні заходи зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від автомобілів
25. Назвіть управлінські заходи зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від автомобілів
26. Чи були перевищення норм вмісту CO у атмосферному повітрі досліджуваної вами ділянки? Проаналізуйте чому.
27. Який вид автотранспорту переважав на вашій території під час дослідження?
28. Чи є пряма залежність кількості автомобілів і кількості викинутого CO?
29. Чи впливає забруднення атмосферного повітря на стан захворювання населення?



V. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Білявський Г. О. Основи екології : теорія і практикум : навч. посібник / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навродський. – К. : Лібра, 2009. – С. 197-200.

2. Кіпчач Ф. Депресивні регіони України: екологічна компонента : монографія / Ф. Кіпчач. - Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 288 с. (с. 24–47; с. 231–235).

3. Койнова І.Б., Головатий М.В. Екологічний паспорт території: теорія і практика: Монографія. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 160 с.

4. Койнова І.Б., Онищенко Ю.В. Стан атмосферного повітря як важлива складова екологічної безпеки міста Кривий Ріг // Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації : матеріали міжн. наук.-практ. конференції (Львів, 4-5 квітня 2019 р.) – Львів, НЛТУ України, 2019. – С. 244-246.

5. Колесник В.Є., Павличенко А.В., Калініна К.Р. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення // Геотехнічна механіка, 2017, №137.

6. Кучерявий В.П. Екологія – Львів : Світ, 1999. – 320 с.

7. Михайленко В.П. Навчально-методичний комплекс з дисципліни "Забруднювальні речовини в навколишньому середовищі " (електронна версія) (укр.) – Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, географічний факультет, 2021. – 170 с.

8. Назарук М.М. Основи екології та соціоекології : навч. посібник для ВЗО І–ІІ рівнів акредитації / М.М. Назарук. – Львів. – 1997. – 210 с.

9. Назарук М.М. Соціальна екологія : взаємодія суспільства і природи: навч. посіб. / М. М. Назарук : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. - 348с.

10. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Дані моніторингу атмосферного повітря у найбільших містах – Режим доступу : <https://menr.gov.ua/timeline/Stan-atmosfernogo-povitrya.html>

11. Екологічні паспорти областей України. – Режим доступу : офіційні інтернет сторінки Департаментів екології і природних ресурсів різних областей України.

12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. – Режим доступу : <http://www.nature.org.ua/>

13. Екологічна ситуація у м. Львові. Пересувні джерела. – Режим доступу : <http://city-adm.lviv.ua/portal/for-citizen/ecology>.

14. Забруднення повітря в Києві // інтернет видання Укрінформ – Режим доступу : <https://www.ukrinform.ua/rubric-kyiv/2858199-zabrudnenna-povitra-bilij-smog-u-kievi-stae-budennim.html>

15. Онлайн карта забруднення атмосферного повітря України в реальному часі // Saveecobot – Режим доступу : <https://www.saveecobot.com/maps#6/50.001/30.443/aqi/comp+cams+fire>

16. Правила оформлення літератури – Режим доступу : <https://www.pedcollege.kiev.ua/index.php/88-biblioteka/kursova-robota-metodychni-porady/727-suchasni-vymohy-do-skladannia-spysku-vykorystanoi-literatury-i-dzherel-informatsii>



VI. СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ

Біологічне забруднення атмосферного повітря – це привнесення в атмосферне середовище нових, не властивих йому раніше, біологічних агентів або створення сприятливих умов для надмірного збільшення їх чисельності (біомаси), що перевищує норму в природних умовах, в тому числі внаслідок набуття ними нових властивостей. Це можуть бути також організми, що з'явилися завдяки життєдіяльності людства – бактеріологічна зброя, нові віруси

Джерело забруднення атмосферного повітря – об'єкт (підприємство, цех, агрегат, установка, транспортний засіб тощо), з якого надходить в атмосферне повітря забруднююча речовина або суміш таких речовин.

Ефект акумуляції – поступове накопичення організмами хімічних речовин у ході їхнього проживання в забрудненому середовищі. На кожному наступному трофічному рівні створюється багаторазово вища концентрація забруднювача.

Ефект антагонізму – ефект комбінованої дії кількох забруднюючих речовин менший від очікуваного ефекту при простій сумачії, одна речовина послаблює дію іншої.

Ефект інтермітуючої дії – переривчастий вплив забруднюючої речовини. Виникає коли концентрація шкідливої речовини коливається в часі. Перехід від одного стану до іншого вимагає пристосування, а тому часті і різкі коливання сили подразника ведуть до більш сильного впливу на організм. Максимальний ефект спостерігається на початку та в кінці впливу подразника.

Ефект синергізму – підсилення ефекту, одна речовина підсилює дію іншої, тобто впливає більше, ніж сумачія. Потенціювання відзначено при спільній дії сірчистого ангідриду і хлору.

Забруднення – надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергії у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни. Збільшення концентрації фізичних, хімічних, біологічних чи біотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки. Розрізняють такі види забруднення:

- *фізичне забруднення*
- *хімічне забруднення*
- *біологічне забруднення*
- *механічне забруднення*

Забруднення атмосферного повітря – змінення складу і властивостей атмосферного повітря в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища

Забруднювач – будь-який фізичний чинник, хімічна речовина або біологічний вид (головним чином мікроорганізми), який потрапляє в навколишнє середовище або виникає в ньому в кількості, більшій за звичайну, і викликає забруднення середовища.

Карбон (IV) оксид (CO₂) (вуглекислий газ, діоксид вуглецю) – неотруйний газ, без кольору і запаху, що є природною складовою атмосфери. Утворюється при згорянні природного палива, у процесі якого відбувається взаємодія карбону з киснем. Також є продуктом респірації живих організмів. Необхідний елемент живлення рослин. Фітопланктон в океанах здатний поглинати й виробляти цей газ у великій кількості. Він має парникові властивості, тобто сприяє утриманню тепла на поверхні Землі. CO₂ є найважливішим джерело кліматичних змін, на частку якого припадає близько 64% глобального потепління. Основними джерелами викиду CO₂ в атмосферу є виробництво, транспортування, переробка та споживання викопного органічного палива (86%), знищення тропічних лісів і

спалювання біомаси (12%) і інші джерела (2%). Токсична дія спостерігається при його вмісті в повітрі 3-4 %, і полягає в подразненні дихальних шляхів, запамороченні, головному болі, шумі у вухах, психічному збудженні, втраті свідомості.

Карбон (II) оксид (CO) (чадний газ, монооксид вуглецю) – безбарвний, дуже отруйний газ без запаху. Утворюється внаслідок неповного згоряння пального в автомобільних двигунах та опалюваних приладах, які працюють на вугіллі або на інших видах природного палива. У воді майже не розчиняється і не вступає з нею в хімічну взаємодію. Через свою отруйність є дуже небезпечним для організму людини. Ця небезпека збільшується тим, що він не має запаху і отруєння може настати непомітно. Навіть незначні його кількості, що потрапляють у повітря і вдихаються людиною, викликають запаморочення і нудоту, а вдихання повітря, в якому міститься 0,3 % CO за об'ємом, може швидко привести до смерті. Отруйна дія CO обумовлюється тим, що він утворює з гемоглобіном крові порівняно стійку сполуку — карбоксигемоглобін, внаслідок чого кров втрачає здатність передавати кисень тканинам організму. Отруєння цим газом настає в результаті критичної нестачі кисню в організмі. Концентрація CO в повітрі 1 мг/м³ є небезпечною для життя людини.

Кислотні дощі – це атмосферні кислоти, що осідають на земну поверхню як вологі (сніг, дощ, туман, імла) і сухі опади (газ і сухі частинки), які мають рН < 5,6. Кислотні дощі стали дуже поширеним явищем. Вони можуть випадати на значних відстанях від джерела первісного викидання речовини. Кислотні дощі призвели до закислення природного середовища на великих територіях Європи та Північної Америки. Кислотні дощі залишають на листі дерев чорні плями, закислюють озера і ґрунти, змінюють їх хімічний склад. Кислотні опади посилюють корозію різних матеріалів і конструкцій. Особливо небезпечні вони для унікальних історичних пам'яток, зокрема мармурових.

Ліхеноіндикація – перспективний метод біоіндикації повітряного середовища, що здійснюється за допомогою лишайників. Лишайники завдяки особливостям своєї організації і життєдіяльності є одними з найкращих біоіндикаторів чистого повітря. Вони поширені по всій планеті, ростуть на різних субстратах, здатні витримувати суворі умови існування, і у той же час їм властива висока чутливість до забруднення атмосфери. Вивчивши такі властивості лишайників, можна використовувати їх для загальної оцінки ступеня забруднення довкілля, особливо атмосферного повітря. Ліхеноіндикацію поділяють на візуальну (за наявністю певних видів описується забруднення повітря і проводиться ліхенологічне картування місцевості) і експериментальну (у зразках лишайників експериментально визначають рівень накопичення поліutantів).

Моніторинг (англ. моніторинг – спостерігати, наглядати) – це система спостереження, збирання, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Острів тепла – метеорологічне явище, коли через зміну властивостей земної поверхні людиною температура у містах вища, ніж у навколишніх сільських місцевостях. Вперше це було досліджене й описане Люком Говардом у 1810 році. Як правило, температурна різниця помітніша вночі та при слабких вітрах. Найкраще це явище проявляється влітку та взимку. Міський розвиток вимагає використання значних обсягів цементу та асфальту для покрівельних робіт, а також прокладання тротуарів і доріг. Ці матеріали поглинають більше сонячного випромінювання, ніж поверхні, в сільській місцевості. Крім того, вони мають різні поверхневі радіаційні властивості, тобто виділяють енергію як теплове випромінювання або тепло. Міські теплові острови можуть спричинитись також ефектом міського каньйону – висотна забудова забезпечує безліч поверхонь для відбиття та поглинання сонячного світла та блокує вітрові потоки повітря.

Ще однією причиною є зменшення випаровування з поверхні міських територій через відсутність рослинності. Зі зменшенням площі зелених насаджень міста втрачають тіньову та охолоджувальну дію дерев, також зменшується поглинання вуглекислого газу.

Парникові гази – газоподібні складові атмосфери природного або антропогенного походження, які поглинають і перевипромінюють теплову енергію. Антропогенне зростання концентрації парникових газів в атмосфері призводить до підвищення приземної температури та зміни клімату. Перелік парникових газів, які підлягають обмеженню згідно Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату (1992 р.) визначений у Додатку А до Кіотського протоколу (1997 р.), та включає: CO₂, CH₄, N₂O, ХФВ, ХФВВ, SF₆.

Пересувні джерела забруднення атмосферного повітря – транспортний засіб, рух якого супроводжується викидом в атмосферу забруднюючих речовин. Транспорт є одним з найважливіших джерел забруднення атмосфери. Баланс викидів транспорту є наступним: автомобільний – 70%, сільськогосподарський – 9,4%, повітряний – 7,3%, водний – 4,1%. Понад 300 млн. автомашин щодня викидають у повітря 800 тис. т СО, близько 1 тис. т свинцю. Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4 т кисню, спалює 2-3 т палива й викидає у довкілля 3250 кг СО₂, 530 кг СО, 27 кг NO_x, 10 кг гумового пилу.

Смог (англ. смоуке – дим та англ. фог – туман) – токсичний туман, що утворюється при значній кількості викидів в атмосферне повітря та специфічних метеорологічних умовах (інверсія температури, штиль, панування антициклонних умов погоди). Утворенню смогу може сприяти і розташування великих міст в гірських котловинах, пониженнях рельєфу. Через таке розташування відбувається застоювання повітря, наприклад, в Лос-Анджелесі, НьюЙорку, Чикаго, Токіо, Мілані. Смоги бувають декількох типів.

Найбільш вивчений *вологий смог* – *лондонський смог*. Він властивий для країн з морським кліматом, де дуже часті тумани і висока вологість

повітря. За чотири дні Лондонського смогу в 1952 році загинуло понад 4 тис. чоловік. Американець Луїс Батони у книзі "Чисте небо" писав: "Одне з двох, або люди зроблять так, що буде в повітрі менше диму, або дим зробить так, що на Землі стане менше людей".

Сухий, або лос-анджелеського типу, смог відрізняється від вологого смогу своїми властивостями. Клімат в Лос-Анджелесі (США) сухий, тому смог тут утворює не туман, а синювату імлу.

Третій вид смогу – **льодяний смог**, або **смог аляскинського типу**. Він виникає в Арктиці і Субарктиці при низьких температурах в антициклоні.

Стаціонарні джерела забруднення атмосферного повітря – підприємство, цех, агрегат, установка або інший нерухомий об'єкт, що зберігає свої просторові координати протягом певного часу, і здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферу. Головними стаціонарними джерелами забруднення атмосфери є:

- теплові електростанції (ТЕС) і теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та інші об'єкти теплоенергетики;
- підприємства чорної і кольорової металургії;
- підприємства машинобудування;
- підприємства хімічного виробництва;
- об'єкти видобутку і переробки мінеральної сировини;
- сільське господарство, будівництво

Фізичне забруднення атмосферного повітря – пов'язане зі змінами фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів атмосферного повітря. Головними видами фізичного забруднення є:

- шумове;
- вібраційне;
- електромагнітне;
- радіаційне;
- теплове;
- світлове.

Хімічне забруднення атмосферного повітря – це збільшення кількості хімічних компонентів у складі атмосферного повітря, а також надходження в атмосферне середовище забруднюючих речовин, не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Зразок титульної сторінки для оформлення звіту

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка
Географічний факультет
Кафедра раціонального використання природних ресурсів і охорони природи

ЗВІТ ЗА ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ КОМПЛЕКСНОЇ ФІЗИКО-ЕКОНОМІКО- ГЕОГРАФІЧНОЇ ПРАКТИКИ

Студента/тки групи _____

Загальний керівник
доц., к.г.н. Койнова Ірина Богданівна

Оцінка: Національна шкала _____
Кількість балів _____

Члени комісії:

_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Структура звіту

Вступ

Розділ I. Теоретичні основи дослідження забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом.

1.1. Понятійно-термінологічний апарат

1.2. Склад, особливості утворення та поширення вихлопних газів різних типів автомобілів у містах та вздовж автомагістралей.

1.3. Вплив небезпечних газоподібних речовин вихлопних газів на довкілля і здоров'я населення.

Розділ II. Методичні основи оцінювання забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту

2.1. Визначення інтенсивності руху автомобілів на ділянці вулиці чи перехресті міст.

2.2. Оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) від автотранспорту за формулою Бегма-Шаповалова.

Розділ III. Результати досліджень

3.1. Стан атмосферного повітря у досліджуваному населеному пункті (загальний опис, порівняння з іншими населеними пунктами України, причини та основні джерела забруднення)

3.2. Завантаженість досліджуваної вулиці/перехрестя магістральних вулиць населеного пункту автотранспортом у різні періоди доби.

3.3. Ступінь забруднення атмосферного повітря карбон (II) оксидом (CO) внаслідок викидів автотранспорту на досліджуваному перехресті / вулиці населеного пункту.

Розділ IV. Рекомендації щодо зменшення забруднення повітря у населених пунктах та його запобігання.

4.1. Рекомендації для зменшення забруднення від автотранспорту досліджуваного перехрестя/вулиці та населеного пункту

4.2. Головні напрями та заходи охорони атмосферного повітря від автотранспортного забруднення в Україні та за кордоном.

Висновки

Список літератури

**Бланк обрахунку інтенсивності руху
автомобілів за різні періоди часу**

Автори	Населений пункт, адміністративний район: Назва перехрестя чи окремої вулиці: Дата			
Тип автомобіля	Кількість автомобілів, шт			
	12-13	14-15	17-18	примітка
Важкий вантажний (дизельний)				
Середній вантажний				
Автобус				
Мікроавтобус				
Легковий автомобіль				

Приклади оформлення ілюстративного матеріалу

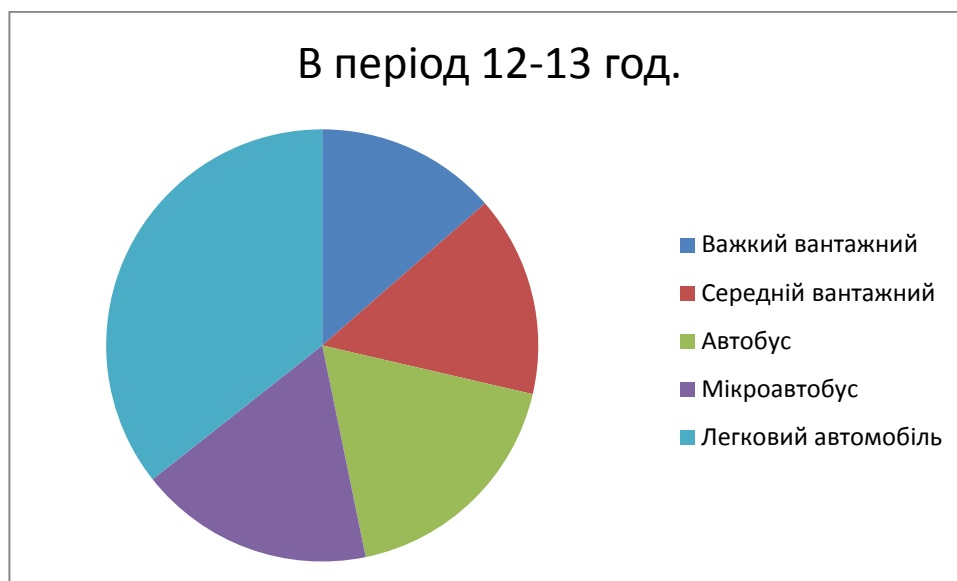


Рис. Частка різних видів автомобілів, що проїхали досліджуваним перехрестям в період з 12 до 13 год.

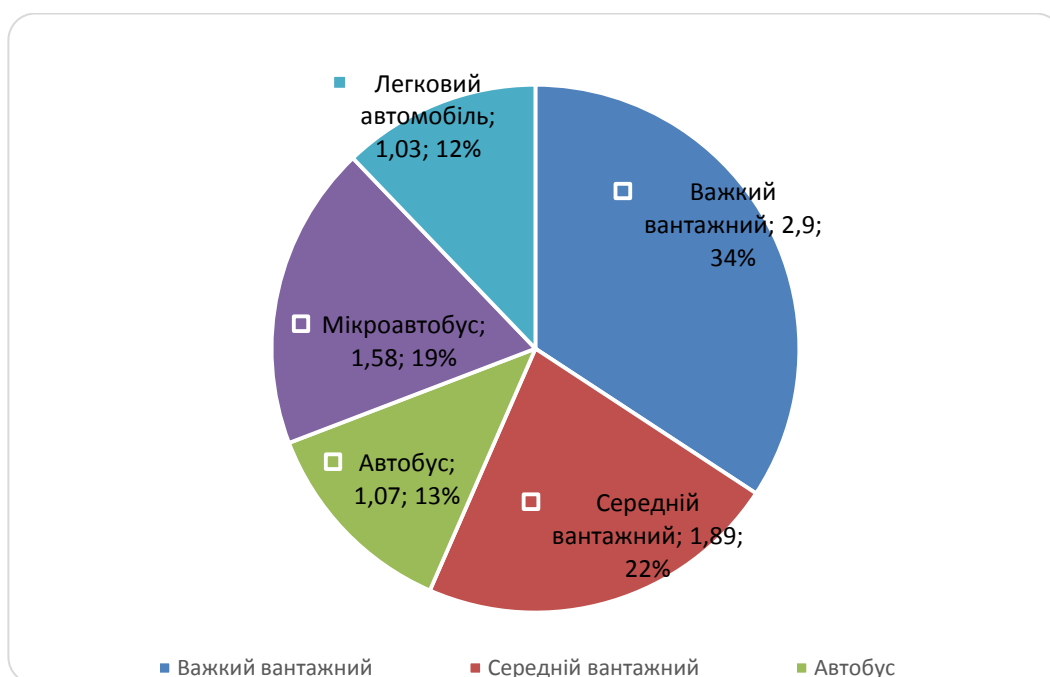


Рис. Частка різних видів автомобілів у загальних викидах CO на досліджуваному перехресті в період з 12 до 13 год.

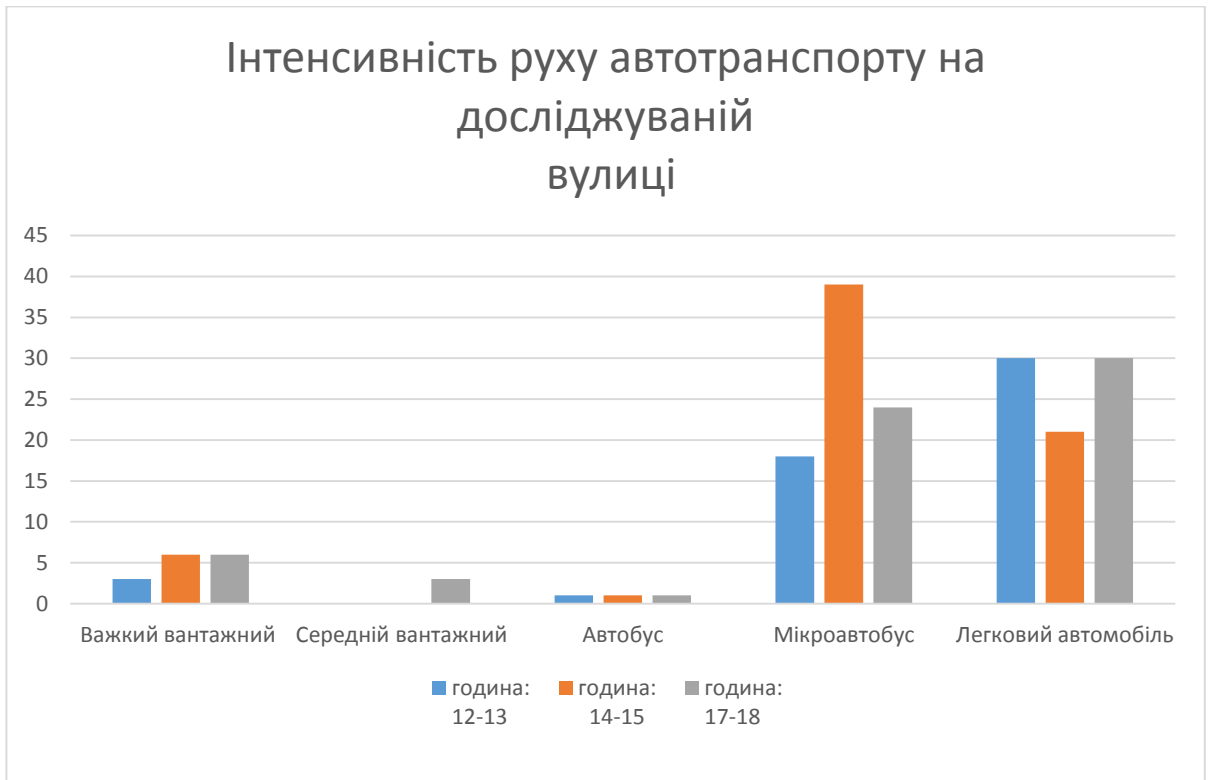


Рис. Завантаженість досліджуваної вулиці потоком автотранспорту у різні години за типами автомобілів.

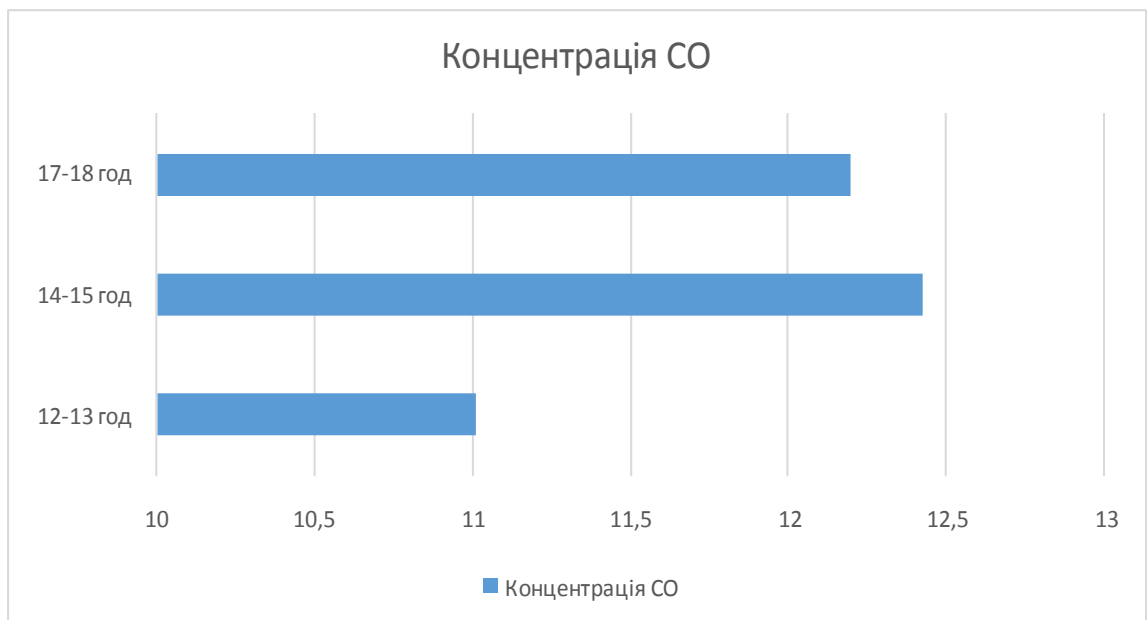


Рис. Зміна концентрації CO протягом досліджуваних годин